

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΤΟΥΣ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΑΓΟΡΑ



**Μελέτη**  
Μανουσάκη Ελένη  
2008010130

**Επίβλεψη**  
Σταυρουλάκης Γεώργιος

Κρήτη 2015

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΤΟΥΣ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ  
ΑΓΟΡΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η εξέταση του ζητήματος της διαχείρισης φυσικών πόρων από τη πλευρά του κατασκευαστικού τομέα και των δομικών υλικών. Κυρίως προτείνεται η εστίαση στα βασικά υλικά κατασκευής κτιρίων, το σκυρόδεμα, το χάλυβα και το ξύλο.

Τα τρία αυτά δομικά υλικά χαρακτηρίζονται από διαφορετικές ιδιότητες και ακολούθησαν διαφορετική εξελεγκτική πορεία στο τομέα των κατασκευών. Για παράδειγμα το ξύλο αποτέλεσε κύριο υλικό δόμησης στα πρώτα στάδια του ανθρώπινου πολιτισμού και παρήκμασε όταν ανακαλύφτηκε η τεχνολογία του σκυροδέματος. Το ζήτημα των παγκόσμιων αποθεμάτων τούτων των δομικών υλικών είναι πολυδιάστατο και χρήζει ξεχωριστής έρευνας για το καθένα. Θα πρέπει λοιπόν να αναλύσουμε ανεξάρτητα κάθε υλικό και τις παραμέτρους που το καθορίζουν καθώς επίσης και την θέση τους ως προς την εμπορευσιμότητα στην Ευρωπαϊκή και Ελληνική αγορά.

## **ABSTRACT**

This paper proposes to consider the management of natural resources as part of the construction and building materials. Mainly focusing on the proposed basic building materials, concrete, steel and wood.

These three building materials have different properties and auditing followed a different course in the construction sector. For example, the wood was the main building material in the early stages of human civilization and declined when they discovered the technology of concrete. The issue of global reserves of these building materials is multidimensional and requires a separate survey for each. We should therefore be analyzed independently of each material and the parameters that define it as well as their position as to the liquidity in the European and Greek market.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ .....	10
Εισαγωγή .....	10
1.1 Τσιμέντο.....	10
1.1.1 Ορισμός.....	11
1.1.2 Πρώτες Ύλες.....	12
1.1.3 Αποθέματα Λατομείων .....	12
1.1.4 Κατασκευές Σκυροδέματος .....	14
1.2 Αδρανή Υλικά.....	16
1.2.1 Ορισμός Αδρανών Υλικών .....	17
1.2.2 Ταξινόμηση Αδρανών Υλικών .....	18
1.2.2.1 Φυσικής Προέλευσης.....	19
1.2.2.2 Ανακυκλωμένα Αδρανή Υλικά.....	20
1.2.2.3 Τεχνητής ή Βιομηχανικής Προέλευσης.....	21
1.2.3 Χρήσεις .....	22
1.2.3.1 Η Χρήση των Αδρανών στο Σκυρόδεμα .....	23
1.2.3.2 Η Χρήση των Αδρανών στα Ασφαλτικά .....	25
1.2.3.3 Η Χρήση των Αδρανών στα Κονιάματα.....	28
1.2.3.4 Χρήσεις Αδρανών στις Βάσεις – Υποβάσεις.....	29
1.2.3.5 Η Χρήση των Αδρανών στα Μέσα Σταθερής Τροχιάς.....	30
1.2.3.6 Η Χρήση των Αδρανών στους Βράχους Θωράκισης .....	31
1.2.3.7 Η Χρήση των Αδρανών στους Κυβόλιθους.....	34
1.3 Χάλυβας.....	35
1.3.1 Ορισμός.....	36
1.3.2 Παγκόσμια Αποθέματα Χάλυβα .....	37
1.3.3 Εξελικτική Πορεία Εφαρμογής Μεταλλικών Κατασκευών .....	38

1.3.4	Σύγχρονες Μεταλλικές Κατασκευές.....	41
1.4	Δομική Ξυλεία .....	44
1.4.1	Ορισμός.....	44
1.4.2	Ιδιότητες Ξύλου .....	46
1.4.3	Συγκολλητή Ξυλεία .....	47
1.4.4	Φύλλα με βάση το Ξύλο .....	48
1.4.4.1	Κόντρα Πλακέ.....	48
1.4.4.2	Ινοσανίδες .....	48
1.4.4.3	Μοριοσανίδες.....	49
1.4.4.4	Συγκολλητικές Ουσίες .....	49
1.4.4.5	Συντηρητικές Ουσίες .....	50
1.4.5	Αποθέματα Δομικής Ξυλείας.....	52
1.4.5.1	Ευρώπη .....	52
1.4.5.2	Αμερική.....	53
1.4.6	Κατασκευές από Δομική Ξυλεία .....	54
2	ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	57
	Εισαγωγή .....	57
2.1	Οικονομικά Στοιχεία του Κατασκευαστικού Τομέα .....	57
2.2	Τσιμέντο.....	62
2.3	Χάλυβας.....	63
2.4	Δομική Ξυλεία .....	64
2.5	Ρυθμοί Ανάπτυξης .....	66
2.6	Εξάντληση Φυσικών Πόρων.....	67
2.7	Στάδια Παραγωγής Δομικών Υλικών .....	68
2.7.1	Τσιμέντο.....	68
	Εξόρυξη και προετοιμασία πρώτων υλών .....	68

2.7.2	Χάλυβας.....	70
2.7.3	Δομική Ξυλεία .....	75
4.1	Κατανάλωση Ενέργειας κατά τα Στάδια Παραγωγής .....	77
4.2	Σύγκριση των Τριών Δομικών Υλικών .....	79
3	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ .....	80
	Εισαγωγή .....	80
3.1	Η Αναγκαιότητα της Ανακύκλωσης Δομικών Υλικών .....	80
3.3	Παραπροϊόντα Βιομηχανικής Επεξεργασίας με Εφαρμογή στην Ελλάδα ..	83
3.4	Προβλήματα κατά την Χρήση Βιομηχανικών Παραπροϊόντων .....	83
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	85
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	87

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η εξέταση του ζητήματος της διαχείρισης φυσικών πόρων από τη πλευρά του κατασκευαστικού τομέα και των δομικών υλικών. Κυρίως προτείνεται η εστίαση στα βασικά υλικά κατασκευής κτιρίων, το σκυρόδεμα, το χάλυβα και το ξύλο.

Τα τρία αυτά δομικά υλικά χαρακτηρίζονται από διαφορετικές ιδιότητες και ακολούθησαν διαφορετική εξελεγκτική πορεία στο τομέα των κατασκευών. Για παράδειγμα το ξύλο αποτέλεσε κύριο υλικό δόμησης στα πρώτα στάδια του ανθρώπινου πολιτισμού και παρήκμασε όταν ανακαλύφτηκε η τεχνολογία του σκυροδέματος. Το ζήτημα των παγκόσμιων αποθεμάτων τούτων των δομικών υλικών είναι πολυδιάστατο και χρήζει ξεχωριστής έρευνας για το καθένα. Θα πρέπει λοιπόν να αναλύσουμε ανεξάρτητα κάθε υλικό και τις παραμέτρους που το καθορίζουν καθώς επίσης και την θέση τους ως προς την εμπορευσιμότητα στην Ευρωπαϊκή και Ελληνική αγορά.

Στόχος της εργασίας αποτελεί η καταγραφή συγκριτικών συμπερασμάτων μεταξύ των τριών δομικών υλικών σχετικά με θέματα οικονομίας, ανακυκλοσιμότητας, παραγωγής και κατανάλωσης σε Ευρωπαϊκό και Ελληνικό επίπεδο.

Η εργασία αναπτύσσεται σε τρία κυρίως κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην καταγραφή και παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών και των παγκόσμιων αποθεμάτων δομικών υλικών βάσει των καταγραφών των τελευταίων ετών. Η ανάλυση γίνεται συγκεκριμένα για το σκυρόδεμα, την δομική ξυλεία και τον δομικό χάλυβα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το ζήτημα των παγκόσμιων αναγκών σε δομικά υλικά καθώς και ο κύκλος της οικοδομικής δραστηριότητας. Ο κύκλος της οικοδομικής δραστηριότητας, ο οποίος συνδέεται με περιβαλλοντικά ζητήματα είναι η :

- παραγωγή οικοδομικών υλικών
- κατασκευή του κτιρίου
- χρήση του κτιρίου



- κατεδάφιση του κτιρίου

Το πρώτο στάδιο αυτής της δραστηριότητας είναι η παραγωγή οικοδομικών υλικών, ενώ έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση των αποθεμάτων των δομικών υλικών και οι ενέργειες που έχουν ληφθεί για τη βιώσιμη εξέλιξη του κλάδου.

Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η τεχνολογία ανακύκλωσης των δομικών υλικών. Γνώμονας της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας παράλληλα με τη δημιουργία υποδομών για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα. Στα πλαίσια αυτά κινείται ο τομέας των τεχνητών αδρανών υλικών καθώς αξιοποίηση των βιομηχανικών παραπροϊόντων στην δόμηση αποτελεί ζωτικής σημασίας προοπτική για την οικονομία και την αειφορία των κατασκευαστικών έργων.

# 1. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

## Εισαγωγή

Το κεφάλαιο επικεντρώνεται στην καταγραφή και παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών και των παγκόσμιων αποθεμάτων δομικών υλικών βάσει των καταγραφών των τελευταίων ετών. Η ανάλυση γίνεται συγκεκριμένα για το τσιμέντο, τα αδρανή υλικά την δομική ξυλεία και τον δομικό χάλυβα.

### 1.1 Τσιμέντο

Το σκυρόδεμα είναι σήμερα το συνηθέστερο δομικό υλικό για τις κατασκευές κτιρίων και έργων κοινής ωφέλειας. Το τσιμέντο αποτελεί το συνδετικό υλικό, που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του σκυροδέματος. Υπάρχουν πολλών ειδών τσιμέντα, με συνηθέστερο αυτό που καλείται κοινό τσιμέντο Portland (OPC, Ordinary Portland Cement).



**Εικόνα 1** Σύγχρονο εργοστάσιο παρασκευής τσιμέντου, Σιάτλ, ΗΠΑ

### 1.1.1 Ορισμός

Με τον όρο τσιμέντο αναφερόμαστε στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμιξης με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμος και χαλίκι. Ενώ το σκυρόδεμα αναφέρεται είτε στο μείγμα τσιμέντου με ποσότητα από άλλα αδρανή υλικά.

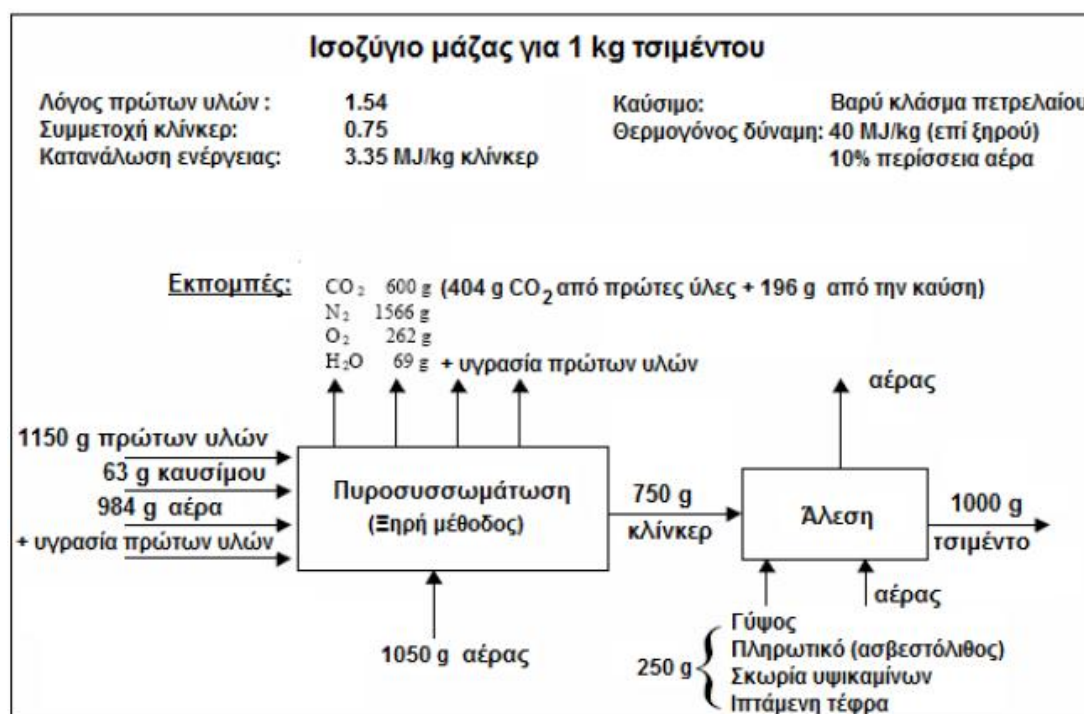
Η χημική αντίδραση του τσιμέντου με το νερό (ενυδάτωση τσιμέντου) παράγει προϊόντα που έχουν χαρακτηριστικά πήξης και σκλήρυνσης. Η κύρια χρήση του τσιμέντου είναι στην αντίδραση μεταξύ αυτού και του νερού. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι όσο περισσότερο τσιμέντο (μέχρις ενός ορισμένου ορίου) περιέχεται στην μονάδα όγκου του σκυροδέματος, εφόσον και οι λοιποί παράγοντες (ποιότητα και κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, ποσότητα νερού, μέθοδος διάστρωσης και συμπίκνωσης, κλπ.) παραμένουν σταθεροί, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει το σκυρόδεμα.



**Εικόνα 2** Σκυροδέτηση πλάκας οικοδομής

### 1.1.2 Πρώτες Ύλες

Η σημαντικότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή του κλίνκερ τσιμέντου είναι τα ασβεστολιθικά πετρώματα, που εξορύσσονται επιφανειακά κοντά στη μονάδα παραγωγής του τσιμέντου. Επειδή, ποσοστό περίπου 80% από τους 1.50-1.65 τόνους πρώτων υλών, που απαιτούνται για την παραγωγή 1 τόνου κλίνκερ, είναι ασβεστολιθικό υλικό, είναι προφανής η αναγκαιότητα γειτνίασης της θέσης εξόρυξης ασβεστολιθικών πετρωμάτων και της μονάδας παραγωγής κλίνκερ τσιμέντου. Ενδεικτικό ισοζύγιο πρώτων υλών και οι πρώτες ύλες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τσιμέντου, δίνονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 3 Ισοζύγιο πρώτων υλών και προϊόντων στην παραγωγή 1 kg τσιμέντου

### 1.1.3 Αποθέματα Λατομείων

Σχετικά με τα αποθέματα των πετρωμάτων τα οποία θεωρούνται η πρώτη ύλη για την κατασκευή τσιμέντου δεν υπάρχει σημαντικό ζήτημα της εξάντλησης, παρόλο που για ορισμένα από αυτά διαπιστώνεται αξιοσημείωτη μείωση, όπως για τα ασβεστολιθικά πετρώματα που συνιστούν το 80% της μάζας του σκυροδέματος.

Ορισμένα υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στην κλίμακα του τοπικού περιβάλλοντος εφαρμόζονται υπό τον όρο ότι η εξόρυξή τους δεν προκαλεί αισθητική υποβάθμιση. Οι εξορύξεις άμμου και η παραγωγή σκύρων για την οικοδομική δραστηριότητα το έτος 1950 πλησίαζαν τα 17 εκατ. τόνους στη Γαλλία, και το 2000 ξεπέρασαν τα 400 εκατ. τόνους, προκαλώντας σημαντική αισθητική υποβάθμιση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οργανωμένης εκμετάλλευσης, η αποκατάσταση του τοπίου θα πρέπει να είναι διαρκής και να μη επιτυγχάνεται με τρόπο που να μεταβάλλει το τοπικό οικοσύστημα της αποκαταστημένης περιοχής. Η υπερβολική αξιοποίηση έχει ως απόρροια τη μεγάλη περιβαλλοντική υποβάθμιση και μεταβολή του τοπίου.

Πολλά προβλήματα περιβαλλοντικής υποβάθμισης δημιουργούνται από μονάδες παραγωγής δομικών υλικών που παράγουν όχι μόνο για τοπική χρήση αλλά και για εξαγωγές. Η οργανωμένη αξιοποίηση των πόρων πρέπει να συνοδεύεται από έρευνες για την εκτίμηση των επιπτώσεων στο άμεσο περιβάλλον, όπως πτώση στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, καταστροφή ευαίσθητων τοπικών οικοσυστημάτων, κλπ.



**Εικόνα 4** Η μορφολογία της περιοχής έχει επηρεαστεί σημαντικά. Λατομεία Σταμέλου.

Οι λατομικές εκμεταλλεύσεις αφορούν δραστηριότητες που προκαλούν έντονες μεταβολές στο τοπίο και στο περιβάλλον των πλούσιων σε ορυκτά και μεταλλεύματα περιοχών. Οι μεταβολές αυτές καθορίζονται από ότι η εκμετάλλευση επιτυγχανόταν χωρίς σχεδιασμό και επίβλεψη από την πλευρά της πολιτείας, έτσι ώστε η προστασία



του τοπίου να αφήνεται κυριολεκτικά «στην καλή διάθεση» του εκάστοτε επιχειρηματία. Τα ζητήματα διογκώνονται τα τελευταία χρόνια, αφού η βελτίωση των εργαλείων, μέσω και τεχνικών, συνέβαλε στην αύξηση των δυνατοτήτων του ανθρώπου για επέμβαση στο περιβάλλον, με συνέπεια τη θεαματική σε ένταση, έκταση και ρυθμό μεταβολή και συχνά καταστροφή του φυσικού τοπίου.

Τα λατομεία αφήνουν πίσω τους ορεινούς όγκους σημαδεμένους με τεράστιες λευκές λακκούβες. Τις περισσότερες φορές, οι λάκκοι είναι πολλοί και παρομοιάζονται με κακόμορφες, πυορροούσες πληγές που στέκουν χλευάζοντας την ευημερία των ανθρώπων. Με τα υλικά που τα βουνά κρύβουν στα σπλάχνα τους έχουν οικοδομήσει τον πολιτισμό μας.

#### **1.1.4 Κατασκευές Σκυροδέματος**



**Εικόνα 5** Το πράσινο κτίριο της Κηφισίας (1970)



Εικόνα 6 Πλατεία Συντάγματος (1976)



Εικόνα 7 Το Hilton (1978)



**Εικόνα 8** Ο σταθμός του ηλεκτρικού σιδηρόδρομου στο Μαρούσι (1980)

## **1.2 Αδρανή Υλικά**

Τα αδρανή υλικά είναι βασικό στοιχείο σε τεχνικά έργα. Συγκεκριμένα θεωρείται το βασικό υλικό στην οδοποιία για κατασκευή βάσεων, υποβάσεων, αντισιδηρών στρώσεων, επιχώματα κλπ. Επίσης είναι η πρώτη ύλη στην παρασκευή σκυροδέματος, όπου θεωρείται απαραίτητο συστατικό με ποικίλες χρήσεις και εφαρμογές σε τεχνικά έργα και στην μηχανική. Τέλος, υπάρχει αυξημένη εφαρμογή στη χρήση αδρανών υλικών σε περιβαλλοντικά θέματα, όπως φίλτρα καθαρισμού νερών, προστασία εδαφών από διαβρώσεις, καθώς και για αντιπλημμυρικά μέτρα, ευστάθεια πρανών και αποφυγή κατολισθητικών φαινομένων.

Τα αδρανή υλικά που διατίθενται και χρησιμοποιούνται στις κατασκευές πρέπει να φέρουν την σήμανση CE και ανάλογα με την χρήση τους να ακολουθούνται τα αντίστοιχα εναρμονισμένα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο πρότυπα για τα σκυροδέματα και ένα για τα ελαφριά σκυροδέματα. Πιο συγκεκριμένα για αδρανή σκυροδέματος υπάρχει το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620, το οποίο είναι παραπομπή του EN 206-1 και το ΕΛΟΤ408 το οποίο είναι παραπομπή του ΚΤΣ. ΕΛΟΤ EN 13139 (αδρανή για κονιάματα), Τέλος για ελαφριά σκυροδέματα κονιάματα και ενέματα υπάρχει το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13055-1.



### 1.2.1 Ορισμός Αδρανών Υλικών

Ως αδρανή χαρακτηρίζονται τα διαβαθμισμένα υλικά ορυκτής ή βιομηχανικής προέλευσης, αλλά και υλικά ανακύκλωσης τα οποία χρησιμοποιούνται χωρίς ή με κάποιο συγκολλητικό υλικό μέσο στα τεχνικά έργα. Ονομάζονται αδρανή γιατί δεν αντιδράνε χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες.

Σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές (BS812, BS105) σχετικά με τους τεχνικούς όρους για τους αυτοκινητόδρομους σαν αδρανή υλικά θεωρούνται τα ανενεργά τεμάχια ή και θραύσματα ορυκτών ή πετρωμάτων που αποτελούν τα κύρια συστατικά της δομής ενός μίγματος υλικών, όπως το σκυρόδεμα, η ασφαλτος ή και το πισσαρισμένο χαλικόστρωμα. Οι μέθοδοι ελέγχου βάσει των οποίων θα ελέγχονται τα αδρανή παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 1** Μέθοδοι ελέγχου αδρανών υλικών

ΣΚ-319, ΣΚ-324, ASTM D75 AASHTO-T2, ΕΛΟΤ EN 932-1:1996	Δειγματοληψία αδρανών υλικών Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών. Μέθοδοι δειγματοληψίας αδρανών υλικών
AASHTO T-248 ASTM C702 ΕΛΟΤ EN 932-2:2000	Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών. Μέθοδοι μείωσης εργαστηριακών δειγμάτων
ΣΚ-320, AASHTO- T27, ASTM C –136  ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Κοκκομετρική Ανάλυση Δοκιμές προσδιορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών αδρανών- Προσδιορισμός της κοκκομετρίας. Κοκκομετρική ανάλυση με κοσκίνιση
ASTM C-566 ΕΛΟΤ EN 1097-5:2000	Προσδιορισμός Φυσικής Υγρασίας Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών
ΣΚ 301, ΣΚ-302 ASTM C 127 ASTM C128 ΕΛΟΤ EN 1097-6:2000	Προσδιορισμός ειδικού βάρους και υδαταπορροφητικότητας χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών
ΣΚ-346, ASTM D-2419 ΕΛΟΤ EN 933-8:2000	Δοκιμή Ισοδυνάμου άμμου Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Ποιοτικός Προσδιορισμός Παιπάλης
ΕΛΟΤ EN 933-9:1999	Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Ποιοτικός Προσδιορισμός Παιπάλης

ΕΛΟΤ EN 933-3:1997	Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς
ΣΚ-363 ASTM C-33 ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 15-1)	Προσδιορισμός των οργανικών προσμίξεων στην άμμο με χρωματογραφική μέθοδο. Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών -
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 15-2)	Προσδιορισμός των χημικών χαρακτηριστικών αδρανών - Χημική Ανάλυση - Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε φουλβικό οξύ
ASTM C-87 ΕΛΟΤ EN 1744 (άρθρο 15-3)	Προσδιορισμός της επιρροής οργανικών προσμίξεων λεπτόκοκκων αδρανών στην αντοχή κονιάματος. Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών -
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 7)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών -
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 8)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Χημική ανάλυση - Προσδιορισμός των ευδιάλυτων στο νερό Χλωριόντων (Ποτενσιομετρική Μέθοδος)
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 11)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 12)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 19.1, 19.2)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών -
ASTM C-295 ΕΛΟΤ EN 932-3:1996	Πετρογραφική και ορυκτολογική εξέταση Απλοποιημένη Πετρογραφική Περιγραφή
ASTM C-227	Δυνητική Βλαπτικότητα Αδρανών

Πηγή : Κανονιστικές Παραπομπές του ΤΕΕ σχετικά με τα Αδρανή, όπως προβλέπονται στο ΕΛΟΤ 13139:2002 -

## 1.2.2 Ταξινόμηση Αδρανών Υλικών

Η συστηματική ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση των αδρανών υλικών γίνεται βάση συγκεκριμένων κριτηρίων και ειδικότερα με βάση α) την προέλευση, β) την πηγή λήψης, γ) το μέγεθος των κόκκων, δ) το ειδικό βάρος (πυκνότητα υλικού), ε) τις ιδιότητές τους και στ) τις χρήσεις τους, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Όσον αφορά την ταξινόμηση των αδρανών υλικών με βάση την προέλευση τους χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, όπως παρουσιάζονται ακολούθως.

