



Δομικά Υλικά Ι

Ενότητα 2: Πετρώματα- φυσικοί λίθοι- μάρμαρα-αδρανή υλικά

Ιωάννα Παπαγιάννη, Νικόλαος Οικονόμου, Μαρία Στεφανίδου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

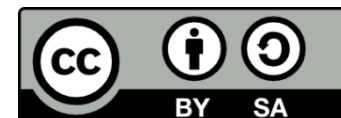


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

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



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Περιεχόμενα ενότητας

1. Πετρώματα (δημιουργία-κατηγορίες- βασικά χαρακτηριστικά).
2. Φυσικοί λίθοι (είδη, ιδιότητες, έλεγχοι).
3. Μάρμαρα (χαρακτηριστικά-ιδιότητες).
4. Αδρανή υλικά (παραγωγή, δειγματοληψία, έλεγχοι, ιδιότητες).



Σκοποί ενότητας

Γνωριμία με:

- τα πετρώματα,
- τους φυσικούς λίθους και
- τα αδρανή υλικά.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Πετρώματα

Κατηγορίες πετρωμάτων

Τα πετρώματα αποτελούν φυσικά συμπαγή υλικά ενός ή περισσότερων ορυκτών, που συνδέονται μεταξύ τους.

Βασικές κατηγορίες πετρωμάτων είναι: α) Τα **πυριγενή**, β) Τα **ιζηματογενή** και γ) τα **μεταμορφωμένα**.

- Τα **Πυριγενή** πετρώματα δημιουργούνται από τη στερεοποίηση του μίγματος, δηλαδή της διάπυρης μάζας που βρίσκεται σε τετηγμένη κατάσταση στο εσωτερικό της γης. Τα πυριγενή πετρώματα είναι κατά κανόνα στερεά, ανθεκτικά και κατάλληλα για τεχνικά έργα.
- Τα **Ιζηματογενή** πετρώματα σχηματίζονται με τη μεταφορά και απόθεση υλικών προϋπαρχόντων πετρωμάτων με την ενέργεια κυρίως του νερού και δευτερεύοντος του αέρα.
- Τα **Μεταμορφωμένα** πετρώματα δημιουργούνται από την επανακρυστάλλωση ή μεταμόρφωση πυριγενών ή ιζηματογενών πετρωμάτων.



Βασικά χαρακτηριστικά ενδεικτικών πετρωμάτων

Μέσες τιμές βασικών χαρακτηριστικών κυριότερων πετρωμάτων.

Πέτρωμα	Πυκνότητα (kg/m ³)	Υδαταπορροφητικότητα (% κ.β.)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Ανθεκτικότητα σε διάρκεια
<i>Πυριγενή</i>				
Γρανίτης	2650	0.3	150	Καλή
Σηνήτης	2740	0.4	180	Καλή
Διορίτης, Γάββρος	2900	0.3	230	Καλή
Πορφυρίτης	2700	0.5	250	Καλή
Βασάλτης	3000	0.2	320	Καλή
Βασαλική λάβα	2250	7.0	100	Καλή
Διαβάσης	2850	0.2	210	Καλή
<i>Ιζηματογενή</i>				
Ασβεστόλιθος	2650	0.9	100	Μέτρια
Δολομίτης	2700	1.1	140	Μέτρια
Αργιλ. σχιστόλιθος	2750	0.5	150	Πτωχή
Κροκαλοπαγή	2700	1.2	70	Μέτρια
Ψαμμίτης	2600	2.0	100	Μέτρια
<i>Μεταμορφωσιγενή</i>				
Γνεύσιος	2750	0.3	220	Καλή
Σχίστης	2850	0.4	200	Καλή
Κρυστ. σχιστόλιθος	2750	0.5	280	Καλή
Χαλαζίτης	2700	0.3	210	Καλή
Μάρμαρα	2650	0.2	120	Καλή
Σερπεντίνης	2650	0.6	200	Μέτρια

Πηγή: BPR 1950, Wenderhorst 1975, Σίδερης 1984





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Φυσικοί λίθοι

Ιδιότητες/έλεγχοι φυσικών λίθων (1 από 2)

➤ ΔΟΜΗ (συμπαγής, ομοιογενής).

Ιστός (λεπτοκοκκώδης, μεσο-, χονδρο-).

➤ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑ.

➤ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ.

➤ ΑΝΤΟΧΕΣ.

- θλίψη : $\sigma = P/A$.

P: φορτίο, A: επιφάνεια.

- κάμψη : $\sigma = 1,5 P \cdot l / b \cdot h^2$

P: φορτίο, l: απόσταση μεταξύ στηριγμάτων, b: πάχος δοκιμίου, h: ύψος δοκιμίου.

➤ ΠΡΟΣΦΥΣΗ ΣΕ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ.

➤ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ.

Κλίμακα Mohs.

Los Angeles (τριβή και κρούση).

Deval (τριβή και κρούση).

Böhme (τριβή).

Δυσθραυστότητα.

➤ ΥΓΡΑΣΙΑ.

