

# Υλικά Σκυροδέματος Οδοστρωμάτων – Δαπέδων: Αδρανή

Ελ. Αναστασίου  
Πολιτικός Μηχανικός MSc

ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

**ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

**ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ**

Εργαστήριο Δομικών Υλικών Α.Π.Θ.

4-8 Δεκεμβρίου, 2006



# Το Κανονιστικό Πλαίσιο

## Σκοπός:

- Ασφάλεια κατασκευών
- Αποφυγή αστοχιών
- Προώθηση δομικών υλικών
- Ειδικές απαιτήσεις / έλεγχοι ανάλογα με τη φύση των υλικών
- Εναρμόνιση με τις συνθήκες της αγοράς



# Κανονισμοί και οδηγίες σχετικά με οδοστρώματα από σκυρόδεμα

- EN 13877: Concrete Pavements
- AASHTO: Guide for design of pavement structures
- TM 5-822-7/AFM 88-6: Standard practice for concrete pavements
- BS 4987: Coated macadam (asphalt concrete) for roads and other paved areas. Specifications for constituent materials and mixtures.
- ΠΕΤΕΠ 05-03-07-00: Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα οδοστρωμάτων



# Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών

- EN 12620: Αδρανή για σκυρόδεμα
- EN 13242: Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction
- EN 13043: Αδρανή για ασφαλτομίγματα οδοστρωμάτων
- ASTM C33: Concrete Aggregates
- ΕΛΟΤ 408: Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα
- BS 63: Road aggregates



# Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών

- EN 932: Δειγματοληψία για γενικό έλεγχο ιδιοτήτων αδρανών
- EN 933: Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων αδρανών
- EN 1097: Δοκιμές μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων αδρανών
- EN 1744: Δοκιμές για τον προσδιορισμό των χημικών ιδιοτήτων των αδρανών
- EN 1367: Δοκιμές έναντι καιρικών και θερμικών μεταβολών των αδρανών
- ΕΛΟΤ 747: Έλεγχος φυσικών λίθων και αδρανών υλικών



# Γενικές απαιτήσεις αδρανών κατά EN 12620 και EN 13242

Ως αδρανή ορίζονται:

«τα κοκκώδη υλικά που προκύπτουν από την επεξεργασία φυσικών ή βιομηχανικά παρασκευασμένων ή και ανακυκλωμένων υλικών που έχουν ξηρή πυκνότητα μεγαλύτερη από  $2,0 \text{ kg/m}^3$ »

και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σκυρόδεμα συνήθων κατασκευών που εμπίπτουν στο πρότυπο EN 206-1



# Ειδικές απαιτήσεις αδρανών κατά EN 12620 και EN 13242

---

- Κοκκομετρία
- Μορφολογικά χαρακτηριστικά
- Φυσικές ιδιότητες
- Χημικές ιδιότητες
- Απαιτήσεις ανθεκτικότητας