- Φυσικά Αδρανή

Αδρανή προερχόμενα από πετρώματα τα οποία έχουν υποστεί μόνο μηχανική επεξεργασία – θραύση, πλύσιμο, διαλογή.

- Ανακυκλωμένο Αδρανές

Αδρανή που προκύπτουν από την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών από υφιστάμενες κατασκευές, (υλικά κατεδάφισης, αποξεσμένα ασφαλτικά υλικά).

- Τεχνητά Αδρανή

Αδρανή προϊόντα βιομηχανικής κατεργασίας τα οποία έχουν προκύψει από την επεξεργασία πρώτων υλών ορυκτής προέλευσης.

### **1.2.2.1 Φυσικής Προέλευσης**

Ως αδρανή φυσικής προέλευσης ορίζονται τα υλικά που προέρχονται από φυσικό περιβάλλον και εμφανίζονται ως φυσικές αποθέσεις. Οι αποθέσεις αυτές μπορεί να είναι αλλουβιακές και δημιουργούνται σταδιακά στις όχθες των ποταμών από τη συσσώρευση κλασικών προϊόντων αποσάθρωσης και θρυμματισμού πετρωμάτων. Τα φυσικής προέλευσης αδρανή υλικά καταλαμβάνουν το κύριο ποσοστό συλλογής τέτοιων υλικών σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες προέλευσης των υλικών.

Συγκεκριμένα πρόκειται για υλικά όπως αμμοχαλικώδεις χαλαρές αποθέσεις και θραυστά υλικά. Τα υλικά αυτά μετά την συλλογή τους δέχονται μόνο μηχανική επεξεργασία θραύσης, πλυσίματος και διαλογής. Όσον αφορά την λήψη χαλαρών αμμοχαλικώδων υλικών, λόγω της χαλαρής φύσης των υλικών η απόληψη τους είναι εύκολη και συνήθως εμφανίζονται σε ήπια ανάγλυφα. Οι συγκεκριμένες αποθέσεις λόγω της χαλαρότητας και της έκθεσης τους συνήθως δεν παρουσιάζουν καλή ποιότητα και ταυτόχρονα καθίσταται σχετικά δαπανηρή η μεταφορά και επεξεργασία τους.



**Εικόνα 9** Συλλογή αδρανών φυσικής προέλευσης σε λατομείο

Έτσι για την συγκεκριμένη κατηγορία η χρήση τέτοιων υλικών ως αδρανή γίνεται σε έργα που βρίσκονται κοντά στην απόθεση. Θραυστά αδρανή υλικά είναι υλικά τα οποία βρίσκονται συνήθως ως σχηματισμοί, παρουσιάζονται με καλή ποιότητα και η λήψη τους γίνεται μόνο με θραύση, δηλαδή ουσιαστικά γίνεται διάνοιξη λατομείων. Η διάνοιξη λατομείων σε σχέση με την αστική επεκτατικότητα, δηλαδή την γεωγραφική επέκταση των μεγάλων αστικών κέντρων, καθώς και ο θόρυβος που προκαλείται από την διάνοιξη και λειτουργία ενός λατομείου και σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που διέπουν κάθε πολιτεία με την μορφή νομοθεσίας περί λατομείων, δημιουργούν περισσότερους περιορισμούς στην διάνοιξη τους.

#### **1.2.2.2 Ανακυκλωμένα Αδρανή Υλικά**

Τα αδρανή υλικά εκτός από τα φυσικά πετρώματα, μπορεί να προέρχονται επίσης από ανακύκλωση σκυριών, από απορρίμματα παλαιών μεταλλευτικών και λατομικών εργασιών εκμετάλλευσης, από υλικά κατεδαφίσεων και κατασκευών, από κονιορτοποιημένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων, ενώ παράγονται και τεχνητά αδρανή μετά από διαπύρωση πετρωμάτων κ.α. Πιο συγκεκριμένα αφορούν υλικά που ορίζονται και ως αδρανή απόβλητα, όπως υλικά κατεδάφισης, ασφαλτικά έργα, σκυροδέματος, τοιχοποιίας κ.α. Η κατηγορία αυτή αναπτύχθηκε λόγω μεγάλης ζήτησης αδρανών υλικών, λόγω των αυξανόμενων αστικών αναγκών (αναπτυξιακά έργα υποδομής, οικιστική-βιομηχανική ανάπτυξη κτλ.) και ταυτόχρονα το μεγάλο κόστος που θα είχε η διάνοιξη νέων λατομείων, λαμβάνοντας υπόψη τους

περιβαλλοντικούς κανόνες, καθώς και το κόστος μεταφοράς των υλικών ειδικά όταν πρόκειται για μεγάλα αστικά κέντρα.

Τα ανακυκλωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται ως αδρανή, δεν μπορούν να έχουν την ίδια ποιότητα σε σχέση με τα αντίστοιχα φυσικά και αυτό δημιουργεί μια επιστημονική και τεχνολογική πρόκληση, ώστε μέσω νέων σύγχρονων μεθόδων να μπορέσουν να προσφέρουν τις ίδιες τιμές αντοχής και ποιότητας με τα φυσικά αδρανή υλικά. Παρόλα αυτά, τα ανακυκλωμένα υλικά συμμετέχουν σαν αδρανή υλικά σε διάφορες εφαρμογές. Κατά το 80% σαν υλικά οδοποιίας και το υπόλοιπο 20% ως πρώτη ύλη στην δημιουργία ασφαλτικού σκυροδέματος.



**Εικόνα 10** Στιγμιότυπο από εργασίες σε εργοστάσιο ανακύκλωσης αποβλήτων που προέρχονται από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις

### **1.2.2.3 Τεχνητής ή Βιομηχανικής Προέλευσης**

Πρόκειται για υλικά που προέρχονται από βιομηχανική εκμετάλλευση πρώτων υλών με αποτέλεσμα τα προϊόντα ή τα παραπροϊόντα που προκύπτουν να μπορούν να τα εκμεταλλευτούν ως αδρανή υλικά. Από τις πρώτες ύλες προκύπτουν υλικά μέσω χημικής ή θερμικής καύσης. Τέτοιες βιομηχανικές επεξεργασίες πρώτων υλών που μπορούν να αποδώσουν αδρανή υλικά, είναι ύλες όπως: η ιπτάμενη τέφρα κατά την θερμική εκμετάλλευση (καύση), η σκωρία υψικαμίνων, η μεταλλουργική σκωρία, ο μπετονίτης (αργιλικό ορυκτό), η κίσηρης και ο περλίτης (όξινα ηφαιστειακά γυαλιά) κ.α.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (άρθρα 1 και 2 του Ν. 669/77), στην κατηγορία των βιομηχανικών ορυκτών μπορούν να υπαχθούν όλα τα λατομικά ορυκτά εκτός των κατηγοριών των μαρμάρων και των φυσικών αδρανών υλικών.

Αναφέρονται ιδιαιτέρως ως βιομηχανικά ορυκτά ο καολίνης και ο μπετονίτης (αργιλικά ορυκτά), η κιμωλία (βιοχημικό ανθρακικό), η γύψος (θειούχο ίζημα  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ο περλίτης, η κίσσηρης, η θηραϊκή γη, ο χαλαζίας, η χαλαζιακή άμμος, οι άργιλοι και οι μάργες πλινθοποιίας, κεραμοποιίας, τσιμεντοβιομηχανίας, ως και εν γένει τα αργιλικά και μαργαϊκά πετρώματα που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία.



**Εικόνα 11** Σορός ιπτάμενης τέφρας σε ατμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ

### 1.2.3 Χρήσεις

Μια ακόμα κατηγοριοποίηση των αδρανών υλικών μπορεί να γίνει με κριτήριο την χρήση τους στις εργασίες της επιστήμης του πολιτικού μηχανικού. Με βάση τις χρήσεις τους τα αδρανή μπορούν να καταταχθούν σε οκτώ (8) βασικές κατηγορίες, όπως αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

- i. Χρήση των αδρανών στο σκυρόδεμα
- ii. Χρήση των αδρανών στα ασφαλτικά
- iii. Χρήση των αδρανών στα κονιάματα
- iv. Χρήσεις αδρανών στις βάσεις - υποβάσεις
- v. Χρήση των αδρανών στα μέσα σταθερής τροχίας



- vi. Χρήση των αδρανών στους βράχους θωράκισης
- vii. Χρήση των Αδρανών στους κυβόλιθους

### 1.2.3.1 Η Χρήση των Αδρανών στο Σκυρόδεμα

Τα αδρανή υλικά σκυροδέματος με βάση το μέγεθος και την πηγή λήψης μπορούν να καταταχθούν σε πέντε κατηγορίες, όπως αυτές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα μαζί με τα κύρια χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας

- Άμμος Θραυστή: Σύμφωνα με τον ΚΤΣ 97 ως άμμος θραυστή ορίζεται το κλάσμα του θραυστού αδρανούς υλικού το διερχόμενο από το κόσκινο 8 ή το 3/8'' σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο Νο4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95%.—Τα χαρακτηριστικά της θραυστής άμμου σκυροδέματος και οι αντίστοιχες απαιτήσεις αναφέρονται στον ΚΤΣ-97 (άρθρο 4§3) καθώς και στο σχέδιο πρότυπο ΕΛΟΤ 408. Στα έγγραφα αυτά ορίζονται παράλληλα και οι αντίστοιχες μέθοδοι δοκιμών. Στην παράγραφο 1.5 του οδηγού αναγράφονται όλες αυτές οι μέθοδοι ελέγχου και γίνεται συσχέτιση με τις αντίστοιχες Ευρωπαϊκές μεθόδους
- Άμμος Φυσική – Συλλεκτή: Άμμος Φυσική – Συλλεκτή ονομάζεται το κλάσμα του φυσικής απόθεσης το οποίο διέρχεται από το κόσκινο 8 ή το 3/8'' σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο Νο4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95%.
- Χαλίκι: Στην ελληνική αγορά Χαλίκι θεωρείται το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο 31,5 ή το 1''
- Γαρμπίλι: Στην ελληνική αγορά, γαρμπίλι θεωρείται το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο 16 ή το 1/2' και ρυζάκι το κλάσμα που διέρχεται από το 8 ή το 3/8'
- Αντιολισθηρά Αδρανή: Αντιολισθηρά είναι τα αδρανή που χρησιμοποιούνται σε στρώσεις κυκλοφορίας και έχουν ικανοποιητική τραχύτητα και γενικώς εξαιρετικά επιφανειακά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής αντοχής και της αντοχής στις καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με ελληνικές προδιαγραφές η προέλευση των αδρανών αυτών μπορεί να είναι είτε λεπτόκοκκα, όπου αποτελούνται από θραυστά αδρανή ή πλυμένα

ποταμίσια υλικά, είτε χονδρόκοκκ, όπου σε αυτή την περίπτωση αποτελούνται από χαλίκια, θραυστά χαλίκια ή θραυστά πετρώματα.



**Εικόνα 12** Χαλίκι και γαρμπίλι

Σύμφωνα με την κλασσική αντίληψη, τα αδρανή υλικά αποτελούν τον σκελετό του σκυροδέματος, καλύπτοντας στο σύνολο τους το 80% του όγκου του και επηρεάζουν καθοριστικά τις ιδιότητες του, τόσο στην νωπή όσο και στην σκληρυμένη μορφή.

Δεδομένου ότι τα αδρανή είναι λιγότερο παραμορφώσιμα σε σχέση με την τσιμεντόπαστα, λόγω των φυσικών ιδιοτήτων τους, αντιστέκονται στην διάδοση και ανάπτυξη των μικρορωγμών που προκαλούνται από την συστολή ξήρανσης. Με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν και βελτιώνουν την αντοχή του τσιμεντοπολτού.



**Εικόνα 13** Διάκριση των αδρανών, χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος



Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο σκυρόδεμα. Η καταλληλότητα των αδρανών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος προδιαγράφεται από τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 408 και που μας παραπέμπει ο ΚΤΣ, ενώ αντίστοιχα η καταλληλότητα των αδρανών σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές καθορίζεται στο πρότυπο που μας παραπέμπει το EN260-1.

Η κυριότερη διαφορά ανάμεσα στις ευρωπαϊκές και τις ελληνικές προδιαγραφές έγκειται στο γεγονός ότι οι πρώτες καθορίζουν περιοχές απαιτήσεων που είναι ανάλογες για τις περισσότερες φυσικές απαιτήσεις και όχι μονοσήμαντα όρια όπως οι δεύτερες π.χ. Los Angeles από 15 - 50, αντίσταση σε τριβή και φθορά από 18 - 32%.

Συγκεκριμένα, τα αδρανή υλικά για το σκυρόδεμα θα πρέπει να αποτελούνται από κόκκους υγιείς, σκληρούς ανθεκτικούς απαλλαγμένους από βλαπτικές αργιλικές προσμίξεις, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τόσο την ενυδάτωση της τσιμεντού όσο και την πρόσφυση των κόκκων των αδρανών με την τσιμεντόπαστα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η φύση των δεσμών που αναπτύσσονται στην διεπιφάνεια αδρανών και τσιμεντόπαστας, οδηγούν στις μηχανικές αντοχές του σκυροδέματος.

Συνεπώς η εκλογή του αδρανούς είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την σύνθεση και την ποιότητα του σκυροδέματος, ο οποίος πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τις επιδιωκόμενες απαιτήσεις και ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη την ανθεκτικότητα.

### **1.2.3.2 Η Χρήση των Αδρανών στα Ασφαλτικά**

Σχετικά με τα αδρανή που χρησιμοποιούνται σε ασφαλτικά έργα πρόκειται για κοκκώδη θραυστά υλικά που χρησιμοποιούνται με προσθήκη θερμής ασφάλτου, ψυχρών γαλακτωμάτων κτλ. για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων, δηλαδή ασφαλτικά σκυρωτά, ασφαλτικές βάσεις και ασφαλτικά σκυροδέματα (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

Επιπρόσθετα να αναφερθεί πως και οι σκωρίες χαλυβουργίας έχουν γνωρίσει διεθνώς μία ευρύτατη εφαρμογή στην οδοποιία τα τελευταία χρόνια. Μεταξύ διαφόρων πεδίων εφαρμογής, η χρήση των αδρανών σκωρίας σε παρασκευή ασφαλτομιγμάτων αντιστοιχισμένων ταπήτων κατέχει πρωτεύουσα θέση.

Τα αδρανή υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα θραυστά από λατομείο ή θραυστά φυσικά, καθώς και άλλα υλικά που προσδίδουν ειδικές ιδιότητες, όπως σκωρία υψικαμίνων, κομμάτια υάλου, αντιτριβικά ορυκτά (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

Τα ασφατικά μίγματα έχουν ευρεία χρήση στην κατασκευή έργων οδοποιίας, αεροδρομίων και γενικότερα όπου πρόκειται να κυκλοφορήσουν ή να σταθμεύσουν τροχοφόρα. Τα αδρανή υλικά φέρουν ουσιαστικά το φορτίο ενός ασφατικού έργου ενώ αποτελούν το 90-95% κατά βάρος του συμπυκνωμένου ασφατομίγματος.

Ο ρόλος τους στο ασφατόμιγμα είναι καταλυτικός αφού πρέπει να μεταφέρουν τα φορτία κάθετα στα υποκείμενα στρώματα με την ελάχιστη δυνατή συνδρομή του ασφατικού συνδετικού, διατηρώντας το έργο στο οποίο συμμετέχουν στην αρχική του μορφή και προσδίδοντάς του ειδικές ιδιότητες ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Οι κύριες κατηγορίες αδρανών σε χρήση στα ασφατικά είναι οι εξής:

- Αδρανή για ασφατικά σκυρωτά, π.χ. ως έρμα σιδηροδρομικών γραμμών)
- Αδρανή για ασφατικές βάσεις, γνωστό ως 3Α το οποίο χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα σε ασφατικά έργα
- Αδρανή και filler ως υλικό παραγωγής ασφατικού σκυροδέματος,

Ανάλογα με τη χρήση, το μίγμα των αδρανών στο ασφατικό ανάμιγμα θα πρέπει να ακολουθεί κάποια κοκκομετρική διαβάθμιση που θα του προσδώσει συγκεκριμένες ιδιότητες, σύμφωνα με τη μελέτη σύνθεσης κατά τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου. Τα αδρανή θα πρέπει να προσκομίζονται σε όσο το δυνατόν περισσότερες διαφορετικές διαβαθμίσεις μεγέθους. Κατ' ελάχιστο (σύμφωνα με τις Α250, Α260 και Α265), τα αδρανή για ασφατομίγματα θα πρέπει να προσκομίζονται σε δύο κλάσματα τουλάχιστον, για τις ασφατικές βάσεις σε δύο κλάσματα εφόσον δεν υπάρχει καλή ομοιομορφία και υποχρεωτικά σε πάνω από δύο κλάσματα για την διαβάθμιση Ε και για τα ασφατικά σκυρωτά σε ένα κλάσμα.

Όσον αφορά τις σκωρίες, αναλόγως της παραγωγικής διαδικασίας και του τελικού προϊόντος διακρίνονται κυρίως σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Σκωρίες Υψικαμίνων ή Σκωρίες Σιδηρουργίας παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του πυριτίου και του αργιλίου
- Σκωρίες χαλυβουργίας παρουσιάζουν σημαντικά ποσοστά οξειδίων του σιδήρου.

Άλλες σκωρίες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές. Οι ως άνω σκωρίες διατίθενται σε διάφορες μορφές. Η διαφορά στην μορφή (κόκκοι, σβώλοι, σκόνη, αδρανή) και τις ιδιότητες προκύπτει από την ποικιλία που υπάρχει στη διαδικασία παραγωγής, στη διαδικασία ψύξεως και στο υλικό τροφοδοσίας της παραγωγικής μονάδας.

Η συστηματική έρευνα των τελευταίων ετών, οδήγησε η χρήση των σκωριών να γνωρίσει μια σημαντική άνθηση λόγω της αναγνώρισης και πιστοποίησης της καταλληλότητας του αδρανούς υλικού για σκυροδέματα. Η χρήση καλύπτει ευρεία κλίμακα έργων, θεωρείται ένα πολύτιμο υλικό γενικά στις κατασκευές και ειδικότερα στην Οδοποιία.

Σκωρίες χρησιμοποιούνται ως κονίες ή ως αδρανή υλικά σε διάφορες χώρες της Ευρώπης. Ειδικότερα σε χώρες με γενικευμένη έλλειψη αδρανών, όπως το Βέλγιο, η Ολλανδία, αλλά και σε περιοχές της Γερμανίας, της Γαλλίας, της Δανίας, η χρήση αδρανών σκωρίας αποτελεί μια ικανοποιητική λύση για πολλές εφαρμογές. Ακόμη, σε χώρες όπου τα φυσικά σκληρά αδρανή είναι σπάνια (ΗΠΑ), οι σκωρίες χρησιμοποιούνται σε αντιολισθηρούς τάπητες. Εντυπωσιακό είναι το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας, μιας χώρας με αφθονία σκληρών αδρανών, όπου παρ' όλα αυτά η χρήση των αδρανών σκωρίας σε αντιολισθηρούς τάπητες αποτελεί μια κοινή πρακτική.

Στην Ελλάδα οι πρώτες εμπειρίες κατασκευής αντιολισθηρών ταπήτων με σκωρίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία του '80 στην Εθνική Οδό Αθηνών - Θεσσαλονίκης. Οι μετρήσεις αυτές, όπως αξιολογήθηκαν μετά από μετρήσεις δεικτών αντιολισθηρότητας, ήταν θετικές. Τα τελευταία χρόνια οι σκωρίες γνωρίζουν μια αυξανόμενη χρήση ως αδρανή ασφαλτομιγμάτων που προορίζονται για αντιολισθηρούς τάπητες. Αυτό οφείλεται στα πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών σκωρίας που προσδίδουν στους τάπητες ανθεκτικότητα και αυξημένη αντιολισθητική ικανότητα.

Η κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας συνοδεύεται πάντοτε από χρήση σκληρών αδρανών που παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση στη λείανση (PSV). Στην Ελλάδα, η χρήση σκληρών αδρανών έχει καθιερωθεί σε οδοστρώματα αυτοκινητόδρομων, σε περιφερειακές οδούς ταχείας κυκλοφορίας (Αττική Οδός) καθώς και σε δάπεδα προσγείωσης αεροσκαφών σε αεροδρόμια. Η χρήση σκληρών αδρανών φυσικής προέλευσης, ωστόσο, παρουσιάζει ιδιαίτερα και συγκεκριμένα προβλήματα:

- Τα λατομεία σκληρών αδρανών (γάββρου, ανδεσίτη, βασάλτη, γρανοδιορίτη) είναι περιορισμένα ανά την επικράτεια. Αντίστοιχα η παραγωγή μπορεί να μην έχει σταθερό ρυθμό, όπως και η ποιότητα του πετρώματος και των αδρανών μπορεί να εμφανίσει διαφορές.
- Το κόστος των σκληρών αδρανών είναι σημαντικό και, πολλές φορές, στο κόστος αυτό θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος μεταφοράς.
- Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις είναι δυνατό να προβάλουν εμπόδια στην εκμετάλλευση ορισμένων περιοχών με σκληρά πετρώματα.

Για όλους αυτούς τους λόγους, αλλά και για πολλούς άλλους, όπως επί παραδείγματι, τα εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών σκωρίας και η σταθερή, σχετικώς, ποιότητα, έχουν στρέψει υπηρεσίες και κατασκευαστές προς την εναλλακτική λύση των σκωριών. Στην Ελλάδα, τάπητες με σκωρίες έχουν κατασκευασθεί τα τελευταία 15 χρόνια σε πρωτεύον οδικό δίκτυο. Αντίστοιχες μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί σε χαρακτηριστικά ολισθηρότητας των ταπήτων αυτών.

### **1.2.3.3 Η Χρήση των Αδρανών στα Κονιάματα**

Κοκκώδη υλικά φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα, τα οποία με την προσθήκη ενός ή περισσότερων συνδετικών υλικών (κονιών), νερού και ενδεχομένως ειδικών προσθέτων συνθέτουν κονίαμα.

Τα αδρανή υλικά, όπως ήδη έχει αναφερθεί, διακρίνονται είτε σε φυσικά είτε σε θραυστά. Τα κλάσματα που χρησιμοποιούνται στα κονιάματα είναι τα λεπτόκοκκα αδρανή και το filler.

Τα κονιάματα ανάλογα με την χρήση τους διακρίνονται σε:

- Κονιάματα δόμησης, με χρήση ως συγκολλητική ύλη μεταξύ είτε των πλίνθων είτε των δομικών στοιχείων
- Κονιάματα επιχρισμάτων, όπου χρησιμοποιούνται για σοβάτισμα τοιχοποιίας
- Κονιάματα εξίσωσης δαπέδων (ή ισοπεδωτικά), για καθαρά συγκολλητική χρήση
- Επισκευάστηκα κονιάματα υψηλών μηχανικών αντοχών και χαμηλής συρρίκνωσης, με σκοπό την επισκευή ή τη δημιουργία νέων επιστρώσεων.
- Κονιάματα συγκολλητικά όπου υπάγονται και οι διάφορες κόλλες
- Ειδικά κονιάματα (θιξοτροπικά κονιάματα, κονιάματα υψηλής διαπνοής) ελεγχόμενης συρρίκνωσης και υψηλής θιξοτροπίας, τροποποιημένο με πολυμερή, που χρησιμοποιείται για στρώσεις πάχους από 10 έως 30 mm.