➤ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ.

➤ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ .

➤ ΤΡΙΧΟΕΙΔΕΣ.

➤ ΓΗΡΑΝΣΗ.



Ιδιότητες/έλεγχοι φυσικών λίθων (2 από 2)

ΥΓΡΑΣΙΑ (%)

$$(G_{\text{υγ}} - G_{\text{ξηρ}}) * 100 / G_{\text{ξηρ}}$$

$G_{\text{υγ}}$: βάρος λίθου με υγρασία.

$G_{\text{ξηρ}}$: βάρος λίθου μετά από ξήρανση στους 105°C.

ΥΔΡΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (%)

$$A = (G_1 - G_2) * 100 / G_2$$

G_1 : βάρος λίθου με κορεσμένη στεγνή επιφάνεια.

G_2 : βάρος λίθου μετά από ξήρανση στους 105°C.

ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ.

(1h, 1atm) (βάρος διερχόμενου νερού)

ΑΝΥΨΩΣΗ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ.



(Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ)



Σκληρότητα φυσικών λίθων

Η σκληρότητα των φυσικών λίθων προσδιορίζεται συνήθως με την κλίμακα του Mohs- διπλανός πίνακας-.

Η σκληρότητα ενδιαφέρει κυρίως από την άποψη της ευκολίας ή της δυσκολίας που παρουσιάζει ο λίθος στην κατεργασία του. Επίσης η σκληρότητα επηρεάζει και τις μηχανικές αντοχές όπως επίσης και την αντοχή σε φθορά που ενδιαφέρει τις πλάκες επιστρώσεως.

Κλίμακα Mohs	
10	Διαμάντι
9	Κουρούνδιο
8	Τοπάζιο
7	Χαλαζίας
6	Άστριος
5	Απατίτης
4	Φθορίτης
3	Ασβεστίτης
2	Γύψος
1	Τάλκης



Δοκιμές γήρανσης φυσικών λίθων (1 από 3)



Θάλαμος τεχνητής γήρανσης

(Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ)



Δοκιμές γήρανσης φυσικών λίθων (2 από 3)

Δοκιμή υγείας- ανθεκτικότητας

Τοποθέτηση δείγματος σε κορεσμένο διάλυμα $MgSO_4$ ή Na_2SO_4 για 16h στους $20-22^{\circ}C$ -----στράγγιση--ξηρανση στους $105-110^{\circ}C$ ----αφήνεται σε θερμοκρασία δωματίου και ολοκληρώνεται ο κύκλος. Επανάληψη κύκλου.

Μετά τη συμπλήρωση των απαιτητών κύκλων, υπολογίζεται η φθορά σε κάθε κλάσμα του δείγματος σύμφωνα με τον τύπο:

$$W=(W_0-W_1)*100/W_0$$

W:φθορά σε κάθε κλάσμα του δείγματος

W_0 : Αρχικό βάρος του δείγματος, συγκρατούμενο σε κάθε κόσκινο

W_1 : Αντίστοιχο βάρος μετά τη δοκιμή υγείας

Το άθροισμα των W όλων των κλασμάτων αποτελεί το μέτρο ανθεκτικότητας



Δοκιμές γήρανσης φυσικών λίθων (3 από 3)

Δοκιμή ψύξεως και ανατήξεως

Δείγμα σε νερό για 24h---- έπειτα σε θάλαμος ψύξης (στους -28 έως -30°C για 24h)----σε νερό στους 24-27°C για 30min(ανάτηξη)-
---- θάλαμος ψύξης (-28 έως -30°C για 24h) ----σε νερό στους 24-27°C για 30min(ανάτηξη)-----κοκ

$$W=(W_0-W_1)*100/W_0$$

W:φθορά σε κάθε κλάσμα του δείγματος

W₀: Αρχικό βάρος του δείγματος, συγκρατούμενο σε κάθε κόσκινο

W₁: Αντίστοιχο βάρος μετά τη δοκιμή υγείας



Καταστροφή φυσικών λίθων

- Παγετός.
- Θερμοκρασιακές μεταβολές.
- Οξυγόνο.
- Διοξείδιο του άνθρακα.
- Χλωριούχο νάτριο.
- Διοξείδιο του θείου.
- Καπνιά.
- Υγρασία-βροχή.



Προστασία- συντήρηση φυσικών λίθων

ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

1. Καθαρισμός.
2. Χημικά μέσα.
3. Μηχανικά μέσα.