# Κοκκομετρικές απαιτήσεις

## ■ Κατάταξη αδρανών σε κατηγορίες κατά EN 13242

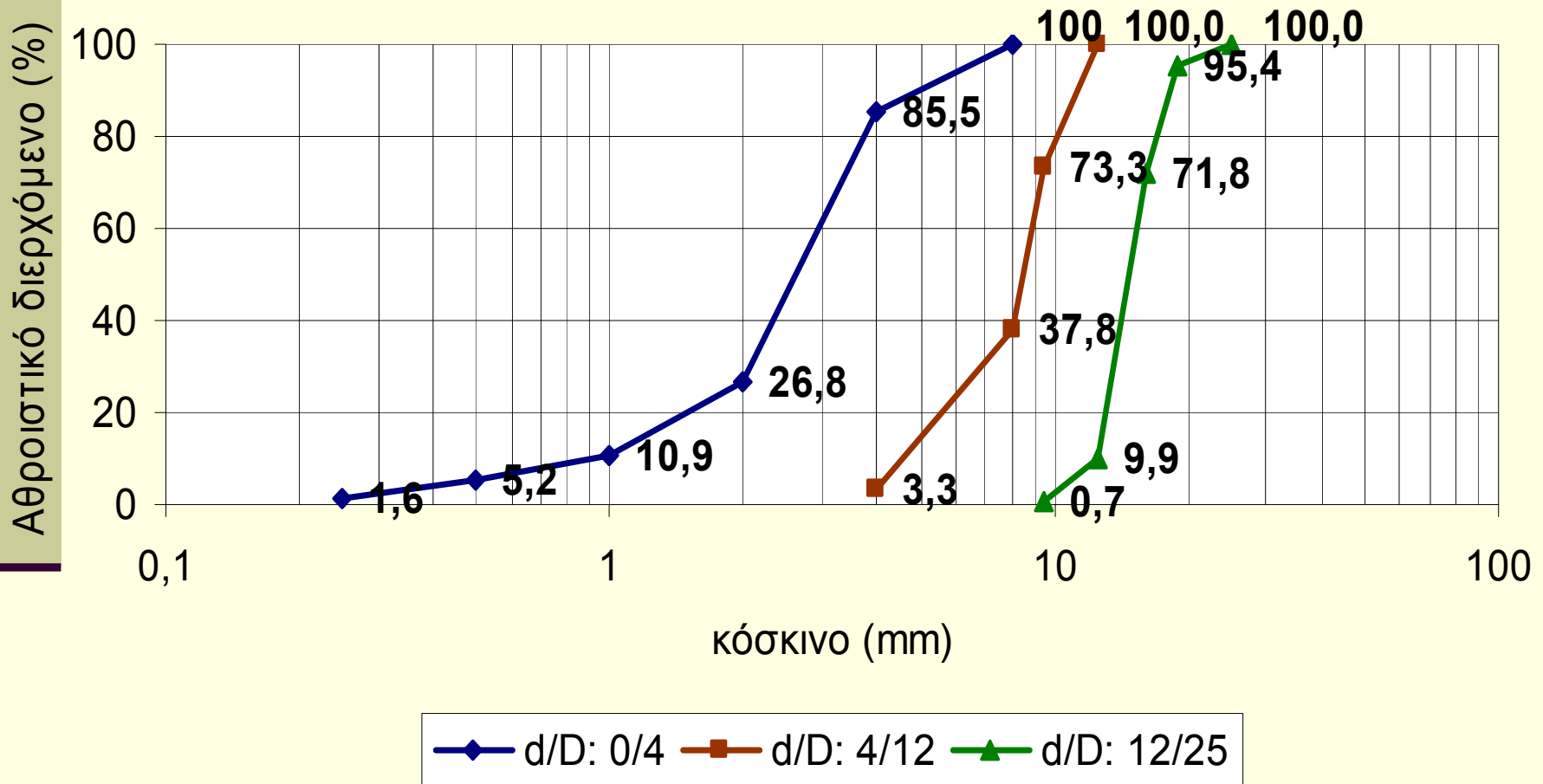
Aggregate	Size mm	Percentage passing by mass					Category G
		$2 D^a$	$1,4 D^{b c}$	$D^d$	$d^{c e}$	$d/2^{b c}$	
Coarse	$d \geq 1$	100	98 to 100	85 to 99	0 to 15	0 to 5	$G_C 85-15$
	and $D > 2$	100	98 to 100	80 to 99	0 to 20	0 to 5	$G_C 80-20$
Fine	$d = 0$	100	98 to 100	85 to 99	–	–	$G_F 85$
	and $D \leq 6,3$	100	98 to 100	80 to 99	–	–	$G_F 80$
All-in	$d = 0$	–	100	85 to 99	–	–	$G_A 85$
		100	98 to 100	80 to 99	–	–	$G_A 80$
	and $D > 6,3$	100	–	75 to 99	–	–	$G_A 75$





# Κοκκομετρικές απαιτήσεις

■ Κατάταξη αδρανών σε κατηγορίες των κανονισμών



# Κοκκομετρικές απαιτήσεις

- Κατάταξη αδρανών ανάλογα με την περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα

Aggregate	Mass fraction of passing 0,063 mm sieve, %	Category <i>f</i>
Coarse	$\leq 2$	$f_2$
	$\leq 4$	$f_4$
	$> 4$	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$
Fine	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 7$	$f_7$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$
All-in	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 5$	$f_5$
	$\leq 7$	$f_7$
	$\leq 9$	$f_9$
	$\leq 12$	$f_{12}$
	$\leq 15$	$f_{15}$
	$> 15$	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$