Η προσθήκη των αδρανών στα κονιάματα συνιστάται για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους. Τα κονιάματα που παράγονται χωρίς προσθήκη αδρανών, συστέλλονται κατά την πήξη και την σκλήρυνση, με αποτέλεσμα την δημιουργία επιφανειακών ρηγματώσεων. Από οικονομική άποψη τα αδρανή υλικά είναι πιο φθηνή από τις κονίες, ενώ παράλληλα με την σωστή αναλογία κατά την σύσταση των κονιαμάτων συνεισφέρουν στην αύξηση της αντοχής τους.

Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις βάσει του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN 13139, για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στα κονιάματα. Δεν πρέπει να περιλαμβάνουν επιβλαβείς προσμίξεις που θα επηρεάζουν την σταθερότητα, αντοχή και λοιπές ιδιότητες των κονιαμάτων. Επίσης η φυσική υγρασία τους είναι καθοριστικός παράγοντας και δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3%. Θα πρέπει πάντα να υπολογίζεται πριν τον καθορισμό των αναλογιών ενός κονιάματος.

#### **1.2.3.4 Χρήσεις Αδρανών στις Βάσεις – Υποβάσεις**

Μια κατηγορία αδρανών χρησιμοποιούνται ως υλικά υπόβασης σε δομικά έργα, όπως την οδοποιία σε κτίρια, γέφυρες, εξυγιάνσεις εδαφών κλπ.

Με τον όρο στρώσεις υπόβασης εννοούμε όλες τις στρώσεις που τοποθετούνται, αν κριθούν αναγκαίες, πάνω στο υπέδαφος ή την εξυγιαντική στρώση. Στρώσεις βάσης εννοούμε τις στρώσεις που κείνται μεταξύ της υπόβασης ή του υπεδάφους και των επιφανειακών ασφαλικών στρώσεων.

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε βάσεις ή υποβάσεις μπορεί να είναι τα εξής: α) φυσικά αδρανή (natural aggregates), β) τεχνητά αδρανή (manufactured aggregates) και γ) ανακυκλωμένα αδρανή (recycled aggregates). Παρακάτω επεξηγούνται οι χρήσεις των αδρανών :

- Μέγεθος αδρανών: Προσδιορισμός των αδρανών με ένα κατώτερο ( $d$ ) και ένα ανώτερο ( $D$ ) μέγεθος κόσκινου / πλέγματος, εκφραζόμενο ως  $d/D$ .
- Ο προσδιορισμός δέχεται την παρουσία υπερμεγέθους (oversize), κάποιων κόκκων που συγκρατούνται στο ανώτερο κόσκινο, και υπομεγέθους (undersize) κόκκων που περνούν από το κατώτερο κόσκινο,
- Λεπτόκοκκα αδρανή: Προσδιορισμός που δίνεται με  $d$  ίσο με 0 και  $D$  μικρότερο ή ίσο με 6,3 mm.
- Χονδρόκοκκα αδρανή: Προσδιορισμός που δίνεται με  $d$  ίσο ή μεγαλύτερο του 1 mm και  $D$  μεγαλύτερο του 2 mm.
- Μίγμα αδρανών (all-in aggregate): Αδρανή που αποτελούνται από μίγμα χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών με  $D$  μεγαλύτερο του 6,3 mm.
- Κατηγορία: Χαρακτηριστικό επίπεδο ιδιότητας ενός αδρανούς, εκφραζόμενη ως εύρος τιμών ή οριακή τιμή. Δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των κατηγοριών διαφορετικών ιδιοτήτων.
- Διαβάθμιση (grading): Κατανομή μεγέθους κόκκων εκφραζόμενη ως ποσοστό μάζας διερχόμενης από ένα συγκεκριμένο αριθμό κοσκίνων.

#### **1.2.3.5 Η Χρήση των Αδρανών στα Μέσα Σταθερής Τροχιάς**

Τα αδρανή υλικά δύναται να χρησιμοποιηθούν και σε έργα μέσω σταθερής τροχιάς, τα οποία χρησιμοποιούνται χωρίς συνδετικό υλικό.

- Τα σκύρα σιδηροδρομικής γραμμής που προορίζονται για τρένα υψηλών ταχυτήτων, προέρχονται από την θραύση εκρηξιγενών ηφαιστειακών πετρωμάτων με εξαίρεση τα πετρώματα τύπου ελαφρόπετρας και ποζολάνη, καθώς και ορισμένων μεταμορφωσιγενών που να έχουν την απαιτούμενη σκληρότητα, ενώ για αυτήν την κατηγορία αποκλείονται τα ιζηματογενή πετρώματα. Αντιθέτως, για σιδηροδρομικές γραμμές, όπου κυκλοφορούν τραίνα συνήθων ταχυτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σκληροί

ασβεστόλιθοι ή δολομίτες. Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13450 έχουμε επίσης και τις ακόλουθες κατηγορίες:

- ο Φυσικό έρμα γραμμής (natural railway ballast): αδρανή έρματος, που προέρχονται από ορυκτές πηγές, τα οποία έχουν υποστεί μόνο μηχανική κατεργασία.
- ο Τεχνητό έρμα γραμμής (manufactured railway ballast): αδρανή ορυκτής αρχικής προέλευσης, τα οποία έχουν προκύψει από βιομηχανική επεξεργασία, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής ή άλλης μετατροπής.
- ο Ανακυκλωμένο έρμα γραμμής (recycled railway ballast): αδρανή που έχουν προκύψει από επεξεργασία του έρματος το οποίο είχε προηγουμένως χρησιμοποιηθεί.



**Εικόνα 14** Χρήση αδρανών σε μέσα σταθερής τροχιάς

#### **1.2.3.6 Η Χρήση των Αδρανών στους Βράχους Θωράκισης**

Τα αδρανή επίσης χρησιμοποιούνται σε λιμενικά και άλλα υδραυλικά έργα, όπως η κατασκευή λιμένων, κρηπιδωμάτων, κυματοθραυστών, μόλων, καθώς και υδραυλικά έργα ποταμών και θαλασσίων διωρύγων.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο μπορεί να είναι φυσικά, τεχνητά, ανακυκλωμένα αδρανή ή μίγμα αυτών.

- Φυσικοί ογκόλιθοι. Αδρανή προερχόμενα από ορυκτές πηγές, τα οποία έχουν υποστεί μόνο μηχανική κατεργασία.
- Τεχνητοί ογκόλιθοι. Αδρανή ορυκτής αρχικής προέλευσης, τα οποία έχουν προκύψει από βιομηχανική επεξεργασία, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής ή άλλης μετατροπής. Εξαιρούνται τεμάχια οπλισμένου σκυροδέματος.
- Ανακυκλωμένοι ογκόλιθοι. Αδρανή που έχουν προκύψει από επεξεργασία ανόργανων υλικών, τα οποία προηγουμένως είχαν χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές.
- Κοκκομετρική διαβάθμιση ογκολίθων. Χαρακτηρίζει το ονομαστικό κάτω (α) και άνω (β) όριο μάζας ή μέγεθος κόκκου αδρανών.
- Χονδρόκοκκα. Είναι τα αδρανή που το ονομαστικό άνω όριο μεγέθους κόκκων πληροί την παρακάτω σχέση :  $250 \text{ mm} \leq \text{ονομαστικό άνω όριο} \leq 125 \text{ mm}$ .
- Ελαφροβαρή. (ΕΛΟΤΕΝ 13055) Είναι τα αδρανή που το ονομαστικό άνω όριο μάζας πληροί την παρακάτω σχέση :  $25 \text{ Kg} \leq \text{ονομαστικό άνω όριο} \leq 500 \text{ Kg}$ .
- Βαρέας μάζας. Είναι τα αδρανή που το ονομαστικό άνω όριο μάζας πληροί την παρακάτω σχέση: ονομαστικό άνω όριο  $\geq 500 \text{ Kg}$ .
- Θραύσματα (fragments). Είναι τα τεμάχια αδρανών που μπορούν χαρακτηριστούν σαν τα λεπτότερα κλάσματα των χονδρόκοκκων ή σαν τα ελαφρύτερα κλάσματα των ογκολίθων ελαφριάς ή βαριάς μάζας

Όπως είναι εύλογο, οι βράχοι θωράκισης είναι αναγκαίο να εξυπηρετούν ορισμένους σκοπούς, προκειμένου να αποκτήσουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν στις διάφορες κατηγορίες υδραυλικών έργων. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

i. Εξωτερικά λιμενικά έργα (Κυματοθραύστες –μόλοι )

Οι κυματοθραύστες αποτελούνται είτε από το ύφαλο τμήμα, το έξαλλο τμήμα και τη στέψη, είτε από τον πυρήνα, τα ενδοστρώματα ή διηθητικές στρώσεις και τη στρώση θωράκισης

- μόλοι ή κυματοθραύστες με πρηνή:



- κατασκευή της υποδομής ή του πυρήνα του κυματοθραύστη με λιθορριπές (run of quarry), όπου το υλικό τοποθετείται ως επίχωμα στον θαλάσσιο πυθμένα και υψώνεται πάνω από την στάθμη της θάλασσας
- ενδιάμεσα στρώματα από μικρούς σχετικά βράχους
- κατασκευή της θωράκισης με πρανή από ογκολίθους, όπου το υλικό αυτό προστατεύει την υποδομή και γι' αυτό οι βράχοι πρέπει να έχουν σαφώς εκλεγμένο μέγεθος και σχήμα και σαφώς καθορισμένα πρανή
- κατασκευή της υποδομής από όγκους λιθορριπών, όπου τα υλικά ρίχνονται άμεσα στο φυσικό έδαφος, για να ακολουθήσει το τοίχωμα από ογκόλιθους σκυροδέματος και η στέψη από χυτό επί τόπου σκυρόδεμα

ii. Διευθέτηση ποταμών που εκβάλλουν στην θάλασσα, έργα ποταμών και θαλάσσιων διωρύγων, έργα προστασίας ακτών:

- εγκάρσια έργα, πρόβολοι  
έργα προστασίας κατά μήκος των ακτών
- κυματοθραύστες και αναχώματα (ύφαλα ή χαμηλά και ανυπέρβατα ή υψηλά)

Η εκλογή των βράχων θωράκισης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ανθεκτικότητα των υδραυλικών έργων, η οποία πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τις κλιματολογικές συνθήκες, τον κυματισμό σε ορισμένη περιοχή, τις ελεύθερες ταλαντώσεις, τις παλίρροιες, τα ρεύματα, τη φυσική και χημική δράση της θάλασσας ή γενικά του νερού πάνω στα δομικά υλικά και τις συνεπαγόμενες ασκούμενες δυνάμεις.

Ειδικά οι βράχοι θωράκισης που χρησιμοποιούνται στην στέψη ενός κυματοθραύστη θα πρέπει να προέρχονται από πετρώματα που θραύονται σε μεγάλα τμήματα με λίγες ή καθόλου ρωγμές και διακλάσεις. Αυτό είναι σημαντικό κυρίως σε περιοχές που επικρατούν έντονοι παγετώνες διότι οι ογκόλιθοι του κυματοθραύστη δεν πρέπει να θραύονται σε μικρότερα τμήματα από τις επιδράσεις της ψύξης και της απόψυξης. Σε διαφορετική περίπτωση η αποτελεσματικότητα της θωράκισης χάνεται.

### 1.2.3.7 Η Χρήση των Αδρανών στους Κυβόλιθους

Οι κυβόλιθοι είναι μικροί κύβοι, σε διάφορα σχήματα και χρώματα, με ανάγλυφη ή μη επιφάνεια, όπου χρησιμοποιούνται για την διάστρωση διαδρόμων, πεζοδρομίων κτλ. Οι τεχνητοί κυβόλιθοι είναι συμπαγή προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα σε διάφορα σχήματα και διαστάσεις (ελάχιστου ύψους 6cm), καθώς και μεγάλη ποικιλία χρωμάτων. Λόγω της υψηλής αντοχής τους σε θλίψη και της αντιολισθητικής τους επιφάνειας, αποτελούν κατάλληλο υλικό επίστρωσης δαπέδων όπου κυκλοφορούν οχήματα, ακόμη και βαρέα (π.χ. σταθμοί λεωφορείων).

Στο εμπόριο διατίθενται τεχνητοί κυβόλιθοι διαφόρων προδιαγραφών που ανταποκρίνονται σε διάφορες ανάγκες όσον αφορά στην αντοχή τους σε θλίψη, την τραχύτητα της επιφάνειας τους κτλ. Οι κυριότεροι τύποι τεχνητών κυβόλιθων είναι οι i) Κοινοί παραλληλεπίπεδοι κυβόλιθοι κάτοψης ορθογωνίου σχήματος: Τοποθετούνται σε ευθείες σειρές με εναλλασσόμενους αρμούς ή σε μορφή «ψαροκόκαλου» και ii) Κυβόλιθοι κάτοψης μη κανονικού (π.χ. καμπύλου) σχήματος: Το σχήμα της κάτοψής τους είναι έτσι διαμορφωμένο ώστε κατά την τοποθέτησή τους να προσαρμόζεται το ένα στοιχείο με το άλλο.



**Εικόνα 15** Χρήση κυβόλιθων για την κατασκευή πεζόδρομου

Οι κυβόλιθοι από σκυρόδεμα σε διάφορα σχήματα (ορθογώνιοι, καμπυλοειδείς) αποτελούν υλικά που προσδίδουν αυξημένη ανακλαστικότητα, με τη μορφή χρωστικών προσθέτων και μπορούν να ενσωματωθούν σε πολλών ειδών τεχνητά προϊόντα επιστρώσεων και επενδύσεων.

Επιπλέον, στην κάλυψη των εξωτερικών χώρων απαντώνται κυβόλιθοι από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων στους εξωτερικούς χώρους, καθώς τα φωτοκαταλυτικά υλικά βασίζονται στην ενσωμάτωση τιτανίας υπό μορφή νανοσωματιδίων στα χυτά υλικά εδαφοκάλυψης. Η τιτανία δρα ως καταλύτης υπό συνθήκες φωτισμού, επιταχύνοντας τη δημιουργία ισχυρών οξειδωτικών μέσων, ικανών να καταστρέψουν ρύπους ή μικροοργανισμούς.

Ο ρόλος των κυβόλιθων πέρα από πρακτικός είναι και διακοσμητικός καθώς μπορούν να δώσουν όμορφα σχέδια όταν τοποθετηθούν κατάλληλα ο ένας δίπλα από τον άλλο. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κυβόλιθοι, οι οποίοι έχουν διαμπερή ανοίγματα και ονομάζονται διάτρητοι κυβόλιθοι. Οι διάτρητοι κυβόλιθοι χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει συχνή διέλευση οχημάτων και πεζών πάνω από χλοοτάπητα. Με τη χρήση των διάτρητων κυβόλιθων αποφεύγεται η συμπίεση του εδάφους και επιτυγχάνεται η συνύπαρξη του πράσινου με το υλικό της πλακόστρωσης. Επίσης σε μονοπάτια, θέσεις στάθμευσης κ.ο.κ. καλό είναι να τοποθετούνται διάτρητα υλικά, όπως διάτρητες τσιμεντόπλακες, κυβόλιθοι με οπές κλπ., έτσι με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης της τοπικής χαμηλής χλωρίδας στο χώμα μεταξύ των οπών καθώς και η απορρόφηση του νερού.

### **1.3 Χάλυβας**

Ο Χάλυβας ως δομικό υλικό χρησιμοποιείται στη βιομηχανία από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Ο λόγος που συνέβη αυτό είναι ότι τότε αναπτύχθηκαν σχετικά οικονομικές μέθοδοι για την κατεργασία του. Ο Χάλυβας είναι υλικό με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, όπως η μεγάλη αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό και θλίψη, ιδιότητες που τον καθιστούν ιδανικό για την υλοποίηση ευρείας γκάμας κατασκευών.

Ο χάλυβας των μεταλλικών κατασκευών που χρησιμοποιείται προδιαγράφεται βάσει των EN 10025 και prEN 10113 και κατηγοριοποιείται σε Fe360, Fe430, Fe510, Fe E 275, Fe E 355. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του υλικού καθώς και γενικότερα τα δομικά στοιχεία των μεταλλικών κατασκευών.(Βάγιας, Αθήνα)

### 1.3.1 Ορισμός

Ο χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου (Fe) με μικρή περιεκτικότητα άνθρακα (C) και μαγγανίου (Mn), καθώς και μικρές ποσότητες θείου (S), φωσφόρου (P), πυριτίου (Si) και οξυγόνου (O) και αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα βιομηχανικά υλικά. Στον κατασκευαστικό τομέα συναντάμε τους μαλακούς χάλυβες, των οποίων η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι πολύ μικρή και δεν ξεπερνά το 0,3% κ.β.

Ως δομικό στοιχείο είναι γνωστή η χρήση του εδώ και δεκαετίες στον οπλισμό σκυροδέματος. Ωστόσο, οι υψηλές του επιδόσεις σε συνδυασμό με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας επεξεργασίας και βιομηχανοποίησής του, έχουν καταστήσει το χάλυβα ως την κορυφαία επιλογή δομικού στοιχείου σε κατ' εξοχήν χαλύβδινους φέροντες οργανισμούς.

Ο δομικός χάλυβας προκύπτει από τη θερμή έλαση ημιτελών προϊόντων χάλυβα (κυλινδρικές ή τετράγωνες διατομές) σε θερμοκρασίες πέραν των 900°C. Συναντάται σε επιμήκη (λάμες, κοιλοδοκοί, σιδηροδοκοί) προϊόντα και πλατέα προϊόντα (λαμαρίνες). Διαμορφώνονται σε διάφορες διατομές και προφίλ με συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία καθορίζουν και τις μηχανικές τους ιδιότητες. Συνήθεις διατομές είναι οι τύπου I, οι κοίλες (ορθογώνιες, κυκλικές), οι γωνιές, τα U, οι λάμες, οι τετραγωνικές και κυλινδρικές μπάρες κ.α.

Από επιστημονικής πλευράς, ο χάλυβας πλεονεκτεί σε μια σειρά από διάφορους παράγοντες σε σχέση με άλλα δομικά υλικά, όπως το μπετόν και το ξύλο. Ενδεικτικά αναφέρεται:

- a. Έχει σχετικά μεγάλη περιοχή πλαστικής παραμόρφωσης στο διάγραμμα τάσης παραμόρφωσης. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο χάλυβας είναι αρκετά ελαστικός, ώστε να αντέξει φορτίσεις πέραν του ορίου διαρροής του μέχρι της τελικής του αστοχία.
- b. Αποτελεί το πλέον οικολογικό υλικό, μιας και είναι κατά 100% ανακυκλώσιμο. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι το 40% της παραγωγής χάλυβα στη Γαλλία προκύπτει από την ανακύκλωση, εξοικονομώντας έτσι περίπου το 60% της ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή του από πρώτες ύλες.
- c. Σε σύγκριση με το μπετόν είναι εξ αρχής σε πλήρη ικανότητα φόρτισης και δε χρειάζεται χρόνο για να «δέσει».

- d. Συγκριτικά με το ξύλο δεν παραμορφώνεται, δεν στρεβλώνει και είναι εμφανώς πιο ανθεκτικό στις μεταβολές της θερμοκρασίας και γενικά σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- e. Διαθέτει εξαιρετικές και κυρίως σταθερές μηχανικές ιδιότητες, καθώς επίσης και τον υψηλότερο λόγο αντοχής προς ειδικό βάρος, κάτι που εξασφαλίζει το σχεδιασμό ελαφρύτερων κατασκευών.

### **1.3.2 Παγκόσμια Αποθέματα Χάλυβα**

Το έτος 2003 η διεθνής παραγωγή χάλυβα κυμάνθηκε γύρω στους 960 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων τα 220 εκατομμύρια προήλθαν από την Κίνα. Η χώρα αυτή είναι πρώτη σε κατανάλωση χάλυβα στον κόσμο. Από άποψη εξαγωγών, η Ιαπωνία υπήρξε η μεγαλύτερη εξαγωγός προϊόντων χάλυβα για το 2003, ενώ την πρώτη θέση στις εισαγωγές κατείχαν οι Ηνωμένες Πολιτείες.

Εν κατακλείδι, πρέπει να διασαφηνιστεί ότι ο χάλυβας δεν αποτελεί μοναδικό προϊόν. Συγκεκριμένα, σε διεθνή κλίμακα υπάρχουν περισσότερα από 3.500 διαφορετικά υποπροϊόντα και κατηγορίες χάλυβα, με διαφορετικές φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες, το 75% των οποίων έχει αναπτυχθεί μέσα στα τελευταία 20 χρόνια.

Σχετικά με τα αποθέματα μεταλλευμάτων, το ζήτημα είναι οξύ. Τουλάχιστον 18 από τα 80 μέταλλα υπάρχει ένα μεγάλο ζήτημα αποθεμάτων, αν ληφθούν υπόψη οι δυνατότητες ανακύκλωσής τους. Ορισμένα από αυτά είναι αναγκαίο να οριστούν ως προστατευμένοι πόροι, διότι τα αποθέματά τους εξαντλούνται με ταχύτατους ρυθμούς, παρόλο που διαδραματίζουν καίριο και αναντικατάστατο ρόλο σε σημαντικούς βιομηχανικούς τομείς.

### 1.3.3 Εξελικτική Πορεία Εφαρμογής Μεταλλικών Κατασκευών

Η εφαρμογή μεταλλικών κατασκευών παρατηρείται ήδη από τα μέσα του αιώνα, όπου χρησιμοποιείται ο χυτοσίδηρος ως δομικό υλικό σε οικοδομικά έργα. Παράλληλα έχει δημιουργηθεί η ανάγκη στέγασης χώρων όπως σιδηροδρομικοί σταθμοί, εκθεσιακοί χώροι, δημοτικές αγορές, ναυπηγεία, οι φορείς των οποίων διέθεταν μεγάλα ανοίγματα. Η απαίτηση για μεγάλα ανοίγματα ικανοποιήθηκε με την κατασκευή επίπεδων τοξωτών φορέων. (Heinrich Schmitt-Andreas Heene)

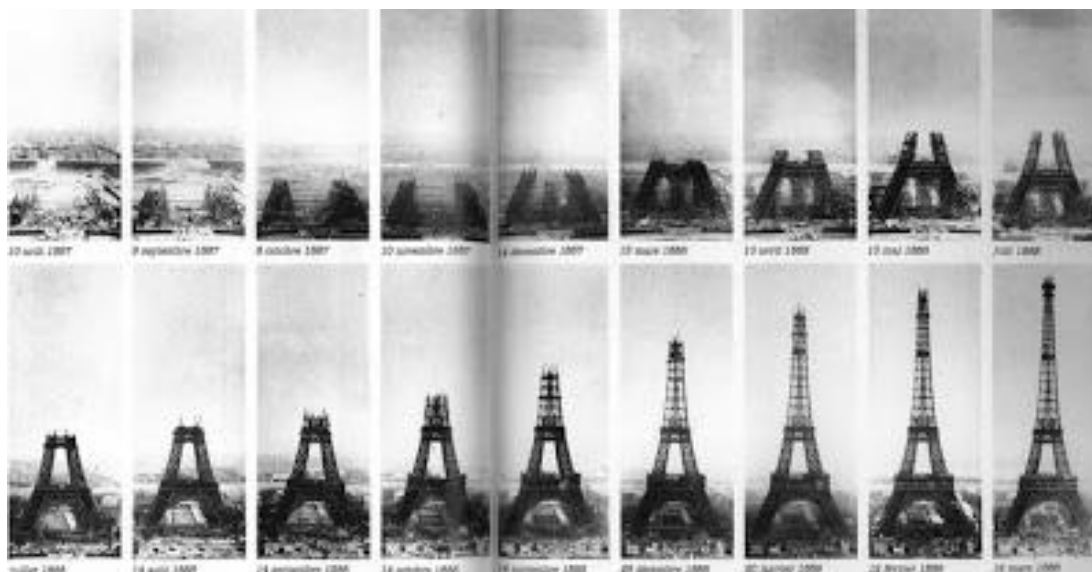
**Εικόνα 16** Η λεπτή εξωτερική επιφάνεια του αγάλματος της Ελευθερίας στο λιμάνι της Νέας Υόρκης στις ΗΠΑ ενισχύεται από μια κατασκευή δικτυωμάτων <http://www.diaforetiko.gr/gnorizate-pos-to-agalma-tis-elftherias-ine-empnefsmeno-apo-ton-kolosso-tis-rodou-i-alithini-istoria-tou/>



Αρχικά η τεχνική κατασκευής χαλύβδινων κατασκευών περιλάμβανε αρθρωτές συνδέσεις δοκών-υποστυλωμάτων και την τοιχοποιία να εξασφαλίζει το φορέα έναντι πλευρικής ευστάθειας. Η τεχνική αυτή χαρακτηριζόταν για την απλότητα των υπολογισμών και την ταχύτητα ανέγερσης. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν πλαισιακοί φορείς με άκαμπτες συνδέσεις, ελαφρύτερη τοιχοποιία και κατακόρυφους συνδέσμους για την παραλαβή των οριζόντιων δράσεων. (Σοφιανόπουλος)

Στη Ευρώπη, και για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, δεν γινόταν χρήση του χάλυβα σε οικοδομικά έργα λόγω έλλειψης χάλυβα, χαμηλών τιμών σκυροδέματος αλλά κυρίως λόγω του υψηλού κόστους πυροπροστασίας. Η κατάσταση αυτή άλλαξε ριζικά στην Ευρώπη από τις αρχές του 1980 με την υιοθέτηση των αμερικανικών μεθόδων διαχείρισης fast – track, με πρωτοπόρες την Αγγλία και τις σκανδιναβικές χώρες. (3)

Η ανέγερση ουρανοξυστών πραγματοποιείται μέχρι και σήμερα και παρατηρείται ιδιαίτερα στις πολυπληθείς χώρες της ΝΑ Ασίας. Η ευρύτερη εφαρμογή του χάλυβα σε κτίρια παρατηρείται στην Ιαπωνία όπου λόγω των αυξημένων απαιτήσεων αντισεισμικότητας, το 65% των κτιρίων είναι μεταλλικά. Στις ΗΠΑ το αντίστοιχο ποσοστό είναι 50%. Η Ευρώπη υστερεί συγκριτικά με την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ στη χρήση του χάλυβα σε ό,τι αφορά τα πολυώροφα κτίρια με κατά μέσο όρο ποσοστό κτιρίων 33%. (Μπανιωτόπουλος)



**Εικόνα 17** Ο Πύργος του Άιφελ <http://publicdomainarchive.com/public-domain-images-eiffel-tower-construction-from-1889-worlds-fair/>

Η Ελλάδα δεν παρακολούθησε τις παραπάνω εξελίξεις, αφού επί μεγάλο χρονικό διάστημα κυριάρχησε το οπλισμένο σκυρόδεμα ως δομικό υλικό. Από το τέλος του αιώνα σημειώνεται μία αξιόλογη δραστηριότητα σε σχέση με τις μεταλλικές κατασκευές κυρίως στη γεφυροποιία. Στην εποχή αυτή κατασκευάστηκε ένας μεγάλος αριθμός σιδηροδρομικών γεφυρών. Πριν το Β Παγκόσμιο πόλεμο παρατηρούνται αξιόλογες κατασκευές όπως στέγες Δημοτικών αγορών, σιδηροδρομικών σταθμών, βιομηχανικών χώρων, βιομηχανικά κτίρια και άλλες μικρότερης σημασίας κατασκευές. (Βάγιας, Αθήνα)

Μετά το τέλος του Β παγκοσμίου πολέμου κυριαρχεί η χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος σε κάθε είδους έργα με αποτέλεσμα τον περιορισμό της χρήσης του χάλυβα.





**Εικόνα 18** Η Αθήνα (1930)



**Εικόνα 19** Η Αθήνα (1976)

<https://www.flickr.com/photos/greecethroughtime/5624051756>

Από τα μέσα του 1990 παρατηρείται αναγέννηση στην εφαρμογή μεταλλικών κατασκευών και ραγδαία ανάπτυξή τους. Έτσι λοιπόν, άρχισε η εφαρμογή του χάλυβα σε κτίρια γραφείων και ξενοδοχείων, πέρα από τις συνηθισμένες χρήσεις του σε βιομηχανικά, αγροτικά, εμπορικά και αθλητικά έργα. Σημαντικό ρόλο έπαιξε η καλή συμπεριφορά των μεταλλικών κτιρίων κατά το μεγάλο σεισμό της Αθήνας το 1999. Σπουδαία παράμετρος, επιπλέον, στην ανάπτυξη των μεταλλικών κτιρίων στη χώρα μας αποτέλεσε η προετοιμασία των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας το 2004 καθώς η χρήση του χάλυβα στα έργα ήταν ευρεία. (Βυθούνη)





**Εικόνα 20** Εμπνευσμένη από το μοντέλο του αρχαίου Ελληνικού χώρου συνάθροισης, η Αγορά είναι μία θολωτή κατασκευή, που αποτελείται από επαναλαμβανόμενα στοιχεία από ελαφρό σίδηρο, που αναπτύσσεται σε καμπύλη κατά μήκος του βόρειου άκρου του Περιβάλλοντος Χώρου, του Ολυμπιακού Σταδίου  
[http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/23/pol\\_00386.pdf?sequence=1](http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/23/pol_00386.pdf?sequence=1)

### **1.3.4 Σύγχρονες Μεταλλικές Κατασκευές**

Οι αντοχές του χάλυβα αλλά και η ευκολία στην διαμόρφωσή του, έδωσαν το δικαίωμα στους σύγχρονους μηχανικούς να συνδυάσουν την αισθητική με την στατική ευστάθεια και τον αντισεισμικό σχεδιασμό, κατασκευάζοντας αρχιτεκτονικά αριστουργήματα. Τα πλεονεκτήματα των μεταλλικών κατασκευών είναι :

- Ο χάλυβας έχει μικρό ίδιο βάρος και μεγάλη αντοχή, συνεπώς μειώνεται το μόνιμο φορτίο της κατασκευής, εξοικονομείται υλικό και χώρος, μειώνεται η αδρανειακή σεισμική δράση, και γίνεται πιο απλή θεμελίωση, ειδικά σε κακής ποιότητας εδάφη.
- Μεγάλη ταχύτητα κατασκευής.
- Υψηλό ποσοστό βιομηχανικής προκατασκευής του έργου. Αυτό έχει θετικές συνέπειες και στην ποιότητά του.
- Πολύ ικανοποιητική και ελεγχόμενη απόκριση σε συνθήκες σεισμού, οφειλόμενη κυρίως στη μεγάλη ολκιμότητα του χάλυβα και στα μικρά αδρανειακά φορτία.
- Μορφολογική ελευθερία και ευκολία επισκευής, τροποποίησης και ενίσχυσης της υπάρχουσας κατασκευής.
- Ομοιογένεια υλικού. Ο δομικός χάλυβας έχει σταθερά χαρακτηριστικά σε κάθε σημείο της μάζας του υλικού, και έτσι εξασφαλίζεται η ακρίβεια των παραδοχών ανάλυσης και των ελέγχων αντοχής.
- Μονιμότητα υλικού (μπορεί να εξασφαλιστεί και απεριόριστη διάρκεια ζωής της κατασκευής) λόγω αμετάβλητων χαρακτηριστικών στο χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη συντήρηση.
- *Μειονεκτήματα μεταλλικών μονώροφων κτιρίων:*
- Κόστος πρώτης ύλης.
- Αυξημένη ανάγκη προστασίας από διάβρωση και πυροπροστασίας.
- Ανάγκη συντήρησης.
- Ειδικός υπολογισμός συνδέσεων.

Η συμπεριφορά των μεταλλικών κτιρίων απέναντι στον ισχυρότερο αντίπαλο του πολιτικού μηχανικού, τον σεισμό, τα αναδεικνύει σε αξιόπιστες κατασκευαστικές λύσεις. Οι κυριότεροι λόγοι ανάπτυξης των μεταλλικών κτιρίων διεθνώς είναι:

- Ταχύτητα κατασκευής
- Δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων ανοιγμάτων
- Σχεδιαστική ελευθερία
- Αντοχή στο σεισμό
- Αντοχή στο χρόνο

Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα τα μεταλλικά κτίρια υπερτερούν σε πολλούς τομείς, οι κυριότεροι είναι:

- Ταχύτητα και ακρίβεια κατασκευής: λόγω του μεγάλου βαθμού προκατασκευασμένων μελών πολλές εργασίες μπορούν να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες
- Μεγάλα ανοίγματα που επιτρέπουν έξυπνη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων
- Μικρές διαστάσεις υποστυλωμάτων που αυξάνουν τον ωφέλιμο χώρο
- Ευελιξία στη διαμόρφωση προσόψεων
- Ευελιξία χρήσης, μετατροπών, προσθηκών και προσαρμογής στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
- Αντισεισμικότητα
- Δυνατότητα ενίσχυσης και επισκευής
- Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης
- Δυνατότητα ανακύκλωσης του χάλυβα

Τέλος να αναφέρουμε ότι τα μεταλλικά κτίρια παρουσιάζουν και αρκετά μειονεκτήματα τα οποία όμως σε καμία περίπτωση σε αντισταθμίζουν τα τόσο σημαντικά οφέλη. Οι κατασκευαστικές ατέλειες των μελών και των συνδέσεων, η ευαισθησία στη διάβρωση και στην πυρκαγιά, η απαίτηση εξειδικευμένου εργατοτεχνικού προσωπικού και το μεγάλο κόστος μελέτης αποτελούν τις βασικές τους αδυναμίες. (1999)

Το 2003 η παγκόσμια παραγωγή χάλυβα άγγιξε τα 960 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων τα 220 εκατομμύρια προήλθαν από την Κίνα. Η χώρα αυτή επίσης, είναι και η πρώτη σε κατανάλωση χάλυβα στον κόσμο. Από άποψη εξαγωγών, η Ιαπωνία υπήρξε η μεγαλύτερη εξαγωγός προϊόντων χάλυβα για το 2003, ενώ την πρώτη θέση στις εισαγωγές κατείχαν οι Ηνωμένες Πολιτείες.

Τέλος, αξίζει να διευκρινιστεί ότι ο χάλυβας δεν αποτελεί μοναδικό προϊόν. Σε παγκόσμια κλίμακα υπάρχουν αυτή τη στιγμή πάνω από 3.500 διαφορετικά υποπροϊόντα και κατηγορίες χάλυβα, με διαφορετικές φυσικές, χημικές και

μηχανικές ιδιότητες, το 75% των οποίων έχει αναπτυχθεί μέσα στα τελευταία 20 χρόνια.(Βαζαίου, 2011)

Όσον αφορά τα αποθέματα μεταλλευμάτων, το πρόβλημα είναι οξύ. Για τουλάχιστον 18 από τα 80 μέταλλα υπάρχει ένα μάλλον σημαντικό πρόβλημα αποθεμάτων ακόμη και αν ληφθούν υπόψη οι δυνατότητες ανακύκλωσής τους. Ορισμένα από αυτά πρέπει να χαρακτηριστούν ως προστατευμένοι πόροι, επειδή ενώ παίζουν καίριο και αναντικατάστατο ρόλο σε σημαντικούς βιομηχανικούς τομείς, τα αποθέματά τους εξαντλούνται με ταχύτατους ρυθμούς. (Δημούδη, 2006)

Όσον αφορά τις παγκόσμιες ανάγκες σε Δομικό Χάλυβα η Ευρωπαϊκή βιομηχανία χάλυβα παράγει περίπου 160 εκ. τόνους ακατέργαστου χάλυβα, δηλαδή περίπου 16% της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα. Η συνολική κατανάλωση χάλυβα στην κατασκευή παγκοσμίως εκτιμάται στα 300 εκ. τόνους ετησίως.(Κ.)

## **1.4 Δομική Ξυλεία**

### **1.4.1 Ορισμός**

Ως δομικά υλικά τεχνητής ξυλείας νοούνται διάφορα βιομηχανικώς παραγόμενα είδη με βάση το ξύλο. Η τεχνητή ξυλεία δεν διατηρεί κανένα χαρακτηριστικό του ξύλου, από το οποίο προήλθε, σε αντίθεση με τα ξύλινα στοιχεία που προκύπτουν από την απευθείας κοπή και επεξεργασία των κορμών.

Ως «φύλλα με βάση το ξύλο» νοούνται τα διαφόρων ειδών φύλλα και πλάκες που παρασκευάζονται από συμπαγές ξύλο ή παράγωγα του. Τα συνηθέστερα φύλλα με βάση το ξύλο που χρησιμοποιούνται στις κτιριακές κατασκευές είναι τα ακόλουθα:

- φύλλα από συμπαγές ξύλο
- αντικολλητά φύλλα (κόντρα πλακέ)
- ινοσανίδες (π.χ. MDF)
- μοριοσανίδες (π.χ. τύπου NOVOPAN, OSB, HERACLITH)

Στρογγυλή ξυλεία είναι η ξυλεία που προέρχεται από κορμούς που εξομαλύνονται αρχικά αμέσως μετά την υλοτόμηση, αποκτούν κολουροκωνική μορφή και κατόπιν μεταφέρονται στο εργοστάσιο.

Πριστή ή πριονωτή ξυλεία προέρχεται απευθείας από κορμούς απλά αποφλοιωμένους μετά την υλοτόμηση. Τα τεμάχια που προκύπτουν από την πριστή ξυλεία είναι τα ακόλουθα:

- δοκοί ορθογωνικής διατομής
- καδρόνια και μισοκάδρωνα, που είναι επιμήκη τεμάχια ορθογωνικής διατομής με μικρή διαφορά μεταξύ πλάτους και πάχους
- σανίδες, που είναι επιμήκη πεπλατυσμένα μέλη με ορθογωνική διατομή πλάτους πολύ μεγαλύτερου από το πάχος
- πλάκες
- οροφοπήχεις.

Η δομική ξυλεία μπορεί να είναι είτε μαλακή (προέρχεται από βελονόφυλλα κωνοφόρα δένδρα) είτε σκληρή (προέρχεται από πλατύφυλλα δένδρα). Συνηθέστερη χρήση σε οικοδομικές εργασίες βρίσκει η μαλακή δομική ξυλεία, ενώ η σκληρή ξυλεία βρίσκει εφαρμογή στις κατασκευές δαπέδων και επίπλων.

Οι διαφορές μεταξύ δένδρων του ίδιου είδους οφείλονται στην ηλικία τους, στην καλή ή κακή θρέψη τους, στις κλιματικές συνθήκες και στη θέση του δένδρου στο δάσος. Τα κυριότερα ελαττώματα που εμφανίζονται στα διάφορα είδη ξύλου, τα οποία, σε συνδυασμό με τις ιδιότητες κάθε είδους, προσδιορίζουν την ποιότητα και την καταλληλότητα του ξύλου για τις διάφορες χρήσεις, είναι τα ακόλουθα:

- Οι ρόζοι προκαλούν ελάττωση της αντοχής του, εμφάνιση κηλίδων στις βαφές κ.α. Όσο περισσότερους ρόζους εμφανίζει ένα ξύλινο στοιχείο τόσο χαμηλότερης ποιότητας είναι.
- Οι ελικοειδείς ίνες («στριμμένα νερά») αποτελούν σοβαρό ελάττωμα, όταν εμφανίζονται σε σανίδες ή καδρόνια και είναι μια από τις κύριες αιτίες στρέβλωσης (πετσικάρισμα) κατά την ξήρανσή τους. Για τη στρογγυλή ξυλεία δεν αποτελούν ελάττωμα.
- Η «έκκεντρη καρδιά» (δακτύλιοι με μεταβαλλόμενο πάχος, έκκεντρα τοποθετημένοι) που δημιουργεί ασύμμετρη διάταξη ινών και κατά συνέπεια ανομοιόμορφες ιδιότητες.

- Οι ρωγμές, οι οποίες διακρίνονται σε εσωτερικές, που δημιουργούνται στο δένδρο πριν την κοπή του, και σε εξωτερικές, που δημιουργούνται μετά την κοπή του δένδρου.

Ένα ξύλινο στοιχείο για να είναι καλής ποιότητας πρέπει:

- Να έχει ευθείες ίνες («ίσια νερά»), λεπτές και πυκνές που προχωρούν παράλληλα προς τη μεγάλη διάσταση του, χωρίς απότομες αλλαγές της κατεύθυνσης τους.
- Να μην έχει ρόζους, ή στην περίπτωση που έχει λίγους ρόζους, αυτοί να είναι μικροί και συνδεδεμένοι με το ξύλο.
- Να μην έχει ρωγμές παράλληλες ή κάθετες προς τις ίνες.
- Να έχει ζωνηρό χρώμα και να μην εμφανίζει κηλίδες που μπορεί να προέρχονται από σήψη (άναμμα).
- Να έχει ευχάριστη οσμή.
- Να είναι ξηρό και να παρουσιάζει ελαστικότητα χωρίς να σπάζει.
- Να αποδίδει ξηρό ήχο όταν χτυπιέται με το σφυρί, ένδειξη ότι δεν προέρχεται από γερασμένο δένδρο, ότι δεν έχει εσωτερικές ρωγμές και ότι είναι εντελώς ξηρό.

### 1.4.2 Ιδιότητες Ξύλου

Η ανομοιογένεια της μάζας του ξύλου (επάλληλα στρώματα ινών) διαφοροποιεί τις ιδιότητες του ξύλου που εξαρτώνται από την κατεύθυνση των ινών.

Η πυκνότητα του ξύλου επηρεάζει το ειδικό βάρος του, τη σκληρότητα, τις μηχανικές αντοχές και την υγροαπορροφητικότητα (όσο αραιότερο είναι το ξύλο, τόσο πιο υγροαπορροφητικό είναι). Για τις κατασκευές ενδείκνυται η χρήση ξύλων μεγάλης πυκνότητας.

Η σκληρότητα του ξύλου εξαρτάται από την πυκνότητα και την περιεκτικότητα σε υγρασία. Τα ξύλα με πυκνές ίνες και μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία είναι σκληρότερα. Η επιφάνεια του ξύλου που είναι κάθετη προς την κατεύθυνση των ινών παρουσιάζει μεγαλύτερη σκληρότητα από αυτήν που είναι παράλληλη προς την κατεύθυνση των ινών.

Η μέγιστη αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό εμφανίζεται όταν οι εξωτερικές δυνάμεις δρουν παράλληλα προς την κατεύθυνση των ινών, ενώ η μικρότερη εμφανίζεται σε γωνία 45° προς την κατεύθυνση των ινών. Η μέγιστη αντοχή σε κάμψη και διάτμηση εμφανίζεται όταν η εξωτερική δύναμη δρα σε διεύθυνση κάθετη προς τις ίνες.

Το ξύλο έχει γενικά μεγάλη ελαστικότητα, η οποία διαφέρει ανά είδος ξυλείας και εξαρτάται από τη διάταξη των ινών, από τη διεύθυνση της φορτίζουσας δυνάμεως, από την περιεκτικότητα του ξύλου σε υγρασία κτλ.

Το ξύλο έχει μεγάλη ικανότητα πρόσληψης και απόδοσης υγρασίας (υγροσκοπικότητα). Τα πιο μαλακά ξύλα είναι πιο υγροσκοπικά από τα σκληρά.

Η συρρίκνωση και η συστολή του ξύλου εξαρτάται από το βαθμό υγρασίας του. Η ολική συρρίκνωση κυμαίνεται από 5% - 20%.

Το ξύλο για τα ξύλινα πλαίσια και τις ξύλινες στέγες ακολουθεί το DIN 4071 –1 και θα πληρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- μέγιστη περιεκτικότητα σε υγρασία 18%
- ανοχή διαστάσεων διατομής  $\pm 1\%$
- θα φέρει εσοχές μικρότερες από το 10% της μικρότερης διάστασης της διατομής και ορθογωνισμένες στις εμφανείς περιοχές.

### 1.4.3 Συγκολλητή Ξυλεία

Η συγκολλητή ξυλεία παράγεται από 3 τουλάχιστον λεπτοσανίδες με ίνες παράλληλες μεταξύ τους και συνήθως εμποτίζεται με πυράντοχα υλικά που εξασφαλίζουν μεγάλη πυραντοχή. Το υλικό αυτό έχει υψηλές μηχανικές ιδιότητες, μικρό ειδικό βάρος και μεγάλη ελαστικότητα.

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή συγκολλητής ξυλείας επιλέγεται και προετοιμάζεται κατάλληλα με βάση τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες. Οι διατομές που προκύπτουν έχουν σύνηθες πάχος 38 mm, όταν οι ίνες των ξύλων ενώνονται κατά μήκος σε ευθεία και 19 mm όταν αφορούν σε καμπύλα ή τοξοειδή σχήματα. Η συγκολλητή ξυλεία με βάση την εμφάνιση (ανάλογα με τη χρήση) κατατάσσεται στις εξής κατηγορίες:

βιομηχανική εμφάνιση, κατά την οποία δεν απαιτείται η αφαίρεση των ρόζων, ούτε ενδιαφέρει η ομοιομορφία της χρησιμοποιούμενης ξυλείας

αρχιτεκτονική εμφάνιση, κατά την οποία η ξυλεία επιλέγεται, ώστε τα νερά να είναι ομοιόμορφα, τα στοιχεία ομοιόχρωμα και οι ρόζοι αφαιρούνται εκλεκτή εμφάνιση, με τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής εμφάνισης με υψηλότερες απαιτήσεις.

Για την προστασία της συγκολλητής ξυλείας χρησιμοποιούνται σφραγιστικά υλικά που επιβραδύνουν τη διεύθυνση της υγρασίας.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις συνδέσεις και στις στερεώσεις των μελών συγκολλητής ξυλείας, καθότι αυτά είναι κατά πολύ μεγαλύτερα από τα συνήθη ξύλινα μέλη. Οι χρησιμοποιούμενες βίδες και άγκιστρα πρέπει να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες αντοχές.

#### **1.4.4 Φύλλα με βάση το Ξύλο**

##### **1.4.4.1 Κόντρα Πλακέ**

Τα φύλλα κόντρα πλακέ (αντικολλητά φύλλα) αποτελούνται από 3 τουλάχιστον λεπτά φύλλα (καπλαμάδες) πάχους 1 mm – 2,5 mm το καθένα από εκλεκτή ξυλεία διαφόρων προελεύσεων, τα οποία συγκολλούνται έτσι, ώστε τα νερά των φύλλων να είναι κάθετα το ένα με το άλλο. Τα δύο εξωτερικά φύλλα πρέπει να έχουν νερά προς την ίδια κατεύθυνση. Για τη συγκόλληση των φύλλων χρησιμοποιούνται κόλλες διαφόρων ειδών ανάλογα με τον προορισμό του κόντρα – πλακέ.

##### **1.4.4.2 Ινοσανίδες**

Κατασκευάζονται από ίνες ξύλου κατώτερης ποιότητας. Οι ίνες που αποχωρίζονται υφίστανται επεξεργασία, ώστε με τη μορφή πολτού να λάβουν τη μορφή πλακών με πάχη 3,2 mm - 6 mm και με διαστάσεις 122 mm x 244 mm. Υπάρχουν επίσης ινοσανίδες σκληρών πλακών με επένδυση μελαμίνης, ή διαποτισμένες με έλαια για σκλήρυνση των επιφανειών ή με ασφαλτικά (bitumen) για την παραγωγή μονωτικών πλακών.