# Μορφολογικά χαρακτηριστικά

- Κατάταξη αδρανών ανάλογα με το δείκτη πλακοειδούς

Flakiness index	Category $FI$
$\leq 20$ $\leq 35$ $\leq 50$ $> 50$	$FI_{20}$ $FI_{35}$ $FI_{50}$ $FI_{Declared}$
No requirement	$FI_{NR}$



# Μορφολογικά χαρακτηριστικά

- Κατάταξη αδρανών ανάλογα με το ποσοστό θραυστών και στρογγυλεμένων κόκκων

Mass fraction of crushed or broken particles %	Mass fraction of totally rounded particles %	Category $C$
90 to 100	0 to 3	$C_{90/3}$
50 to 100	0 to 10	$C_{50/10}$
50 to 100	0 to 30	$C_{50/30}$
-	0 to 50	$C_{NR/50}$
-	0 to 70	$C_{NR/70}$
Declared value	Declared value	$C_{Declared}$
No requirement	No requirement	$C_{NR}$



# Φυσικά χαρακτηριστικά

## ■ Αντοχή σε τριβή και κρούση

### α) Αντοχή κατά Los Angeles

Los Angeles coefficient	Category <i>LA</i>
≤ 15	<i>LA</i> <sub>15</sub>
≤ 20	<i>LA</i> <sub>20</sub>
≤ 25	<i>LA</i> <sub>25</sub>
≤ 30	<i>LA</i> <sub>30</sub>
≤ 35	<i>LA</i> <sub>35</sub>
≤ 40	<i>LA</i> <sub>40</sub>
≤ 50	<i>LA</i> <sub>50</sub>
> 50	<i>LA</i> <sub>Declared</sub>
No requirement	<i>LA</i> <sub>NR</sub>

Polished stone value	Category <i>PSV</i>
≥ 68	<i>PSV</i> <sub>68</sub>
≥ 62	<i>PSV</i> <sub>62</sub>
≥ 56	<i>PSV</i> <sub>56</sub>
≥ 50	<i>PSV</i> <sub>50</sub>
≥ 44	<i>PSV</i> <sub>44</sub>
Intermediate values and those < 44	<i>PSV</i> <sub>Declared</sub>
No requirement	<i>PSV</i> <sub>NR</sub>

Aggregate abrasion value	Category <i>AAV</i>
≤ 10	<i>AAV</i> <sub>10</sub>
≤ 15	<i>AAV</i> <sub>15</sub>
≤ 20	<i>AAV</i> <sub>20</sub>
Intermediate values and those > 20	<i>AAV</i> <sub>Declared</sub>
No requirement	<i>AAV</i> <sub>NR</sub>

β) Αντοχή σε στίλβωση (PPV)

γ) Αντοχή σε απότριψη (AAV)



# Φυσικά χαρακτηριστικά

## ■ Αντοχή σε φθορά (micro-Deval)

micro-Deval coefficient	Category $M_{DE}$
$\leq 10$	$M_{DE}10$
$\leq 15$	$M_{DE}15$
$\leq 20$	$M_{DE}20$
$\leq 25$	$M_{DE}25$
$\leq 35$	$M_{DE}35$
$> 35$	$M_{DE}Declared$
No requirement	$M_{DE}NR$

## ■ Πρόσθετοι έλεγχοι φυσικών χαρακτηριστικών:

- Πυκνότητα
- Υδαταπορροφητικότητα



# Χημικά χαρακτηριστικά

- Περιεκτικότητα σε θειικά διαλυτά σε οξέα και σε συνολική περιεκτικότητα σε θείο

Aggregate	Acid soluble sulfate content %	Category AS	Aggregate	Total sulfur content %	Category S
Aggregates other than air-cooled blastfurnace slag	≤ 0,2	AS <sub>0,2</sub>	Aggregates other than air-cooled blastfurnace slag	≤ 1	S <sub>1</sub>
	≤ 0,8	AS <sub>0,8</sub>		> 1	S <sub>Declared</sub>
	> 0,8	AS <sub>Declared</sub>		No requirement	S <sub>NR</sub>
	No requirement	AS <sub>NR</sub>	Air-cooled blastfurnace slag	≤ 2	S <sub>2</sub>
Air-cooled blastfurnace slag	≤ 1,0	AS <sub>1,0</sub>		> 2	S <sub>Declared</sub>
	> 1,0	AS <sub>Declared</sub>		No requirement	S <sub>NR</sub>
	No requirement	AS <sub>NR</sub>			