#### 1.4.4.3 Μοριοσανίδες

Για την παραγωγή μοριοσανίδων χρησιμοποιούνται ροκανίδια ή τεμάχια ξύλου που προέρχονται από την επεξεργασία τμημάτων κορμών, λεπτών κλαδιών, καλαμιών και άχυρων, ώστε να αποκτήσουν τη μορφή πολτού, και την ανάμειξη τους με συνθετικές κόλλες. Κατόπιν υφίστανται επεξεργασία σε πιεστήρια και παίρνουν την τελική τους μορφή. Η πυκνότητα των μοριοσανίδων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει όλες τις υπόλοιπες ιδιότητες τους.

Ανάλογα με το ειδικό βάρος τους, οι μοριοσανίδες διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ελαφρές πλάκες με φαινόμενο βάρος  $400 \text{ kg/m}^3$  (χρησιμοποιούνται ως μονωτικά υλικά)
- μέσου βάρους πλάκες με φαινόμενο βάρος  $400 \text{ kg/m}^3$  -  $850 \text{ kg/m}^3$
- βαριές πλάκες με φαινόμενο βάρος  $850 \text{ kg/m}^3$  -  $1100 \text{ kg/m}^3$
- Οι μοριοσανίδες  $650 \text{ kg/m}^3$  -  $700 \text{ kg/m}^3$  χρησιμοποιούνται για κατασκευές επίπλων και χωρισμάτων ενώ οι μοριοσανίδες με βάρος πάνω από  $850 \text{ kg/m}^3$  χρησιμοποιούνται σε ειδικές εργασίες (π.χ. κατασκευή πατωμάτων).

#### 1.4.4.4 Συγκολλητικές Ουσίες

Υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες συγκολλητικών ουσιών: οι φυσικές και οι συνθετικές. Συνηθέστερη είναι η χρήση των συνθετικών. Οι συνθετικές κόλλες μπορεί να είναι είτε θερμοσκληρυνόμενες (αφού σκληρυνθούν δεν μπορεί να διαλυθούν) είτε θερμοπλαστικές/ή θερμοδιαλυόμενες (που μπορούν υπό ορισμένες προϋποθέσεις να μαλακώσουν και να διαλυθούν μετά τη σκλήρυνση).

Οι συνηθέστερες κατηγορίες συνθετικών κολλών είναι οι ακόλουθες:

κόλλες πολυουρεθάνης που χρησιμοποιούνται για συγκολλήσεις ξύλων με ξύλα και με άλλα υλικά και έχουν μεγάλη αντοχή στους μικροοργανισμούς και τα χημικά  
εποξειδικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται για συγκολλήσεις ξύλων με ξύλα καθώς και με σκυρόδεμα, πλαστικό, αλουμίνιο, χάλυβα και άλλα υλικά  
βινυλικές κόλλες που χρησιμοποιούνται σε οικοδομικές εργασίες και στην επιπλοποιία, είναι άχρωμες και άοσμες και δεν μεταχρωματίζουν το ξύλο.

Για τα διάφορα είδη συγκολλητικών ουσιών για ξύλινες κατασκευές ισχύουν πρότυπα του ΕΛΟΤ. Ενδεικτικά αναφέρονται τα κυριότερα:

**Πίνακας 2** Κυριότερα Πρότυπα Συγκολλητικών Ξύλινων Κατασκευών

#	Τίτλος	Πρότυπο
1	Όροι και ορισμοί	ΕΛΟΤ EN 923
2	Δειγματοληψία	ΕΛΟΤ EN 1066
3	Εξέταση και προετοιμασία δειγμάτων δοκιμής	ΕΛΟΤ EN 1067
4	Περιγραφή των κύριων τύπων αστοχίας	ΕΛΟΤ EN 10365
5	Συγκολλητικά για φέρουσες ξύλινες κατασκευές- Συγκολλητικά καζεϊνης – Ταξινόμηση και απαιτήσεις επίδοσης	ΕΛΟΤ EN 12436
6	Ταξινόμηση θερμοσκληρυνόμενων συγκολλητικών ξύλου για μη δομικές εφαρμογές	ΕΛΟΤ EN 12765
7	Ταξινόμηση θερμοπλαστικών συγκολλητικών ξύλου για μη δομικές εφαρμογές	ΕΛΟΤ EN 204
8	Μέθοδοι δοκιμών για κόλλες ξύλου μη δομικών εφαρμογών – Προσδιορισμός της αντοχής σε διάτμηση των συνδέσεων κατά μήκος	ΕΛΟΤ EN 205
9	Φαινολικές και αμινοπλαστικές κόλλες για φέρουσες ξύλινες κατασκευές: Ταξινόμηση και απαιτήσεις επιδόσεων	ΕΛΟΤ EN 301
10	Συγκολλητικά για φέρουσες ξύλινες κατασκευές – Μέθοδοι δοκιμών	EN 302

#### 1.4.4.5 Συντηρητικές Ουσίες

Οι κυριότεροι επιβλαβείς παράγοντες για το ξύλο και τα παράγωγα προϊόντα του είναι οι ακόλουθοι:

- Η υγρασία, ενδογενής ή εξωγενής, που προκαλεί σήψη λόγω της δημιουργίας ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη σαπρομηκύτων, χαλάρωση της συνοχής των ινών και στρεβλώσεις.

- Τα βακτήρια και οι μήκυτες, που προκαλούν σήψη (άναμμα) με συνέπεια τη μείωση της αντοχής του ξύλου. Η ύπαρξη τους εκδηλώνεται με την αλλαγή του χρώματος, την εμφάνιση μούχλας, τη δυσάρεστη οσμή και τη μετατροπή του ξύλου σε σκόνη ή σαπρή μάζα.
- Τα έντομα (σαράκια), τα οποία δημιουργούν λαβυρίνθους στοών και σπηλαίων μέσα στο ξύλο και το μετατρέπουν σε σκόνη.
- Ο παγετός, ο οποίος προκαλεί ραγίσματα στην επιφάνεια του ξύλου.
- Η φωτιά.

**Πίνακας 3** Κυριότερα Πρότυπα για τις Συντηρητικές Ουσίες του Ξύλου

#	Τίτλος	Πρότυπο
1	Μέθοδοι μέτρησης απωλειών ενεργών συστατικών και άλλων συστατικών συντήρησης επεξεργασμένης ξυλείας	ΕΛΟΤ EN 1250
2	Οδηγός για δειγματοληψία και προπαρασκευή συντηρητικών ξύλου και εμποτισμένου ξύλου για ανάλυση	ΕΛΟΤ EN 212
3	Μέθοδος δοκιμής πεδίου για τον προσδιορισμό της σχετικής προστατευτικής αποτελεσματικότητας ενός συντηρητικού ξύλου σε επαφή με το έδαφος	ΕΛΟΤ EN 252
4	Αντοχή ξύλου και προϊόντων ξύλου – Συμπαγές ξύλο εμποτισμένο με συντηρητικά	ΕΛΟΤ EN 351
5	Διατηρησιμότητα ξύλου και προϊόντων ξύλου – Απόδοση των προληπτικών συντηρητικών ξύλου όπως προσδιορίζεται με βιολογικές δοκιμές	ΕΛΟΤ EN 599
6	Προσδιορισμός της τοξικής αποτελεσματικότητας έναντι μικροσηπτικών μικρομυκήτων και άλλων μικροοργανισμών εδάφους	ΕΛΟΤ EN 807
7	Δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης επεξεργασμένου ξύλου πριν από βιολογικές δοκιμές – Δοκιμή έκπλυσης	ΕΛΟΤ EN 84
8	Χρώματα και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επιχρίσεως για ξύλα σε εξωτερικούς χώρους	ΕΛΟΤ EN 927
9	Μέθοδοι δοκιμών συντηρητικών ξύλου	ΕΛΟΤ EN 152

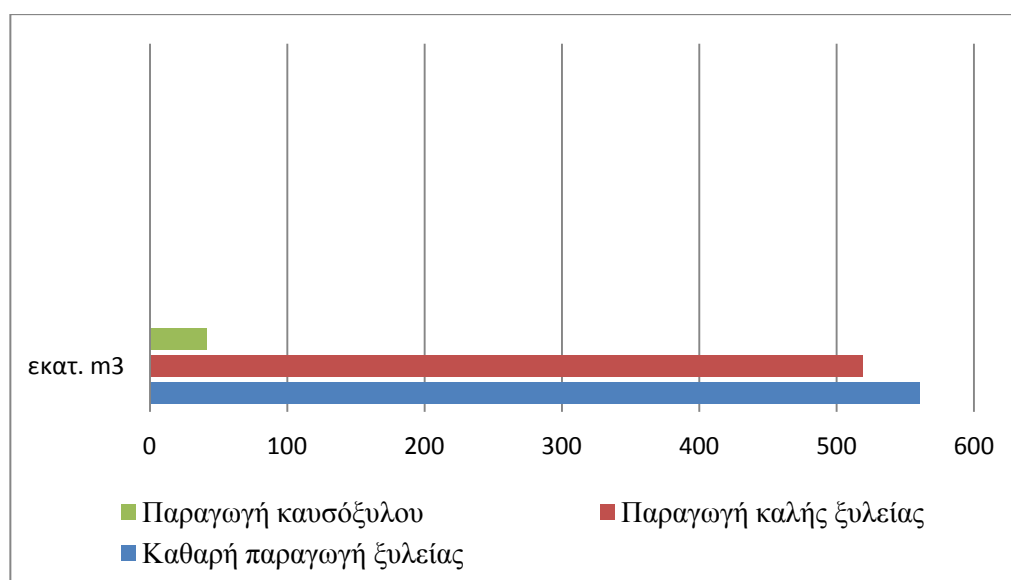
## 1.4.5 Αποθέματα Δομικής Ξυλείας

### 1.4.5.1 Ευρώπη

Με την ένταξη των δέκα νέων κρατών μελών το 2004 οι δασικοί πόροι της Ευρώπης (όγκος κορμών σε m<sup>3</sup>) αυξήθηκαν κατά 30 % περίπου. Στη σύγχρονη εποχή, η συνολική έκταση των δασών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι περίπου 140 εκατ. εκτάρια και των υποψήφιων χωρών περίπου 22 εκατ. εκτάρια.

Η συνολική έκταση των εμπορικά αξιοποιήσιμων δασών (δάση διαθέσιμα για την παραγωγή ξυλείας — δάση στα οποία οι νομοθετικοί, οικονομικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί δεν επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή ξυλείας) των κρατών μελών της ΕΕ είναι 117 εκατ. εκτάρια και των υποψήφιων χωρών 19 εκατ. εκτάρια. **Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η καθαρή παραγωγή της ξυλείας<sup>1</sup> είναι 560 εκατ. m<sup>3</sup>, εκ των οποίων τα 41 εκατ. m<sup>3</sup> ήταν παραδοσιακή υλοτομία για την παραγωγή καυσόξυλου.**

**Πίνακας 4** Συγκριτικό διάγραμμα παραγωγής διαφόρων ποιοτήτων ξυλείας



<sup>1</sup> μικτή παραγωγή με μικρότερη απώλεια φυσικών πόρων

### 1.4.5.2 Αμερική

Είναι γεγονός ότι διατίθεται ευρεία εμπειρία στην επεξεργασία ντόπιας σκληρής ξυλείας της Βόρειας Αμερικής από την αμερικανική βιομηχανία σκληρής ξυλείας. Κυρίως στα ανατολικά από το Μαϊν στο Βορρά έως τον Κόλπο του Μεξικού στο Νότο και στα δυτικά κατά μήκος της κοιλάδας του Μισισσιππή γίνεται αντιληπτή η πηγή της αμερικανικής σκληρής ξυλείας. Περισσότερα είδη σκληρής ξυλείας εύκρατου κλίματος υπάρχουν στις Η.Π.Α., συγκριτικά με οποιοδήποτε άλλο μέρος του κόσμου.

Ελάχιστες χώρες έχουν κατορθώσει τη βιώσιμη ανάπτυξη των δασών της από σκληρή ξυλεία, εκτός από την Αμερική. Εξαιτίας της εντατικής εφαρμογής των Πρακτικών Βέλτιστης Διαχείρισης (*Best Management Practices, BMP*), τα δάση σκληρής ξυλείας της Αμερικής συνιστούν ζωντανή και υγιή βάση ξυλείας, αφού υποστηρίζουν μεγάλο και ποικίλο πληθυσμό άγριας ζωής, καθαρών ποταμών και ρυακιών και φιλοξενούν διάφορες δράσεις αναψυχής. Κατά τα τελευταία 80 χρόνια βελτιωμένης δασικής οργάνωσης, οι πολιτειακοί και ομοσπονδιακοί κανονισμοί σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη κατανόηση της επιστήμης της δασοκομίας και την επιθυμία της κοινωνίας για την προφύλαξη και διατήρηση των δασών, είχαν ως απόρροια μια δραματική πρόοδο και ανανέωση των πόρων αμερικανικής σκληρής ξυλείας.

**Πίνακας 5** Αποθέματα ξυλείας σε παγκόσμια κλίμακα

Ήπειρος	Αποθέματα Ξυλείας δισεκατομμύρια m <sup>3</sup>
Ευρώπη	0,56
Αμερική	11,35
Ασία	5,12
Αφρική	0,45

Η βιομηχανία πρίσης και επεξεργασίας σκληρής ξυλείας - η οποία καθορίζεται από αυτή την πηγή - συνιστά το μεγαλύτερο παραγωγό πριστής σκληρής ξυλείας σε διεθνές επίπεδο. Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί

καθοριστική αύξηση στις εξαγωγές σκληρής ξυλείας. Ειδικότερα, μέσω της προσεκτικής οργάνωσης των δασών της, η σκληρή ξυλεία που αναπτύσσεται ετησίως υπερβαίνει εκείνη που συλλέγεται και διασφαλίζει αξιόπιστες και μακράς διάρκειας προμήθειες. Καθώς ο κόσμος έρχεται αντιμέτωπος περιβαλλοντικές μεταβολές, με τη βιώσιμη ανάπτυξη να αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για τα φυσικά υλικά, το αισιόδοξο είναι ότι ο καθαρός όγκος του στοκ αναπτυσσόμενης σκληρής ξυλείας στις Ηνωμένες Πολιτείες αυξήθηκε από 184.090 εκατομμύρια κυβικά πόδια το 1953 σε μόλις κάτω από τα 400.000 εκατομμύρια κυβικά πόδια (11,35 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα) το 2007.

#### **1.4.6 Κατασκευές από Δομική Ξυλεία**

Η κατοικία με ξύλινο σκελετό παρουσιάζει υψηλή αντισεισμική συμπεριφορά η οποία οφείλεται στο πλεονέκτημα του ξύλου ως υλικό δηλ. στη μεγάλη μηχανική αντοχή σε σχέση με το βάρος του και στην ελαστικότητα του υλικού που επιτρέπει την απορρόφηση της σεισμικής φόρτισης στις συνδέσεις των στοιχείων του σκελετού. Ωστόσο στις εφαρμοζόμενες τεχνικές συνδέσεων και τα χρησιμοποιούμενα υλικά συνδέσεων στη Ελλάδα δεν λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας ενίσχυσης της σεισμικής συμπεριφοράς των συνδέσεων του σκελετού. Με λίγα λόγια υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της αντισεισμικής συμπεριφοράς της ξύλινης κατοικίας με χρησιμοποίηση ειδικού τύπου συνδέσεων και συγκεκριμένων υλικών συνδέσεων (ειδικοί κοχλίες, μεταλλικές συνδέσεις).

Για τις φέρουσες ξύλινες κατασκευές ισχύει το DIN 1052, το DIN 18334, το DIN 4074, ενώ για τις μη φέρουσες ξύλινες κατασκευές ισχύει το DIN 68365.

Εφόσον δεν προδιαγράφεται διαφορετικά, η μέγιστη περιεκτικότητα σε υγρασία της πριστής ξυλείας κατά την κατασκευή θα είναι μικρότερη από 18%. Μόνο σε κατασκευές, στις οποίες το ξύλο μπορεί να στεγνώσει ανεμπόδιστα εκ των υστέρων και των οποίων τα μέλη δεν είναι ευαίσθητα στις στρεβλώσεις, επιτρέπεται η χρήση ύφυγων ξύλων.

Όλα τα τεμάχια ξυλείας κόβονται στις απαιτούμενες διαστάσεις. Όλες οι επιφάνειες σύνδεσης των ξύλινων στοιχείων υπόκεινται σε κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να επιτυγχάνεται η τέλεια επαφή μεταξύ τους. Τα ξύλινα μέλη, τα οποία προέρχονται

από παράλληλη σύνδεση διαφόρων τεμαχίων θα εμφανίζουν απόλυτη ακρίβεια διατομών και διαστάσεων.

Η πλεονάζουσα κόλλα πρέπει να απομακρύνεται με προσοχή, ενώ οι μεταλλικές συνδέσεις δεν θα εξέχουν από τις ξύλινες επιφάνειες. Για το σκοπό αυτό διαμορφώνονται στα ξύλα κατάλληλες εσοχές για τα μεταλλικά εξαρτήματα.

Πριν από την έναρξη των χρωματισμών ή των βερνικωμάτων των ξύλινων κατασκευών γίνεται έλεγχος αν οι συνδέσεις των ξύλινων μερών παρουσιάζουν απaráδεκτους αρμούς, παραμορφώσεις από κακή τοποθέτηση, παραμορφώσεις από απότομη ξήρανση ή ύγρανση των ξύλων, ή οποιοδήποτε άλλο ελάττωμα. Σε περίπτωση διαπίστωσης τέτοιων ελαττωμάτων ή κακοτεχνιών, η κατασκευή αντικαθίστανται με δαπάνες του Αναδόχου ή αν με την σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας μπορεί να αποκατασταθεί, η επισκευή θα γίνεται χωρίς να αποβαίνει σε βάρος της αισθητικής εμφάνισης ή της αντοχής και οπωσδήποτε χωρίς να τροποποιείται η λειτουργία της κατασκευής. Σε περίπτωση τραυματισμού ξύλινης επιφάνειας ή σοβαρότερης ζημίας απαγορεύεται η επισκευή με στοκάρισμα ή η μερική αντικατάσταση □μπάλωμα).

Αν για τη στερέωση των σανίδων, πλακών, μαδεριών, καδρονιών κτλ χρησιμοποιούνται ήλοι, αυτοί πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,5 φορές μακρύτεροι από το πάχος των μελών προς σύνδεση. Σε μια συναρμογή ξύλινων μελών δεν επιτρέπεται η συνύπαρξη ήλων και κοχλιώσεων. Γενικά ενδείκνυται η χρήση πολλών μικρών ήλων και όχι λίγων και μεγάλων.

#### Ειδικότερες Απαιτήσεις

- Μεταξύ ξύλινων στοιχείων και καπνοδόχων η ελάχιστη απόσταση είναι 5 cm, ενώ μεταξύ ξύλινων στοιχείων και της πλάτης τζακιών 10 cm. Στο διάκενο τοποθετείται θερμομονωτικό, πυράντοχο υλικό.
- Οι επιθυμητές στάθμες της ξυλείας (δοκοί, στρωτήρες) επί τοιχοποιίας ή σκυροδέματος ρυθμίζονται με τη βοήθεια σφηνών.
- Δεν επιτρέπεται η αυθαίρετη κοπή, διάτρηση οπών ή χάραξη εγχοπών στα μέλη του πλαισίου.
- Οι αγκυρώσεις με τζινέτια διαμορφώνονται στις απολήξεις κάθε φέρουσας δοκού, καθώς επίσης και σε συγκεκριμένες θέσεις, όπως ορίζεται στα κατασκευαστικά σχέδια. Οι κεφαλές κάθε τέταρτης δοκίδας αγκυρώνονται σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια. Αγκυρώσεις διαμορφώνονται στα πλαίσια των



παραθύρων και στις βάσεις στήριξης των θυρών, καθώς και στους ακραίους ορθοστάτες χωρισμάτων που εφάπτονται με τοιχοποιία.

Οι αποστάσεις μεταξύ των δοκίδων των πλαισίων δαπέδων, οροφών και στεγών θα συμφωνούν με τα κατασκευαστικά σχέδια και τη μελέτη. Στις δοκίδες παρέχεται ελάχιστη στήριξη πλάτους 10 cm. Οι ενώσεις (ματίσεις) των δοκίδων επί των στηρίξεων διαμορφώνονται με σχετική επικάλυψη και ηλώνονται ή κοχλιώνονται. Κάτω από διαχωριστικά, τα οποία διατρέχουν παράλληλα με τις δοκίδες, τοποθετούνται διπλές δοκίδες. Τα φέροντα στοιχεία δεν επιτρέπεται να κόπτονται ή να τρυπιούνται περισσότερο από το ένα τέταρτο του βάθους των στοιχείων χωρίς την απαραίτητη ενίσχυση.

## **2. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

### **Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το ζήτημα των παγκόσμιων αναγκών σε δομικά υλικά καθώς και ο κύκλος της οικοδομικής δραστηριότητας. Ο κύκλος της οικοδομικής δραστηριότητας, ο οποίος συνδέεται με περιβαλλοντικά ζητήματα είναι η :

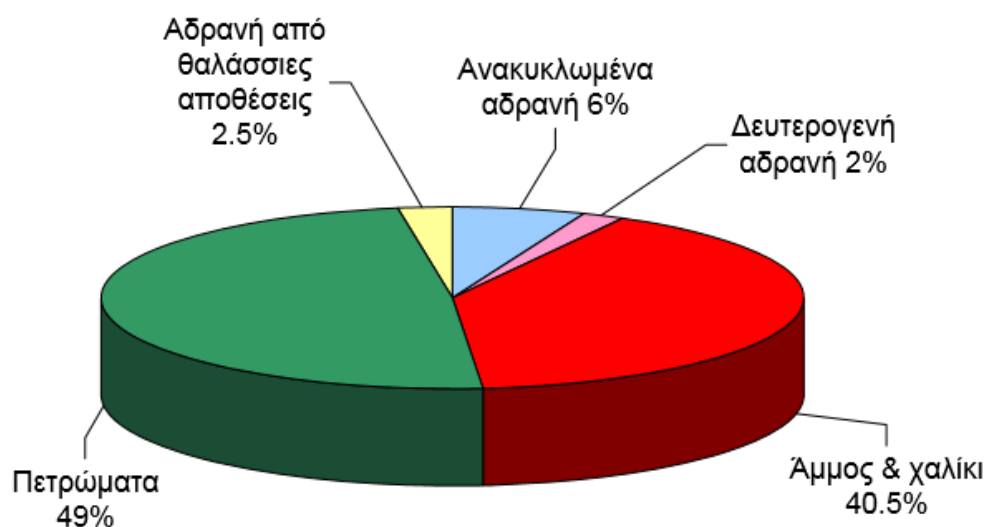
- παραγωγή οικοδομικών υλικών
- κατασκευή του κτιρίου
- χρήση του κτιρίου
- κατεδάφιση του κτιρίου

Το πρώτο στάδιο αυτής της δραστηριότητας είναι η παραγωγή οικοδομικών υλικών, ενώ έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση των αποθεμάτων των δομικών υλικών και οι ενέργειες που έχουν ληφθεί για τη βιώσιμη εξέλιξη του κλάδου.

### **2.1 Οικονομικά Στοιχεία του Κατασκευαστικού Τομέα**

Όπως αναφέρεται από την έκθεση του Οργανισμού των Ευρωπαίων Παραγωγών Αδρανών (UEPG), ο κατασκευαστικός τομέας αντιπροσωπεύει το 10 - 12% του ευρωπαϊκού ΑΕΠ και η βιομηχανία αδρανών υλικών αποτελεί την πιο σημαντική πηγή της σε πρώτες ύλες. Το 2008 παρήχθησαν περίπου 3,5 δισεκατομμύρια τόνοι αδρανών υλικών, με ετήσιο μέσο όρο ανά Ευρωπαίο πολίτη πάνω από 6 τόνους κατά κεφαλή (UEPG, 2009-2010). Η παραγωγή αυτή προήλθε από περίπου 17.000 εταιρείες με απασχολούμενο προσωπικό 400 χιλιάδων σε σχεδόν 23.000 λατομικές περιοχές.