- Δεν πρέπει να περιέχονται ουσίες που να επηρεάζουν το χρόνο πήξης και σκλήρυνσης και την τελικά αντοχή ώστε:
  - α) να αυξάνεται ο χρόνος πήξης περισσότερο από 120 λεπτά
  - β) να μειώνονται οι αντοχές περισσότερο από 20% στις 28 ημέρες



# Απαιτήσεις ανθεκτικότητας

## ■ Αντοχή σε ψύξη-απόψυξη

Freeze-thaw Percentage loss of mass <sup>a</sup>	Category $F$
$\leq 1$	$F_1$
$\leq 2$	$F_2$
$\leq 4$	$F_4$
$> 4$	$F_{\text{Declared}}$
No requirement	$F_{\text{NR}}$

<sup>a</sup> In extreme situations of cold weather and/or salt or de-icing salt saturation, then tests using a salt solution or urea as detailed in EN 1367-1:1999, annex B, may be more appropriate. The limits in this table would not apply.

## ■ Πρόσθετοι έλεγχοι ανθεκτικότητας:

- Έλεγχος θειικού μαγνησίου
- Σταθερότητα όγκου – συστολή ξήρανσης
- Αλκαλιοπυριτική αντίδραση





# Απαιτήσεις ανθεκτικότητας

## ■ Έλεγχος υδαταπορροφητικότητας

Water absorption Percentage by mass  %	Category $WA_{24}$
$\leq 1$	$WA_{24} 1$
$\leq 2$	$WA_{24} 2$

NOTE The water absorption test as a screening test is not applicable for blastfurnace slag.

- Σύμφωνα με τον EN 13242 αν ένα αδρανές έχει υδαταπορροφητικότητα  $< 0,5\%$  θεωρείται ανθεκτικό σε ψύξη-απόψυξη



# Δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών αδρανών

- Διαθεσιμότητα
- Συνθήκες αγοράς
- Κυβερνητική πολιτική
- Εκπλήρωση απαιτήσεων κανονισμών
- Εκπλήρωση ειδικών απαιτήσεων κανονισμών (αντιολισθηρότητα, μεγάλο ειδικό βάρος κτλ.)
- Παραδείγματα:
  - Ανακυκλωμένο σκυρόδεμα
  - Αδρανή σκωρίας
  - Γυαλί



# Ανακυκλωμένο σκυρόδεμα

- Ομοιογένεια
- Απομάκρυνση οπλισμών
- Έλεγχος παιπάλης
- Χρήση σε συνδυασμό με συμβατικά αδρανή (φυσική άμμος)
- Φθηνή πρώτη ύλη



# Σκωρία υψικαμίνων

- Διαφορετικό προϊόν ανάλογα με το εργοστάσιο και τις συνθήκες παραγωγής
- Μεγάλο ειδικό βάρος
- Μεγάλη υδαταπορροφητικότητα
- Μεγάλη σκληρότητα-ανθεκτικότητα
- Αντιολισθηρότητα
- Έλεγχος περιεκτικότητας σε ανεπιθύμητες ουσίες
- Έλεγχος αλκαλιοπυριτικής αντίδρασης



# Το περιβαλλοντικό όφελος

---

- Η χρήση των πρόσθετων υλικών μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και την έκλυση CO<sub>2</sub> όταν αντικαθιστά τσιμέντο (Συνθήκη του Κυότο, Ευρωπαϊκές οδηγίες)
- Δίνει χρήση σε βιομηχανικά απορρίμματα που εναποτίθενται στο περιβάλλον
- Με κατάλληλη εφαρμογή μπορούν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα των κατασκευών στο χρόνο, άρα μειώνουν το κόστος μελλοντικών επισκευών ή ανακατασκευών

# Υλικά που συνεργάζονται με το σκυρόδεμα

---

- Ανόργανα υλικά που διακρίνονται σε ποζολανικές και υδραυλικές κονίες, αναφέρονται και ως πρόσθετα
- Χρησιμοποιούνται με μερική αντικατάσταση (συνήθως κατά βάρος) του τσιμέντου
- Επίσης χρησιμοποιούνται με συνάλεση στο κλίνκερ του τσιμέντου (σύνθετα τσιμέντα)
- Μπορούν να βελτιώσουν την αντοχή, την εργασιμότητα και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος
- Γενικά είναι φθηνότερα από το τσιμέντο