Το διάγραμμα παρουσιάζει - υπό μορφή ποσοστού – ότι η ευρωπαϊκή παραγωγή μοιράζεται κατά το έτος 2008 ανά τύπο αδρανούς υλικού: περίπου 90% προέρχεται από φυσικούς πόρους, ενώ μόνο το 6% της παραγωγής προέρχεται από ανακυκλωμένα αδρανή υλικά (UEPG, 2009-2010).



**Εικόνα 21** Παραγωγή αδρανών υλικών στην Ευρώπη το 2008

Για να γίνει πιο κατανοητή η ανάλυση στην συνέχεια παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας σχετικά με την παραγωγή αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις με την παραγωγή φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών για το 2008, σε εκατ. τόνους.

**Πίνακας 6** Σύγκριση της παραγωγής αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις με την παραγωγή φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών (2008, σε εκατ. τόνους)

Κράτη Μέλη	$P_{C\&D}^{**}$	$P_{C\&D}$	$P_{AR}^{*}$	$\frac{P_{AR}}{P_{C\&D}}$	$P_{AN}^{***}$	$\frac{P_{AR}}{(P_{AN} + P_{AR})}$	$\frac{P_{C\&D}}{(P_{AN} + P_{AR})}$
Τσεχία	9	8	4	44%	71	5%	10%
Γερμανία	178	151	56	37%	478	5%	28%
Ισπανία	43	37	5	14%	378	10%	10%
Γαλλία	238	202	15	7%	402	1%	49%
Ιταλία	68	58	5	9%	360	4%	16%
Ολλανδία	28	24	24	100%	46	1%	34%
Αυστρία	30	26	4	16%	94	34%	26%
Ην. Βας.	79	67	53	79%	169	24%	30%

Σημείωση: \* UEPG, 2009-2010 \*\* Eurostat, 2008; \*\*\* Η παραγωγή αφορά μόνο, χαλίκι και πέτρα υποθέτοντας μηδενικό ισοζύγιο εισαγωγών/εξαγωγών λόγω έλλειψης ορισμένων δεδομένων.

Δείκτες αξιολόγησης της αγοράς :

$$P_{AR}/P_{AN} + P_{AR}$$

Η σχέση μεταξύ της παραγωγής ανακυκλωμένων αδρανών υλικών και της συνολικής παραγωγής αδρανών. Λαμβάνει ως βάση την τρέχουσα κατάσταση και υπολογίζει την συμβολή των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών σε σύγκριση με τις συνολικές απαιτήσεις ανάγκες για αδρανή υλικά.

$$P_{AR}/P_{C\&D}$$

Η σχέση μεταξύ της παραγωγής των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών και των απόβλητων από κατασκευές και κατεδαφίσεις. Παρέχει ενδείξεις σχετικά με την τιμή μετατροπής των εισερχόμενων αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις. Προφανώς, η τιμή PAR λαμβάνει υπόψη την σύνθεση της παραγωγής και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής και ανακύκλωσης.

$$P_{C\&D}/P_{AN} + P_{AR}$$

Η αναλογία μεταξύ απόβλητων κατασκευών και κατεδαφίσεων και συνολικής παραγωγής αδρανών υλικών. Δείχνει τον ενδεχόμενο αντίκτυπο των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών στο σύνολο των απαιτήσεων για αδρανή υλικά, δηλαδή τη μέγιστη συμβολή που θα μπορούσαν να προσφέρουν τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις ώστε να καλυφθεί η ζήτηση αδρανών υλικών, στην υποθετική περίπτωση που η συνολική ροή ανακυκλώνεται.

Για να κατανοήσουμε τις πιθανές εξελίξεις της αγοράς των αδρανών υλικών, είναι ενδιαφέρον όχι μόνο να αξιολογήσουμε τη σχέση μεταξύ της παραγωγής των φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών, αλλά και να συσχετίσουμε τα στοιχεία παραγωγής αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, από τα οποία παράγονται τα ανακυκλωμένα αδρανή υλικά, με εκείνα της παραγωγής ανακυκλωμένων αδρανών,

καθώς και την πιθανή επίδραση των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών στην συνολική ζήτηση για αδρανή.

Τα δεδομένα που εμφανίζονται στον παραπάνω πίνακα σχετίζονται με την παραγωγή φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών υλικών κατά το έτος 2008 (UEPG 2009-2010) και την παραγωγή αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις το ίδιο έτος (Eurostat, 2008) για όσα κράτη μέλη υπήρχαν διαθέσιμα αξιόπιστα στοιχεία. Οι τιμές της μεταβλητής PC&D λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων της Eurostat και φιλτράρονται ανά οικονομικό τομέα (NACE rev 2, section F – Construction, Στατιστική ταξινόμηση της οικονομικής δραστηριότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση), ανά κίνδυνο (μη επικίνδυνα απόβλητα) και ανά τύπο αποβλήτων (ορυκτά και στερεοποιημένα απόβλητα). Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των δεδομένων, για να αποκτήσουμε μια πιο αξιόπιστη τιμή για τους σκοπούς αυτής της συζήτησης, θεωρούμε ένα νέο δείκτη (PC&D πραγματικό) που καθαρίζει τη ροή των μη πετρωδών συστατικών των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις, ο οποίος εκτιμάται στο 15% (λαμβάνει υπόψη τη σύνθεση των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις και τις τεχνολογίες ανακύκλωσης που είναι διαθέσιμες).

Από τον δείκτη PAR/P C&D, διαπιστώνεται ότι η κατάσταση στην Ευρώπη ποικίλει. Αν εξαιρεθούν οι καλύτερες περιπτώσεις, όπως η Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο, ο στόχος του ποσοστού ανάκτησης που θέτει η Οδηγία 2008/98/EK (ίση με το 70% έως το 2020, Αρθ. 11, σημείο 2, στοιχείο β) της Οδηγίας) εξακολουθεί να είναι στις περισσότερες περιπτώσεις πολύ δύσκολο να επιτευχθεί.

Όσον αφορά την επίδραση των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών στη συνολική ζήτηση των αδρανών υλικών, οι δείκτες  $PAR/(PAN+ PAR)$  e  $PC\&D/(PAN+ PAR)$  δείχνουν ότι:

- Η επίδραση των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών στη συνολική ζήτηση για αδρανή κυμαίνεται μεταξύ 10% και 35% (με εξαίρεση τη Γαλλία, όπου τα δεδομένα για τις τιμές των PC&D φαίνεται να μην είναι εντελώς αξιόπιστα).
- Αυτή τη στιγμή η συνολική ζήτηση για αδρανή καλύπτεται σχεδόν αποκλειστικά από φυσικά αδρανή.
- Η εμπειρία και οι πολιτικές διαχείρισης των ροών των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις μπορεί να οδηγήσει σε ενδιαφέροντα

αποτελέσματα (Ολλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία), όσον αφορά την εξοικονόμηση φυσικών πόρων.

Ο πίνακας που ακολουθεί αναλύει τον μέσο όρο κατανάλωσης των αδρανών υλικών για μερικές σημαντικές εφαρμογές. Από αυτά τα στοιχεία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ανάγκη για αδρανή υλικά είναι γενικά υψηλή, αν και είναι αυστηρά συνδεδεμένη με το κατασκευαστικό τομέα σε κάθε χώρα. Η ολοκληρωμένη αξιοποίηση των φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών υλικών, εκτός από σημαντική εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, θα μπορούσε να συνεισφέρει στην καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων σύμφωνα με τις διαφορετικές χρήσεις.

**Πίνακας 7** Μέσος όρος κατανάλωσης αδρανών υλικών σε κύριες εφαρμογές

Χρήση	Μέση Κατανάλωση των Αδρανών Υλικών (Τόνοι)/ ανά μονάδα κατασκευής
Αθλητικά στάδια	300.000
Αυτοκινητόδρομοι – 1 χλμ.	30.000
Σχολεία	3.000
Καινούργιες οικίες	400
Ράγες για τρένα υψηλών ταχυτήτων – 1μ.	9

Στην ελεύθερη αγορά υπάρχει μια σειρά από παράγοντες που θα πρέπει ή θα μπορούν να ευνοήσουν τη χρήση των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών έναντι των φυσικών. Αυτοί είναι:

- Χαμηλότερη τιμή από τα φυσικά υλικά που αντικαταστούν,
- Υψηλή ζήτηση υλικών για εφαρμογές που δεν απαιτούν υψηλές ποιότητες (πεζοδρόμια, αναχώματα, επιχωματώσεις κ.α.),
- Μείωση εξόδων μεταφοράς (τα οποία μπορούν να είναι μικρότερα διότι η επιχείρηση ανακύκλωσης είναι συνήθως πιο κοντά από το λατομείο).

Η χαμηλότερη τιμή είναι αναμφισβήτητο το σημαντικότερο κίνητρο για την επιλογή του ανακυκλωμένου προϊόντος, γιατί, για υλικά με τα ίδια χαρακτηριστικά,

αντιπροσωπεύει έναν από τους πιο αποφασιστικούς παράγοντες στην κατακύρωση μιας προσφοράς.

Η τιμή των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών εξαρτάται από τις τοπικές αγορές, αλλά είναι συχνά 20% χαμηλότερη από την τιμή των φυσικών αδρανών. Αυτή η διαφορά της τιμής δεν οφείλεται σε χαμηλότερη ποιότητα των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών, αλλά στη νοοτροπία της αγοράς, η οποία έχει την τάση να υποβαθμίζει τα αδρανή υλικά που προέρχονται από τα απόβλητα.

Για τη μερική ανάκτηση του κόστους παραγωγής που συνδέεται με την διατήρηση της ποιότητας των ανακυκλωμένων αδρανών είναι δυνατόν να λαμβάνονται υπόψη και τα τέλη που καταβάλλονται για τη διάθεση των αποβλήτων αυτών στο εργοστάσιο ανακύκλωσης.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η υψηλή ζήτηση αδρανών υλικών για εφαρμογές που απαιτούν χαμηλότερης ποιότητας υλικά. Υπολογίζεται ότι περίπου το 40% της συνολικής ζήτησης για αδρανή υλικά στην Ευρώπη αφορά τέτοιου είδους εφαρμογές. Αυτό αφορά ιδιαίτερα τις διάφορες εφαρμογές στην κατασκευή και τη συντήρηση των υποδομών.

Τέλος, δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης συνήθως βρίσκονται πολύ κοντά σε αστικούς οικισμούς, το κόστος μεταφοράς δεν επηρεάζει σημαντικά την τελική τιμή του ανακυκλωμένου υλικού, όπως συμβαίνει συχνά, στην περίπτωση των φυσικών υλικών. Στην περίπτωση που η διαδικασία ανάκτησης πραγματοποιείται απευθείας στο χώρο της επιχείρησης, τα κόστη μεταφοράς μπορεί και να μηδενιστούν.

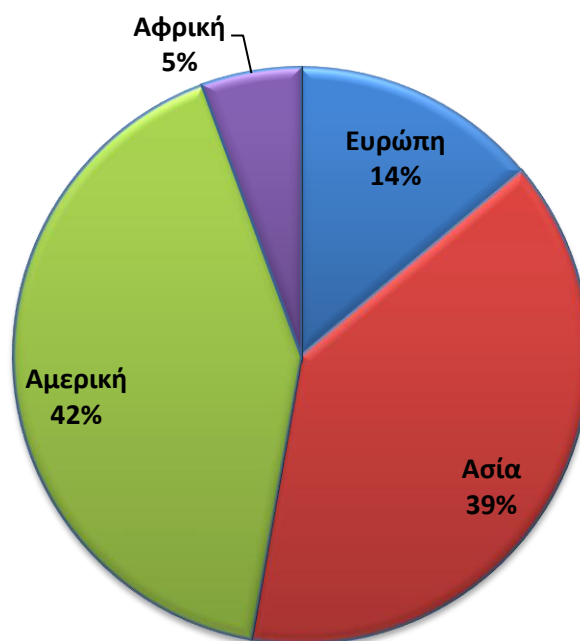
## **2.2 Τσιμέντο**

Η διεθνής ετήσια παραγωγή τσιμέντου ανέρχεται σε 1,9 δις. τόνους, από τους οποίους οι 250 εκ. τόνοι παράγονται στην Ευρώπη και εφαρμόζονται για την παραγωγή 750 εκ. m<sup>3</sup> σκυροδέματος. Η Ευρώπη κατέχει πρωταρχική θέση στον τομέα των προϊόντων τσιμέντου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αντιστοιχεί το 12% των 1,9 δις. τόνων του παραγόμενου τσιμέντου παγκοσμίως και οι Ευρωπαϊκές εταιρείες ελέγχουν περίπου το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής. Έχει διαπιστωθεί ότι κατά ποσοστό 4/5



από τους ηγετικούς παραγωγούς τσιμέντου σε διεθνές επίπεδο έχουν τη βάση τους στην Ευρώπη.

Το τσιμέντο, είναι υδραυλικό συνδετικό υλικό. Δηλαδή είναι λεπτά διαμερισμένο ανόργανο υλικό (σκόνη) που σε ανάμειξη με νερό σχηματίζει παχύρρευστο μείγμα, το οποίο σταδιακά στερεοποιείται μέσω αντιδράσεων και διεργασιών ενυδάτωσης.



**Εικόνα 22** Παγκόσμιες ανάγκες σε σκυρόδεμα

### 2.3 Χάλυβας

Η παραγωγή του επιτυγχάνεται με 2 μεθόδους: Από πρώτη ύλη, δηλαδή σιδηρομετάλλευμα, ασβεστόλιθο και κωκ, σε υψικάμινο. Με τον τρόπο αυτό, παράγεται σήμερα το 60% της συνολικής ποσότητας χάλυβα. Δεύτερον, με τη χρήση σκραπ (παλαιοσίδηρου) μέσω ηλεκτρικής καμίνου. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ πιο σύγχρονη, εύκολη και αποδοτική.

Ο χάλυβας παράγεται με τρεις βασικές μεθόδους :

- με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου, και την μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα μέσα σε μεταλλάκτη με εμφύσηση οξυγόνου·
- με την άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων (δηλ. αναγωγή σε στερεά κατάσταση) σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου (αγγλ., `\\Direct reduced iron\\` ή DRI), και την μετατροπή του σπογγώδους σιδήρου σε χάλυβα μέσα σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου· και
- με την ανάτηξη παλαιοσιδήρου (σκραπ) σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου (Electric Arc Furnace - EAF)

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2005, το 65,4% της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα προέρχεται από τις δύο πρώτες καθετοποιημένες μεθόδους και το 31,7% από την ανάτηξη παλαιοσιδήρων και σπογγώδους σιδήρου σε κλιβάνους ηλεκτρικού τόξου. Ένα μικρό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα (2,9% για το 2005) προέρχεται από την μετατροπή χυτοσιδήρου σε κάμινους ανοικτής εστίας ή άλλες μεθόδους. Στην Ελλάδα, όλη η παραγωγή χάλυβα (περίπου 2,5 εκατ. τόνοι ετησίως) προέρχεται από την ανάτηξη παλαιοσιδήρου και προορίζεται κυρίως για την παραγωγή μπετόβεργας.

Η Ευρωπαϊκή βιομηχανία χάλυβα παράγει περίπου 160 εκ. τόνους ακατέργαστου χάλυβα και πιο συγκεκριμένα το 16% της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα. Η συνολική κατανάλωση χάλυβα στην κατασκευή παγκοσμίως εκτιμάται στα 300 εκ. τόνους ετησίως.

## **2.4 Δομική Ξυλεία**

Παραδοσιακή υλοτομία για την παραγωγή καυσόξυλου ήταν η Η καθαρή παραγωγή της ξυλείας στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 560 εκατ. m<sup>3</sup> εκ των οποίων 41 εκατ.m<sup>3</sup>.

**Πίνακας 8** Ποσότητες παγκόσμιας παραγωγής δομικών υλικών

Υλικό	Παραγωγή (δισεκατομμύρια τόνοι)	Παραγωγή (δισεκατομμύρια κυβικά)
Χάλυβας	0,3	0,97
Τσιμέντο	1,9	5,7
Ξυλεία	0,56	1,02

Έχει αποδειχθεί ότι μόνο το 19% της ελληνικής γης των 132 εκ. στρεμμάτων, δηλαδή περί τα 25 εκ. στρέμματα, καλύπτονται από δάση, σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας. Το 65% αυτών ανήκουν στο Ελληνικό Δημόσιο, ενώ το υπόλοιπο 35% αφορά μη δημόσια δάση, μοναστηριακά και λοιπά. Μόνον τα 10 εκ. στρέμματα είναι παραγωγικά με την έννοια της βιώσιμης αξιοποίησης από τα 25 εκ. στρέμματα του ελληνικού δάσους. Η υγιεινή και ποιοτική κατάσταση των δασών μας ορίζεται ως μη ικανοποιητική, εξαιτίας της κακοποίησής τους από τις πυρκαγιές και την ανεξέλεγκτη βοσκή, καθώς και λόγω της μικρής μόνο κλίμακας στην οποία διενεργείται καλλιεργητική υλοτομία αλλά και της ανεπαρκούς αναδάσωσης. Έχει σημειωθεί ότι υπάρχει δυνατότητα αναδάσωσης 100 χιλ. στρεμμάτων ετησίως ή 2 εκ. στρεμμάτων σε 20 χρόνια, ενώ στην πραγματικότητα αναδασώνονται μόνο 40.000 στρέμματα ετησίως.

Σχετικά με το δάσος ως πηγή πρώτης ύλης, επισημάνθηκε ότι – σύμφωνα με τα στοιχεία του υπουργείου Γεωργίας - το συνολικό ξυλαπόθεμα προς εκμετάλλευση είναι περίπου 4 εκ. κυβικά μέτρα ετησίως, ενώ η παραγωγή ξυλείας είναι μικρότερη των 2 εκ. m<sup>3</sup> (δηλαδή πέραν του ότι το δάσος είναι μικρό δεν γίνεται και σωστή εκμετάλλευσή του) εκ των οποίων τα 1,3 εκ. κ.μ. πηγαίνουν για καυσόξυλα και τα 0,6 εκ. κ.μ. για τις ανάγκες της βιομηχανίας, επί συνόλου αναγκών άνω του 1,0 εκ. m<sup>3</sup> - υπολογιζομένων μόνο των αναγκών για την παραγωγή μοριοσανίδας. Απόρροια αυτού είναι η ύπαρξη αναγκαστικής εισαγωγής πρώτων υλών, με άμεση αρνητική επιρροή στο κόστος μεταφορικών, την ανοδική πίεση στις τιμές των

εγχωρίων πρώτων υλών, και την εξάρτηση της ελληνικής παραγωγής από απρόβλεπτους συντελεστές, όπως είναι τα πρόσφατα εμπόδια από τις αρχές της Βουλγαρίας στις εξαγωγές ξύλου προς την Ελλάδα. Στη σύγχρονη εποχή, στον τομέα της παραγωγής μοριοσανίδας, η πρώτη ύλη εξυπηρετεί το 30-35% του συνολικού κόστους παραγωγής.

**Διάγραμμα 1** Διαχείριση ελληνικών δασών



## 2.5 Ρυθμοί Ανάπτυξης

Στις ΗΠΑ που διαθέτουν τον μεγαλύτερο παραγωγό σκληρής ξυλείας στον κόσμο, η αναφύτευση παρουσιάζει ραγδαία ανάπτυξη, αφού αξιοποιεί 6.000.000 νέα δέντρα την ημέρα. Όπως είναι φυσικό, στη σύγχρονη εποχή υπάρχει στην Αμερική 70% περισσότερο δάσος σκληρής ξυλείας, σε σχέση με τα προηγούμενα 40 χρόνια. Στις σκανδιναβικές χώρες και συγκεκριμένα τη Σουηδία και τη Φινλανδία η ανάπτυξη των δασών έχει ρυθμό 10% μεγαλύτερο του ρυθμού υλοτόμησης, με κύκλο ζωής του εμπορικού ξύλου τα 70 - 120 χρόνια.

## 2.6 Εξάντληση Φυσικών Πόρων

Έχει διαπιστωθεί ότι οι φυσικοί πόροι της Γης δεν είναι απεριόριστοι και ανεξάντλητοι. Στην αλόγιστη κατασπατάληση των μη ανανεώσιμων πόρων και στο κυνήγι του κέρδους με κάθε τίμημα (περιβαλλοντικό ή κοινωνικό) εστιάζεται το κυρίαρχο σήμερα «δυτικό» μοντέλο ανάπτυξης. Τα καταστροφικά αποτελέσματα του μοντέλου αυτού διαφαίνονται σε ολόκληρο τον κόσμο και αφορούν την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, τον περιορισμό της βιοποικιλότητας, τη μόλυνση των υδάτων και του αέρα, την ερημοποίηση των εδαφών, την ελάττωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, την καταστροφή των δασών, την έλλειψη τροφίμων και πόσιμου νερού, την μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Οι ανανεώσιμοι πόροι δημιουργούνται συνήθως από τα σύγχρονα βιοτικά συστήματα (γεωργικές καλλιέργειες, αλιεύματα, δασική ξυλεία κλπ.) και μαζί με την ηλιακή, την αιολική, τη γεωθερμική και την υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελούν τους ενεργειακούς ανανεώσιμους πόρους. Αντίστοιχα οι μη ανανεώσιμοι πόροι είναι αποθέματα που προέρχονται από αβιοτικά συστήματα (μέταλλα, νερό, μάρμαρα) ή από πρώην βιοτικά συστήματα (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο).

Οι φυσικοί πόροι της Γης δεν είναι απεριόριστοι και ανεξάντλητοι. Το κυρίαρχο σήμερα «δυτικό» μοντέλο ανάπτυξης βασίζεται στην αλόγιστη κατασπατάληση των μη ανανεώσιμων πόρων και στο κυνήγι του κέρδους με κάθε τίμημα (περιβαλλοντικό ή κοινωνικό). Οι καταστροφικές συνέπειες αυτού του μοντέλου γίνονται πλέον αισθητές σε ολόκληρο τον κόσμο: μόλυνση των υδάτων και του αέρα, υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, περιορισμός της βιοποικιλότητας, καταστροφή των δασών, ερημοποίηση των εδαφών, μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, έλλειψη τροφίμων και πόσιμου νερού, μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου κ.ο.κ.

Σήμερα κατανοούμε πιο καθαρά ότι ο δυτικός τρόπος ζωής και κατανάλωσης δεν μπορεί να επεκταθεί στον υπόλοιπο κόσμο χωρίς να απειληθεί σοβαρά το μέλλον του πλανήτη. Η συνεχιζόμενη λεηλασία του περιβάλλοντος μας θέτει μπροστά στην ορατή πλέον απειλή της εξάντλησης των φυσικών πόρων.

Φαίνεται πως σήμερα έχουμε φτάσει το ακραίο όριο. Η κατάσταση επιβάλλει κάτι παραπάνω από μια απλή αλλαγή πορείας. Επιβάλλει μια ριζική μεταβολή νοοτροπίας, μια πιο πολύπλοκη σκέψη, περισσότερη ταπεινότητα και αίσθημα ευθύνης απέναντι στο περιβάλλον, τα οικοσυστήματα, τη μητέρα Γη. Παραβιάζοντας τα όρια αναγέννησης της φύσης, επιδεινώνουμε την έλλειψη των πόρων. Οι ποταμοί

στερεύουν, τα εδάφη χάνουν τη γονιμότητα τους, ο αέρας γίνεται αποπνικτικός, τα δάση χάνονται. Γιατί επιμένουμε να υπερβαίνουμε τα όρια που μας θέτει η Γη; Η διαχείριση του ορίου γίνεται η πρώτη άσκηση αειφορίας, όχι μόνον περιβαλλοντικής.

## **2.7 Στάδια Παραγωγής Δομικών Υλικών**

### **2.7.1 Τσιμέντο**

Το τσιμέντο λαμβάνεται από πρώτες ύλες φυσικής προέλευσης : ασβεστόλιθο και άργιλο. Εξορύσσεται από λατομεία τα οποία βρίσκονται συνήθως πλησίον των μονάδων παραγωγής τσιμέντου, ενώ ασβεστόλιθος και άργιλος υφίστανται επιτόπια και πρωτογενή σύνθλιψη ώστε να μειώνεται το μέγεθός τους και να καθίσταται ευχερέστερη η μεταφορά τους στις παραγωγικές μονάδες.

Τα στάδια παράγωγης του τσιμέντου είναι τα εξής :

#### **Εξόρυξη και προετοιμασία πρώτων υλών**

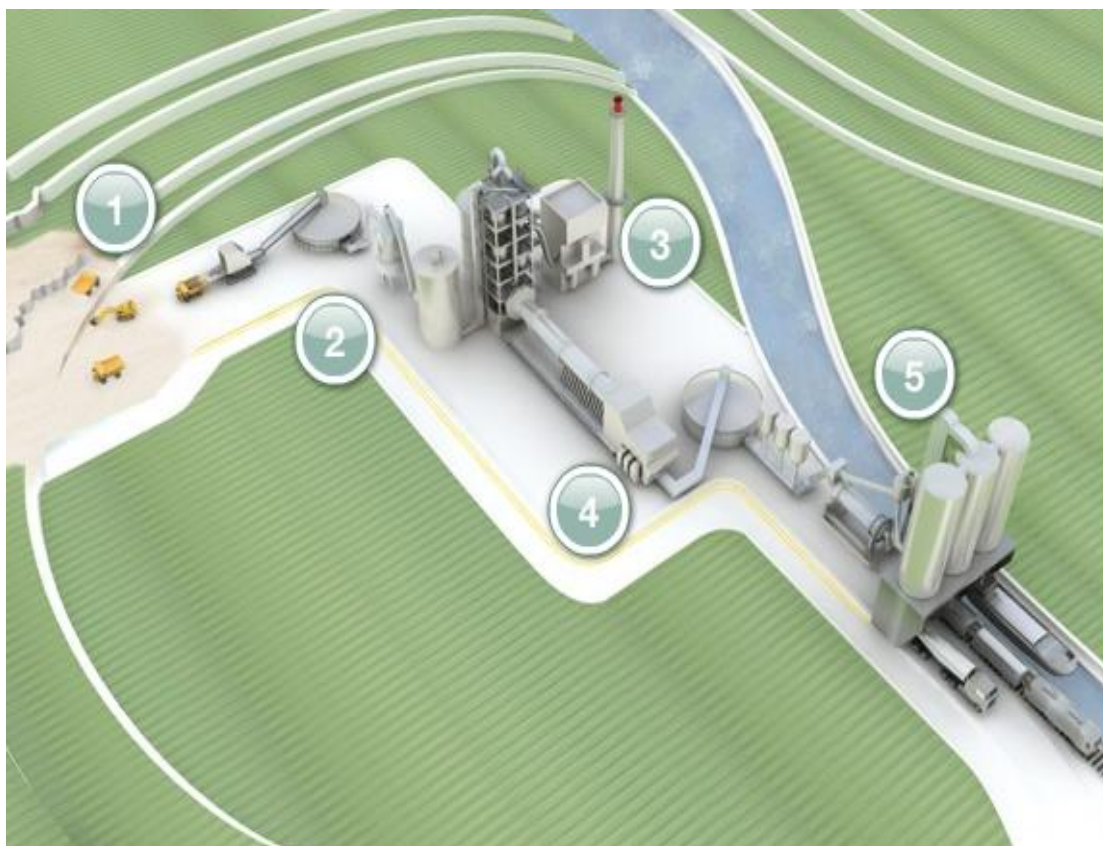
Οι πρώτες ύλες που είναι απαραίτητες για την παραγωγή τσιμέντου εξορύσσονται από τα λατομεία μας (ασβεστολίθου, αργίλου, σχιστόλιθου, κλπ) μετά από γεωλογικές και χημικές αναλύσεις, σε καθορισμένες ποσότητες και αναλογίες. Ακολούθως, συνθλίβονται και μεταφέρονται για αποθήκευση στο εργοστάσιο.

#### **Άλεση πρώτων υλών και Έψηση**

Η άλεση των υλικών πραγματοποιείται σε μια πολύ λεπτή πούδρα, σε ένα μείγμα φαρίνας όπως ορίζεται. Το μίγμα υλικών ομογενοποιείται, προθερμαίνεται και στη συνέχεια οδηγείται στην κάμινο, η οποία θερμαίνεται με φλόγα που μπορεί να φθάσει τους 2.000°C. Το μείγμα ψήνεται σε θερμοκρασία 1.500°C και μετά από χημικές αντιδράσεις προκύπτει το κλίνκερ, η βάση για την παρασκευή κάθε είδους τσιμέντου. Αργότερα, το κλίνκερ ψύχεται απότομα με ροή αέρα και αποθηκεύεται.

## Άλεση τσιμέντου και διανομή

Το κλίνκερ μαζί με τον γύψο αλέθονται σε πολύ λεπτή σκόνη και συντελούν το γνωστό τσιμέντο. Στο στάδιο αυτό μπορούν να προστεθούν μαζί με γύψο πολλά άλλα υλικά, τα οποία ορίζονται ως πρόσθετα. Εφαρμόζοντας τα πρόσθετα σε διάφορες αναλογίες προκύπτουν συγκεκριμένοι τύποι τσιμέντου. Το τσιμέντο αποθηκεύεται σε σιλό μέχρι να αποσταλεί χύδην ή σακευμένο στους πελάτες.



**Εικόνα 23** Στάδια παραγωγής τσιμέντου

Τα επιμέρους στάδια παραγωγής συνιστούν τη μονάδα παραγωγής μιας καινοτόμας εταιρείας :

1. Εξόρυξη πρώτων υλών
2. Άλεση και αποθήκευση πρώτων υλών
3. Έψηση πρώτων υλών
4. Αποθήκευση και άλεση του τσιμέντου
5. Συσκευασία και μεταφορά



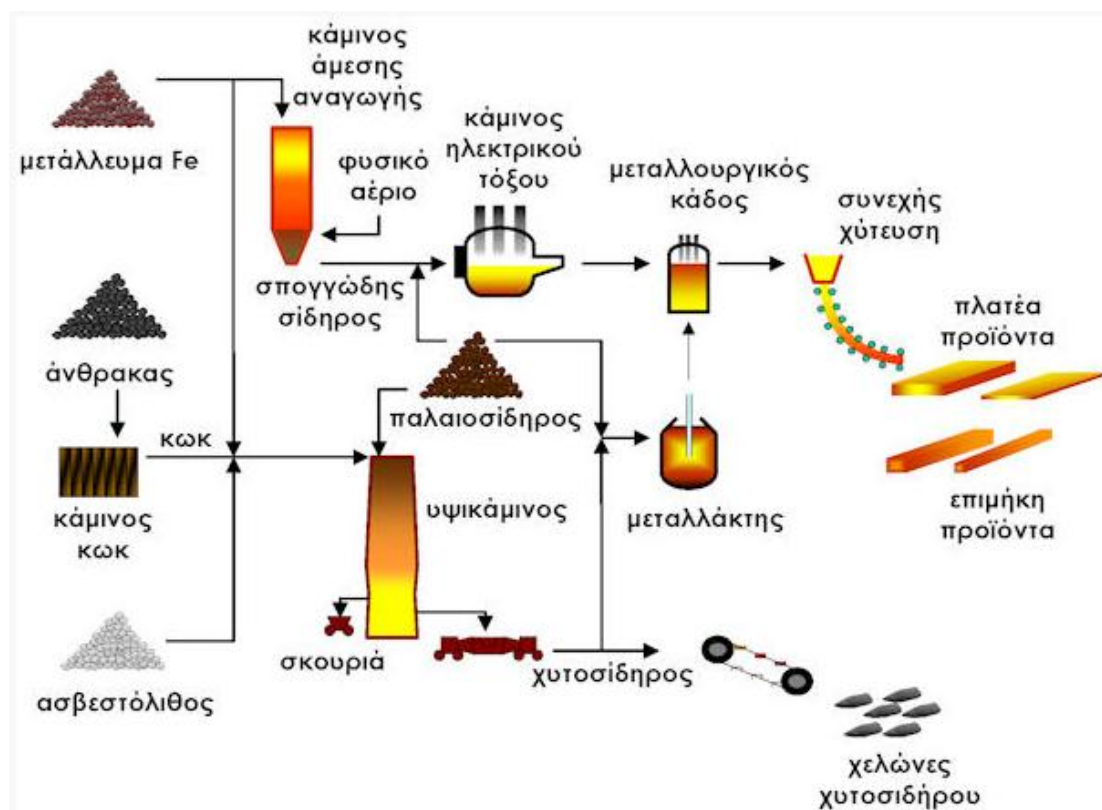
### 2.7.2 Χάλυβας

Η ιστορία του χάλυβα ξεκινά γύρω στο 1000 π.Χ., όταν μεταλλουργοί της εποχής εκείνης άρχισαν να παράγουν χάλυβα συστηματικά με ενανθράκωση σπογγώδους σιδήρου. Πάντως οι Χετταίοι γνώριζαν μια παρόμοια μέθοδο παραγωγής χάλυβα ήδη από το 2300 π.Χ.<sup>[2]</sup> Την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, πολλοί μεσογειακοί λαοί, αλλά και οι Ινδοί, οι Κινέζοι και οι Ιάπωνες γνώριζαν την τέχνη της παραγωγής σπογγώδους σιδήρου και χάλυβα, καθώς και την τέχνη της σκλήρυνσης του χάλυβα με θέρμανση και απότομη ψύξη («βαφή»). Περίφημα ήταν τα σφυρήλατα χαλύβδινα δαμασκηνά σπαθιά, που κατασκευάζονταν κατά τον Μεσαίωνα στη Συρία και στην Ιαπωνία.

Αν και από την εποχή της Αναγέννησης υπήρχε η τεχνολογική δυνατότητα ανάπτυξης των υψηλών θερμοκρασιών τήξης του χάλυβα, οι πρώτοι χάλυβες σε κάμινο παρήχθησαν το 1740. Μέχρι τότε κατασκευάζονταν μόνο λεπτού πάχους τεμάχια από χάλυβα, όπως ξίφη και εργαλεία, με ενανθράκωση σιδήρου, δηλαδή με τεχνικές διάχυσης του άνθρακα σε τεμάχια σιδήρου. Η σύγχρονη ιστορία του χάλυβα αρχίζει ουσιαστικά στα μέσα του 19ου αιώνα, με τη δυνατότητα για πρώτη φορά μαζικής παραγωγής χάλυβα υψηλής ποιότητας, όταν το 1856 ο Άγγλος εφευρέτης Χένρι Μπέσσεμερ ανακάλυψε πως να μετατρέπει τον τηγμένο χυτοσίδηρο σε χάλυβα με εμφύσηση οξυγόνου σε έναν κάδο («μεταλλάκτη») επενδυμένο με πυρίμαχα τούβλα. Την ίδια εποχή ανακαλύφθηκε η μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα σε καμίνους ανοικτής εστίας (κάμιнос Siemens-Martin). Σήμερα, η ανακάλυψη του Μπέσσεμερ χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την απανθράκωση του χυτοσιδήρου. Η κάμιнос Siemens-Martin εγκαταλείφθηκε ως πιο ενεργοβόρος και λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον.

Ο χάλυβας, ως δομικό υλικό στον τομέα της βιομηχανίας εμφανίστηκε ήδη από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, όταν αναπτύχθηκαν σχετικά φθηνές μέθοδοι μαζικής κατεργασίας. Διαθέτει εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και η υψηλή του αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό αλλά και θλίψη το καθιστούν ιδανικό υλικό για την εκπόνηση ποικίλων κατασκευών. Συνάμα, ο δομικός χάλυβας έχει μεγάλη πυκνότητα, καθώς μεγάλος είναι και ο λόγος της αντοχής του προς το βάρος του πράγμα που σημαίνει ότι με μικρό ίδιο βάρος μπορεί να παραλάβει μεγάλο φορτίο.

Είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι υπάρχουν κυρίως δύο μέθοδοι επεξεργασίας του χάλυβα, εν θερμώ και εν ψυχρώ. Στη μέθοδο «εν θερμώ» επιτυγχάνεται η μορφοποίηση του μετάλλου σε υψηλές θερμοκρασίες μέσα από τη χύτευσή του σε κλιβάνους και, ακολούθως, επιτελείται η συγκρότηση του υλικού με πολυάριθμους τρόπους. Στην «εν ψυχρώ» μέθοδο διενεργείται η μορφοποίηση του μετάλλου σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και σε πάχη ελασμάτων συνήθως μικρά.



Εικόνα 24 Στάδια παραγωγής χάλυβα



**Εικόνα 25** Σιδηρομετάλλευμα



**Εικόνα 27** Περιέλιξη Ελάσματος  
εν Θερμώ



**Εικόνα 26** Κλίβανος ηλεκτρικού  
τόξου



**Εικόνα 28** Τελικό στάδιο θερμής  
έλασης διατομής I

Τα πλατέα προϊόντα διακρίνονται σε πλάκες ή χονδρές κατασκευαστικές λαμαρίνες (plates), με πάχος 1 έως 20 εκ. για χρήση στην ναυπηγική, τις κατασκευές κλπ και σε λεπτές λαμαρίνες σε ρολά ή επίπεδα φύλλα (strips), με πάχος 0.1 έως 1 εκ. για την αυτοκινητοβιομηχανία, την βιομηχανία οικιακών συσκευών, τις κατασκευές κλπ.



**Εικόνα 29** Κλίβανος Οξυγόνου



**Εικόνα 31** Διαμόρφωση  
χαλυβδόφυλλων για σύμμικτες πλάκες



**Εικόνα 30** Γραμμή παραγωγής  
επιμήκων προϊόντων



**Εικόνα 32** Διαμόρφωση πανέλων  
επικάλυξης





**Εικόνα 33** Διαμόρφωση  
ελάσματος



**Εικόνα 35** Χοντρότοιχα ελάσματα



**Εικόνα 34** Διαμόρφωση γωνιάς εν  
ψυχρώ



**Εικόνα 36** Λεπτότοιχα ελάσματα

### 2.7.3 Δομική Ξυλεία

Είναι χρήσιμο να αναφερθεί ότι στο σύνολό τους, υπάρχουν περίπου 2.000 είδη δένδρων που παράγουν ξύλο, ενώ περισσότερα από 2.500 προϊόντα ξύλου που παράγονται από αυτό με μηχανική και χημική κατεργασία. Όπως είναι φυσικό, η ορθή εφαρμογή των προϊόντων ξύλου δεν είναι εύκολη υπόθεση, καθώς το ξύλο - ως προϊόν βιολογικών διεργασιών - είναι ευαίσθητο υλικό, δύσκολο, ανισότροπο, υγροσκοπικό, με πολύπλοκη εσωτερική δομή.

Δύο κύρια στάδια εμπεριέχει η διαδικασία παραγωγής πριστής ξυλεία. Αρχικά, το πρώτο βρίσκεται στο δάσος όπου πραγματοποιείται η υλοτόμηση των δέντρων, η διαμόρφωση τους σε επεξεργάσιμα και μήκη, η αποφλοιώση, η ογκομέτρηση, η ποιοτική τους ταξινόμηση και τελικά η μεταφορά τους στο πριστήριο.



**Εικόνα 37** Τα στρώματα του κορμού ενός δέντρου

**Πίνακας 9** Στάδια παραγωγής ξυλείας

<b>Δάσος</b>	<b>1. Υλοτομία</b>	Στη θέση των κομμένων δέντρων φυτεύονται σε όλες τις προηγμένες χώρες καινούργια, ώστε να αναπαραχθεί το δάσος και να αποκατασταθεί η φυσική ισορροπία, αλλά και να υπάρχει μετά από χρόνια νέο δάσος για υλοτόμηση
	<b>2. Διαμόρφωση σε μήκη</b>	Τα κομμένα, δέντρα, κόβονται ή ντανιάζονται είτε σαν αξεφάρδιστα (δηλ. με φλοιό στα χόντρητά τους), είτε σαν ξεφαδισμένα (με περισσότερα δηλαδή κοψίματα, γίνονται καθαρές τάβλες σε όλες τους τις πλευρές).
	<b>3. Αποφλοιώση</b>	Ακολουθεί ο αερισμός και η ξήρανση, η οποία μπορεί να γίνει είτε με φυσικό - τρόπο (που διαρκεί μέχρι και 4 χρόνια), είτε τεχνητά (σε ξηραντήρια), με χρόνο ξήρανσης 7 έως 10 ημέρες
	<b>4. Ογκομέτρηση</b>	Σε διαμορφωμένους χώρους γίνεται η ογκομέτρηση της ύλης
	<b>5. Ποιοτική ταξινόμηση</b>	Ανάλογα με το είδος του δέντρου, το τμήμα του κορμού και το σκοπό για τον οποίον προορίζεται το υλικό, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι κοπής, Παρατηρώντας την κυκλική, εγκάρσια τομή ενός κορμού, βλέπουμε εξωτερικά το φλοιό, στο κέντρο την λεγόμενη καρδιά ή ψίχα και ενδιάμεσα τους δακτυλίους που φανερώνουν την ηλικία του δέντρου. Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους κόβεται ένας κορμός είναι ή "κατά την ακτίνα" ή "κατά τη χορδή" του κύκλου. Τα σύγχρονα πριονιστήρια, λειτουργούν με απόλυτη ακρίβεια κοπής και προσφέρουν πλήρη αξιοποίηση του

		υλικού.
	<b>6. Εμπορία</b>	Ακολουθεί η εμπορεία του ξύλου στο πριστήριο

#### 4.1 Κατανάλωση Ενέργειας κατά τα Στάδια Παραγωγής

Η πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1973, με την ανάδειξη της απειλής για εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων, συνέβαλε στη συνειδητοποίηση των ενεργοβόρων παραγωγικών διαδικασιών των δομικών υλικών και έδωσε ώθηση, στη διάρκεια της δεκαετίας του 70, στη συστηματική έρευνα για την ενέργεια που εμπεριέχεται στα δομικά υλικά και προϊόντα. Αρχικός στόχος ήταν ο περιορισμός της κατανάλωσης ενέργειας. Από τη δεκαετία του 90 όμως, το κέντρο βάρους μετατοπίστηκε στην επάρκεια των φυσικών πόρων και στη μείωση της ατμοσφαιρικής και περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλείται από την αλόγιστη χρήση πρωτογενούς ενέργειας, δίνοντας έμφαση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται, σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, από τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (φαινόμενο θερμοκηπίου), των οξειδίων του αζώτου και θείου (όξινη βροχή) καθώς και των χλωροφθορανθράκων (εξασθένιση της στιβάδας του όζοντος) στη διάρκεια του κύκλου ζωής των δομικών υλικών.

Ένα σημαντικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τα υλικά είναι το ποσό της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους, από το στάδια της λήψης των πρώτων υλών από τη φύση, τη μεταφορά τους στο εργοστάσιο, τη βιομηχανική κατεργασία τους έως τη μεταφορά και τοποθέτησή τους στην κατασκευή. Το χαρακτηριστικό αυτό μέγεθος αναφέρεται ως ‘εμπεριεχόμενη ενέργεια δομικών υλικών και στοιχείων’ και αποτελείται από την:

Κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή των δομικών υλικών :

- άμεση κατανάλωση ενέργειας για την εξόρυξη των πρώτων υλών και την παραγωγική διαδικασία, η οποία εξαρτάται από τους διαφορετικούς τύπους μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία,



- δευτερογενής κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγική διαδικασία, η οποία αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία της παραγωγικής μονάδας, π.χ. του συστήματος θέρμανσης, δροσισμού, φωτισμού, συντήρηση των μηχανημάτων,
- ενέργεια για τη μεταφορά των πρώτων υλών και των επεξεργασμένων δομικών υλικών, η οποία εξαρτάται από την ύπαρξη των πρώτων υλών σε τοπική κλίμακα και τον τρόπο και την απόσταση μεταφοράς τους.

Ενέργεια κατά την κατασκευή, χρήση και κατεδάφιση των κτιρίων :

- Ενέργεια για τη μεταφορά των δομικών προϊόντων από τον τόπο παραγωγής τους στον τόπο της κατασκευής. Η ενέργεια αυτή είναι σημαντικά μικρότερη για υλικά που παράγονται σε τοπική κλίμακα σε σχέση με υλικά που εισάγονται από μακρινές χώρες.
- Ενέργεια κατά την κατασκευή, η οποία απαιτείται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στα διάφορα στάδια κατασκευής.
- Ενέργεια για τη συντήρησή τους καθώς υπάρχει η φυσική φθορά των δομικών υλικών με το χρόνο.
- Ενέργεια για την αποσύνδεση ή απομάκρυνση των υλικών κατά την κατεδάφιση, η οποία εκτιμάται ότι είναι περίπου το 10% της ενέργειας που εμπεριέχεται στα διαφορετικά δομικά υλικά.

Η εμπεριεχόμενη ενέργεια εκφράζεται ως kWh ή MJ, και συνοδεύεται από τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν την ποσότητα αερίων ρύπων CO<sub>2</sub> και SO<sub>2</sub> που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Ο πίνακας 2.4 παρουσιάζει την εμπεριεχόμενη ενέργεια και τα ισοδύναμα των εκπομπών του CO<sub>2</sub> και SO<sub>2</sub> βασικών οικοδομικών υλικών.

## 4.2 Σύγκριση των Τριών Δομικών Υλικών

Είναι πολύ πιθανόν, η παραγωγή και κατασκευή κτιρίων να έχει σημαντικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με ειδικά τοπικές συνέπειες, όπως είναι ο θόρυβος, η σκόνη, η μόλυνση νερού και η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Σχετικά με την κατασκευή, ο χρόνος και το κόστος θεωρείται καταλυτικός παράγοντας στην κατασκευή.

**Πίνακας 10** Σύγκριση των κύριων δομικών υλικών

Ιδιότητες	Δομική Ξυλεία	Μέταλλα	Σκυρόδεμα
<b>Φέρων Οργανισμός</b>	Αυξημένο ποσοστό προκατασκευής στο εργοστάσιο	Προκατασκευή της μεταλλικής κατασκευής στο εργοστάσιο το οποίο είναι ελεγχόμενο περιβάλλον και δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες ή την τοποθεσία του εργοταξίου.	Καλούπωμα επί του εργοταξίου
<b>Ποιοτικός Έλεγχος</b>	Ευρωκώδικας 5 ISO 9001 ISO 9002 ISO 104001 EMAS	Ευρωκώδικας ISO 9001 ISO 9002 ISO 104001 EMAS	Ευρωκώδικας 2 ISO 9001 ISO 9002 ISO 104001 EMAS
<b>Ασφάλεια και Υγιεινή</b>	OHSAS 18001	OHSAS 18001	OHSAS 18001

### **3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

#### **Εισαγωγή**

Γνώμονας της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας παράλληλα με τη δημιουργία υποδομών για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα. Στα πλαίσια αυτά κινείται ο τομέας των τεχνητών αδρανών υλικών καθώς αξιοποίηση των βιομηχανικών παραπροϊόντων στην δόμηση αποτελεί ζωτικής σημασίας προοπτική για την οικονομία και την αειφορία των κατασκευαστικών έργων.

#### **3.1 Η Αναγκαιότητα της Ανακύκλωσης Δομικών Υλικών**

Η εκμετάλλευση φυσικών πόρων σε ορισμένες βιομηχανικές χώρες έχει πάρει τρομακτικές διαστάσεις. Η ραγδαία οικονομική αύξηση συνοδεύεται από μία υπερβολική αύξηση αναγκών για χρήση αδρανών υλικών. Για παράδειγμα, σε χώρες όπως η Γαλλία και η Μεγάλη Βρετανία παρατηρήθηκε, από πρόσφατες στατιστικές, τετραπλασιασμός των αναγκών μέσα σε μία δεκαετία. Από την άλλη πλευρά στις βιομηχανικές χώρες οι συνολικές ποσότητες των διαφόρων στερεών αποβλήτων και παραπροϊόντων παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες. Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των στερεών αποβλήτων και των βιομηχανικών παραπροϊόντων στη δομική βιομηχανία και σε κατασκευές έργων αποτελεί μία σημαντική πρακτική ορθής διαχείρισης φυσικών πόρων.

Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης είναι :

- Μείωση της ανάγκης για χρήση και εκμετάλλευση φυσικού μη ανανεώσιμου κεφαλαίου

- Αποφεύγονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η κατανάλωση ενέργειας από την εξόρυξη των πρωτογενών πρώτων υλών, καθώς και από τη μεταποίηση των πρώτων υλών κατά την παραγωγική διαδικασία
- Μείωση της ποσότητας των απορριπτόντων υλικών και κατά συνέπεια περιορισμού των αναγκαίων χώρων εναπόθεσής των και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνεπάγονται.
- Μείωση του κόστους κατασκευής λόγω χαμηλού ή μηδενικού κόστους των στερεών αποβλήτων
- Βελτίωση της ποιότητας παραγωγής αποβλήτων λόγω ευεργετικής δράσης αυτών

### **3.2 Η Χρήση Εναλλακτικών Υλικών στην Οδοποιία**

Η κατασκευή των οδικών έργων χαρακτηρίζεται από τη χρήση μεγάλης ποσότητας αδρανών υλικών. Η αγορά των αδρανών παίζει σημαντικό ρόλο στην Ελληνική οικονομία, καθώς αποτελεί το 45% της συνολικής εξόρυξης των ορυκτών, εκτιμώντας την σε περίπου 58 Mt ετησίως. Η παραγωγή τους στηρίζει την ελληνική οικονομία, όμως ο τρόπος εξόρυξης και παραγωγής των προκαλεί σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αέριοι ρύποι, θόρυβος, σκόνη, αισθητική ενόχληση).

Η χρήση των εναλλακτικών, φιλικών προς το περιβάλλον, υλικών ως αντικατάσταση των φυσικών αδρανών στην κατασκευή οδικών έργων, θα πρέπει να ικανοποιεί στόχους μέσα σε πλαίσια περιβαλλοντικών, τεχνικών και οικονομικών κριτηρίων, όπως είναι:

- Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των νέων υλικών να είναι συμβατές με το περιβάλλον. Να μην εμφανίζονται προβλήματα τοξικότητας ή υψηλής διαλυτότητας στο νερό.
- Οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών να είναι συμβατές με τις ιδιότητες των αδρανών
- Η ποσότητα των υλικών να είναι επαρκής και ο ρυθμός παραγωγής των σταθερός. Ένας ρυθμός παραγωγής του παραπροϊόντος τουλάχιστον της

τάξεως του 50.000 τόνοι/έτος εξασφαλίζει μία ποσότητα για ευρείας κλίμακας τεχνική εφαρμογή.

- Το κόστος επεξεργασίας και μεταφοράς των υλικών στον τόπο κατασκευής, να είναι οικονομικά αποδεκτό.

Τα απορριπτόμενα υλικά που χρησιμοποιούνται σε έργα οδοποιίας διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τα κριτήρια διαθεσιμότητας, επάρκειας και κόστους. Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές οδικών έργων, αντλώντας πηγές από τη βιβλιογραφία.

α/α	Εναλλακτικά υλικά	Πεδίο εφαρμογής
<b>A. Παραπροϊόντα (by products)</b>		
1	Σκωρίες (υψικαμίνων, μεταλλουργικές)	Επιχώματα, αγροτική οδοποιία, υποβάσεις και βάσεις σταθεροποιημένες και μη, αντιπαγετική στρώση, επιφανειακές ασφαλτικές στρώσεις
2	Τέφρες θερμοηλεκτρικών εγκαταστάσεων	Επιχώματα, επιφανειακές στρώσεις βάσεις + υποβάσεις, ασφαλτοσκυρόδεμα
3	Υπόλειμμα εγκαταστάσεων παραγωγής τσιμέντου	Υποβάσεις, βάσεις
4	Παραπροϊόντα χημικής βιομηχανίας	Ασφαλτομίγματα (αντικαθιστώντας το φίλερ)
5	Παραπροϊόντα ορυχείων	Επιχώματα, αγροτική οδοποιία, σταθεροποιημένες και μη βάσεις, ασφαλτομίγματα
<b>B. Προς απόρριψη (waste materials)</b>		
6	Απορρίμματα + τέφρα καύσης τους	Ασφαλτομίγματα (με πλαστικό υλικό), επιχώματα, σταθεροποιημένες βάσεις (το πλαστικό υλικό)
7	Ελαστικά οχημάτων	Επιφανειακές στρώσεις + υποβάσεις
8	Γυαλί	Ασφαλτικές στρώσεις
9	Προϊόντα κατεδαφίσεων κτιρίων + οδοστρωμάτων (τούβλα, σκυρόδεμα, κ.λ.π.)	Χωματοουργικά, υποβάσεις, βάσεις

**Πίνακας 11 :** Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα.

### 3.3 Παραπροϊόντα Βιομηχανικής Επεξεργασίας με Εφαρμογή στην Ελλάδα

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχει πλήθος υλικών, τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον για χρήση σε κατασκευές και ειδικότερα στην Οδοποιία. Ο επιμέρους πίνακας παρουσιάζει τα εναλλακτικά και παραπροϊόντα τα οποία έχουν τύχει χρήσης μεγαλύτερης ή μικρότερης.

α/α	Υλικό	Πεδίο εφαρμογής
1	Ιπτάμενη τέφρα	Επιχώματα, βάσεις – υποβάσεις, ασφαλτοσκυρόδεμα, παραγωγή τσιμέντου
2	Σκωρίες	Βάσεις – υποβάσεις, παραγωγή τσιμέντου, αντιολισθηρές επιφάνειες οδοστρωμάτων
3	Παραπροϊόντα εξόρυξης βωξίτη (στείρα)	Επιχώματα, στεγανοποιητική στρώση, χώρων απόθεσης απορριμμάτων
4	Παραπροϊόντα λευκόλιθου	Βάσεις – υποβάσεις, άμμος κονιαμάτων ή σκυροδέματος
5	Ελαστικά οχημάτων	Ασφαλτομίγματα

**Πίνακας 12 :** Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα στον ελλαδικό χώρο

### 3.4 Προβλήματα κατά την Χρήση Βιομηχανικών Παραπροϊόντων

Τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης βιομηχανικών παραπροϊόντων στην κατασκευή οδικών έργων είναι πολλά. Παρόλα αυτά σημαντικά είναι τα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία χρήση και εφαρμογή τους. Πιο συγκεκριμένα είναι:

- Απουσία ή αδυναμία εφαρμογής ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού διαχείρισης αποβλήτων ή παραπροϊόντων.

- Ανυπαρξία ενός συστήματος ελέγχου για την παρακολούθηση της εφαρμογής του σχεδιασμού.
- Έλλειψη πληροφόρησης των ενδιαφερομένων για τις νέες μεθόδους και πρακτικές ανακύκλωσης .
- Έλλειψη καθορισμού προδιαγραφών των υλικών, με στόχο την διαρκή και απρόσκοπτη τροφοδοσία της αγοράς με κατεργασμένο και ομογενοποιημένο προϊόν με σταθερές ιδιότητες .
- Αύξηση του κόστους εφαρμογής στις περιπτώσεις που οι αποστάσεις μεταξύ του τόπου παραγωγής του υλικού και του τόπου κατασκευής είναι μεγάλες.
- Έλλειψη πρωτοβουλιών για συνέχιση της εργαστηριακής έρευνας με στόχο τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών των υλικών.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από την έως τώρα ανάλυση προέκυψαν ασφαλή συμπεράσματα σε συγκεκριμένα ζητήματα στο τομέα των δομικών υλικών. Αδιαμφισβήτητο λοιπόν είναι πως η ολοκληρωμένη αξιοποίηση των φυσικών, τεχνητών και ανακυκλωμένων δομικών υλικών, εκτός της εξοικονόμησης πόρων, θα μπορούσε να επιτρέψει και μια καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων ανάλογα με τις διαφορετικές χρήσεις. Η εργασία εστίασε σε τρία δομικά υλικά, (Χάλυβα- Σκυρόδεμα- Ξύλο). Οι ιδιότητες που εξετάστηκαν είναι

- Διαδικασία Παραγωγής (Ενέργεια, Κόστος)
- Ανακυκλωσιμότητα και Επαναχρησιμοποίηση Υλικών
- Επιβάρυνση Περιβάλλοντος
- Κόστος Κατασκευής κατοικίας με κύριο δομικό υλικό ένα εκ των τριών

Από τα έως τώρα αποτελέσματα προέκυψε πως η χρήση δομικής ξυλείας στη κατασκευή δομικών έργων με ρόλο κύριου υλικού παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα δύο δομικά υλικά.

- Μειωμένος Χρόνος Κατασκευής
- Μειωμένος Κόστος Μεταφοράς και Κατασκευής
- Μειωμένες Εκπομπές Άνθρακα σε όλο το κύκλο ζωής
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης σε ποσοστά που αγγίζουν το 100%
- Μέτα το πέρας του σταδίου της επαναχρησιμοποίησης το ξύλο ανακυκλώνεται Σχετικά με την Αειφόρο Ανάπτυξη
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση της Κατασκευής
- Αντισεισμική Προστασία
- Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας

Η αειφόρος ανάπτυξη στον τομέα των κατασκευών (sustainable construction) συμπεριλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος θεμάτων όπως η επαναχρησιμοποίηση της ακίνητης περιουσίας, ο σχεδιασμός έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η φύρα και τα απορρίμματα των υλικών, η μείωση της ανάλωσης πόρων και ενέργειας, η μείωση



της μόλυνσης και ο σεβασμός προς τον άνθρωπο και το τοπικό περιβάλλον. Η πρόκληση πλέον για τον κλάδο των κατασκευών είναι η μετάβαση σε στρατηγικές, κοινωνικά και περιβαλλοντικά υπεύθυνες, διατηρώντας συγχρόνως την οικονομική πρόοδο. Τα συμβατικά κτίρια, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας για την κατασκευή τους και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, έχουν σημαντική επιρροή στο μέλλον μας.

Τα δομικά υλικά χάλυβας και τσιμέντο χαρακτηρίζονται ως μη ανανεώσιμα, ενώ το ξύλο έχει την ιδιότητα ανανέωσης σε μεγάλο βάθος χρόνου. Για τη διατήρηση των αποθεμάτων θα πρέπει

- η μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων, ιδιαίτερα των μη ανανεώσιμων
- η μείωση των απωλειών υλικών κατά τη διάρκεια της παραγωγής, της κατασκευής και κατά τη διάρκεια ζωής των κτιρίων
- η επανάχρηση των υλικών μετά από κατεδαφίσεις
- η ανακύκλωση των υλικών

Όσον αφορά τα αποθέματα των πετρωμάτων (πρώτη ύλη για την κατασκευή σκυροδέματος) δεν υπάρχει οξύ πρόβλημα εξάντλησης, παρόλο ότι για ορισμένα από αυτά παρατηρείται αξιοσημείωτη μείωση π.χ. για τα ασβεστολιθικά πετρώματα που αποτελούν το 80% της μάζας του σκυροδέματος. Υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στην κλίμακα του τοπικού περιβάλλοντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό τον όρο ότι η εξόρυξή τους δεν προκαλεί αισθητική υποβάθμιση.

Όσον αφορά τα αποθέματα μεταλλευμάτων, το πρόβλημα είναι οξύ. Για τουλάχιστον 18 από τα 80 μέταλλα υπάρχει ένα μάλλον σημαντικό πρόβλημα αποθεμάτων ακόμη και αν ληφθούν υπόψη οι δυνατότητες ανακύκλωσής τους. Ορισμένα από αυτά πρέπει να χαρακτηριστούν ως προστατευμένοι πόροι, επειδή ενώ παίζουν καίριο και αναντικατάστατο ρόλο σε σημαντικούς βιομηχανικούς τομείς, τα αποθέματά τους εξαντλούνται με ταχύτατους ρυθμούς.

Σχετικά με την ξυλεία τα τελευταία 80 χρόνια βελτιωμένης δασικής διαχείρισης, οι πολιτειακοί κανονισμοί μαζί με τη μεγαλύτερη κατανόηση της επιστήμης της δασοκομίας και την επιθυμία της κοινωνίας για την προφύλαξη και διατήρηση των δασών είχαν ως αποτέλεσμα μια δραματική ανάκαμψη και ανανέωση των πόρων σκληρής ξυλείας.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Garbarino E.** “Stato dell’arte e risultati di una ricerca sperimentale inerente la valorizzazione e l’impiego nella produzione di calcestruzzo di aggregati riciclati derivanti da rifiuti da costruzione e demolizione”. [Βιβλίο]. - Politecnico di Torino : [s.n.], 2005.
2. **International Labour office (ILO)** Encyclopedia of occupational health and safety [Βιβλίο]. - [s.l.] : 4th edition, Geneva, , 1998.
3. **Komnitsas K. K** Effect of synthesis parameters on the quality of construction and demolition wastes (CDW) geopolymers [Βιβλίο]. - Chania : journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apt](http://www.elsevier.com/locate/apt), 2014.
4. **Life Πρόγραμμα** Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο [Βιβλίο]. - 2006.
5. **Platform European Construction Technology** Vision 2030 & Strategic Research Agenda – Focus Area Materials [Εργασία]. - 2005.
6. **A. Αντωνόπουλος** Αδρανή Υλικά [Εργασία]. - [s.l.] : Ε.Μ.Π. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
7. Αειφόρος Σκληρή Ξυλεία Αμερικής [Ηλεκτρονικό] // [www.alphatimber.gr](http://www.alphatimber.gr).
8. **Αναστασίου & Παπαγιάννης Α** Κανονιστικό Πλαίσιο για τη χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων χαλυβουργίας ως αδρανών για την παρασκευή σκυροδέματος [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : ΑΠΘ, 2005.
9. **Γ. Ανδρεάδη Π. Παπαιωάννου** Ασφάλεια Εργαζομένου. [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Ιων, 2002.

10. **Γκαλμπένης Χ. Γ** Υποκατάσταση Φαρίνας Τσιμέντου απο Ανακυκλωμένα Υλικά Κατεδάφισης Κτιρίων [Βιβλίο]. - Αθήνα : Ε.Μ.Π., 2011.
11. **Γυπάκης Δρ Αντώνιος** Οδηγός Εφαρμογής EMAS [Βιβλίο]. - [s.l.] : Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, Ιούνιος 2006.
12. **Γυπάκης Δρ.Αντώνιος** Κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου [Ηλεκτρονικό] // [www.emaskorinthia.gr](http://www.emaskorinthia.gr). - Unique.Com.
13. **Δ. Καλλιάνης Γ. Μαθιουδάκης** Νομοθεσία – Νομολογία – Ευρωπαϊκές Οδηγίες σε σχέση με την ποιότητα – Ο ρόλος των Μηχανικών [Εργασία]. - [s.l.] : TEE, 2008.
14. **Δημούδη Α.** Οικοδομικά υλικά [Βιβλίο]. - Ξάνθη : [s.n.], 2006.
15. **Κ. Χρυσομαλλίδου Ν. Θεοδοσίου Θ. Τσικαλουδάκ** Αειφόρος Ανάπτυξη Ελεύθερων Χώρων σε Αστικό Περιβάλλον [Βιβλίο]. - [s.l.] : Α.Π.Θ..
16. Κατεδάφιση και Ανακύκλωση [Ηλεκτρονικό] // [www.staywithclay.com](http://www.staywithclay.com).
17. **Κούκης & Σαμπατακάκης Κ** Γεωλογία Τεχνικών Έργων [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 2007.
18. **Λάζαρη Ε.** Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής [Βιβλίο]. - Αθήνα : ΚΑΠΕ , 2002.
19. **Μαντζόρος Ν.** Steel Constructions [Ηλεκτρονικό] // [www.steel-structures.eu](http://www.steel-structures.eu).
20. **Νικολαΐδης Αθ. Φ.** Οδοποιία , οδοστρώματα – υλικά, έλεγχος ποιότητας [Εργασία].
21. **Νικολουτσόπουλος Ν. Ν** Εφαρμογή γεωπολυμερισμού για την αξιοποίηση της υπτάμενης τέφρας στην τεχνολογία σκυροδέματος. [Βιβλίο]. - Αθήνα : ΕΜΠ Εργαστήριο Ανόργανης & Αναλυτικής Χημείας, 2013.

22. **Σιούτα Ν. Γιαννακούλης Α.** Περιβάλλον, Κατασκευή, ΣΠΔ και Βιώσιμη Κατασκευή, Πρώτη Εφαρμογή του EMAS στην Κατασκευή της Ελλάδας [Βιβλίο]. - [s.l.] : ΑΚΤΩΡ, 2010.

23. **Τουμπανιάρη Σοφία** Αστικό Παρατηρητήριο στη περιοχή των Μεγάρων [Βιβλίο]. - Πειραιάς : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, 2011.

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Σύγχρονο εργοστάσιο παρασκευής τσιμέντου, Σιάτλ, ΗΠΑ .....	10
Εικόνα 2 Σκυροδέτηση πλάκας οικοδομής.....	11
Εικόνα 3 Ισοζύγιο πρώτων υλών και προϊόντων στην παραγωγή 1 kg τσιμέντου.....	12
Εικόνα 4 Η μορφολογία της περιοχής έχει επηρεαστεί σημαντικά. Λατομεία Σταμέλου.....	13
Εικόνα 5 Το πράσινο κτίριο της Κηφισίας (1970).....	14
Εικόνα 6 Πλατεία Συντάγματος (1976) .....	15
Εικόνα 7 Το Hilton (1978).....	15
Εικόνα 8 Ο σταθμός του ηλεκτρικού σιδηρόδρομου στο Μαρούσι (1980) .....	16
Εικόνα 9 Συλλογή αδρανών φυσικής προέλευσης σε λατομείο .....	20
Εικόνα 10 Στιγμιότυπο από εργασίες σε εργοστάσιο ανακύκλωσης αποβλήτων που προέρχονται από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις .....	21
Εικόνα 11 Σορός ιπτάμενης τέφρας σε ατμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ.....	22
Εικόνα 13 Διάκριση των αδρανών, χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος.....	24
Εικόνα 12 Χαλίκι και γαρμπίλι.....	24
Εικόνα 14 Χρήση αδρανών σε μέσα σταθερής τροχιάς .....	31
Εικόνα 15 Χρήση κυβόλιθων για την κατασκευή πεζόδρομου .....	34
Εικόνα 16 Η λεπτή εξωτερική επιφάνεια του αγάλματος της Ελευθερίας στο λιμάνι της Νέας Υόρκης στις ΗΠΑ ενισχύεται από μια κατασκευή δικτυωμάτων <a href="http://www.diaforetiko.gr/gnorizate-pos-to-agalma-tis-eleftherias-ine-empnefsmeno-apo-ton-kolosso-tis-rodou-i-alithini-istoria-tou/">http://www.diaforetiko.gr/gnorizate-pos-to-agalma-tis-eleftherias-ine-empnefsmeno-apo-ton-kolosso-tis-rodou-i-alithini-istoria-tou/</a> .....	38
<b>Εικόνα 17</b> Ο Πύργος του Άιφελ <a href="http://publicdomainarchive.com/public-domain-images-eiffel-tower-construction-from-1889-worlds-fair/">http://publicdomainarchive.com/public-domain-images-eiffel-tower-construction-from-1889-worlds-fair/</a> .....	39
Εικόνα 18 Η Αθήνα (1930).....	40
<b>Εικόνα</b> <b>19</b> <b>Η</b> <b>Αθήνα</b> <b>(1976)</b> <a href="https://www.flickr.com/photos/grecethroughtime/5624051756">https://www.flickr.com/photos/grecethroughtime/5624051756</a> .....	40
<b>Εικόνα 20</b> Εμπνευσμένη από το μοντέλο του αρχαίου Ελληνικού χώρου συνάθροισης, η Αγορά είναι μία θολωτή κατασκευή, που αποτελείται από επαναλαμβανόμενα στοιχεία από ελαφρό σίδηρο, που αναπτύσσεται σε καμπύλη κατά μήκος του βόρειου άκρου του Περιβάλλοντος Χώρου, του Ολυμπιακού Σταδίου	

<a href="http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/23/pol_00386.pdf?sequence=1">http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/23/pol_00386.pdf?sequence=1</a> .....	41
Εικόνα 21 Παραγωγή αδρανών υλικών στην Ευρώπη το 2008.....	58
Εικόνα 22 Παγκόσμιες ανάγκες σε σκυρόδεμα.....	63
Εικόνα 23 Στάδια παραγωγής τσιμέντου.....	69
Εικόνα 24 Στάδια παραγωγής χάλυβα .....	71
Εικόνα 25 Σιδηρομετάλλευμα .....	72
Εικόνα 26 Κλίβανος ηλεκτρικού τόξου.....	72
Εικόνα 27 Περιέλιξη Ελάσματος εν Θερμώ.....	72
Εικόνα 28 Τελικό στάδιο θερμής έλασης διατομής I .....	72
Εικόνα 29 Κλίβανος Οξυγόνου .....	73
Εικόνα 30 Γραμμή παραγωγής επιμήκων προϊόντων.....	73
Εικόνα 31 Διαμόρφωση χαλυβδόφυλλων για σύμμικτες πλάκες.....	73
Εικόνα 32 Διαμόρφωση πανέλων επικάλυψης.....	73
Εικόνα 33 Διαμόρφωση ελάσματος.....	74
Εικόνα 34 Διαμόρφωση γωνιάς εν ψυχρώ.....	74
Εικόνα 35 Χοντρότοιχα ελάσματα .....	74
Εικόνα 36 Λεπτότοιχα ελάσματα .....	74
Εικόνα 37 Τα στρώματα του κορμού ενός δέντρου .....	75

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Μέθοδοι ελέγχου αδρανών υλικών .....	17
<b>Πίνακας 2</b> Κυριότερα Πρότυπα Συγκολλητικών Ξύλινων Κατασκευών .....	50
<b>Πίνακας 3</b> Κυριότερα Πρότυπα για τις Συντηρητικές Ουσίες του Ξύλου.....	51
Πίνακας 4 Συγκριτικό διάγραμμα παραγωγής διαφόρων ποιοτήτων ξυλείας.....	52
Πίνακας 5 Αποθέματα ξυλείας σε παγκόσμια κλίμακα.....	53
<b>Πίνακας 6</b> Σύγκριση της παραγωγής αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις με την παραγωγή φυσικών και ανακυκλωμένων αδρανών (2008, σε εκατ. τόνους)...	58
<b>Πίνακας 7</b> Μέσος όρος κατανάλωσης αδρανών υλικών σε κύριες εφαρμογές .....	61
Πίνακας 8 Ποσότητες παγκόσμιας παραγωγής δομικών υλικών .....	65
Πίνακας 9 Στάδια παραγωγής ξυλείας.....	76
Πίνακας 10 Σύγκριση των κύριων δομικών υλικών .....	79
<b>Πίνακας 11 :</b> Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα. ....	83
<b>Πίνακας 12 :</b> Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα στον ελλαδικό χώρο.....	83