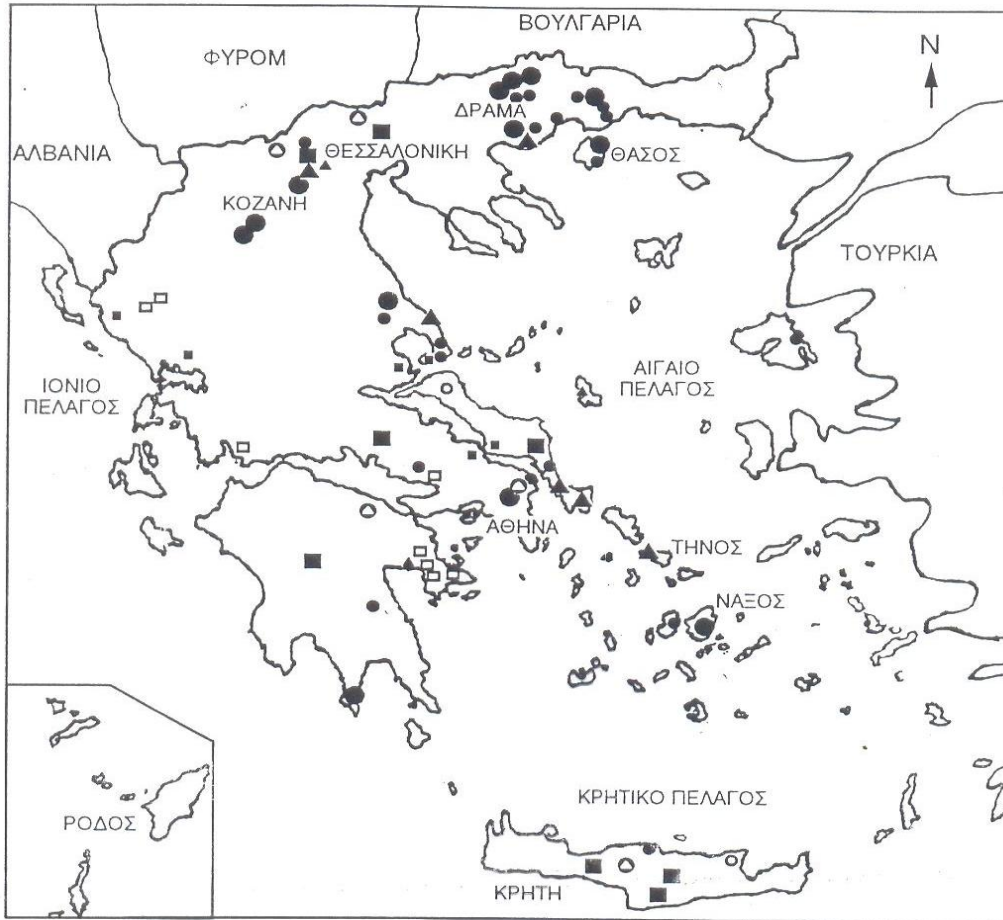




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Μάρμαρα

Μάρμαρα



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Λευκά μάρμαρα
 - Υπόλευκα-Ημίλευκα-Γκριζόλευκα μάρμαρα
 - Γκρί-Τεφρά-Μαύρα μάρμαρα
 - Μπέζ-Καστανά μάρμαρα
 - Ρόζ-Ερυθρά μάρμαρα

 - ▲ Πράσινα μάρμαρα
 - ▲ Πολύχρωμα μάρμαρα & σχιστόλιθοι

 - Τραβερτίνες & πωρόλιθοι
 - Όνυχες & αλάβαστρα
- 0 300Km

Μαρμαροφόρες περιοχές στην Ελλάδα Πηγή: ΙΓΜΕ 1995



Έλεγχος ιδιοτήτων μαρμάρων

Οι φυσικομηχανικές ιδιότητες του μαρμάρου που εξετάζονται εργαστηριακά είναι:

- α) Φαινόμενο ειδικό βάρος.
- β) Υδατοαπορρόφηση – συντελεστής εμποτισμού.
- γ) Μέτρο ελαστικότητας.
- δ) Αντοχή στη θλίψη ή θλιπτική αντοχή.
- ε) Αντοχή στον εφελκυσμό ή εφελκυστική αντοχή ή αντοχή σε κάμψη.
- στ) Αντοχή στη φθορά από τριβή
- ζ) Αντοχή στην κρούση.
- η) Μικροσκληρότητα Κνοορ.
- θ) Αντοχή στις θερμοκρασιακές μεταβολές.
- ι) Αντοχή στους ατμοσφαιρικούς ρύπους.
- κ) Σταθερότητα χρώματος.
- λ) Ορυκτολογική σύσταση και πετρογραφικός τύπος.



Βασικά χαρακτηριστικά μαρμάρων

Τύπος μαρμάρου	Πυκνότητα (kg/m ³)	Υδαταπορρο- φητικότητα (% κ.β.)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Εφελκυστική αντοχή από κάμψη (MPa)	Αντοχή σε απότριψη (mm)
Πεντέλης λευκό	2710	0.06	109	26	4.33
Θάσου χιονόλευκο	2880	0.68	99	19	5.66
Άjax λευκό	2825	0.62	98	22	5.88
Βέροιας λευκό	2720	0.02	99	21	6.94
Τρανοβάλτου λευκό	2710	0.08	93	29	4.44
Ζάστενας λευκό	2740	0.12	112	32	4.79
Νάξου κρυστάλλινο	2710	0.13	108	25	4.81
Στενωπού λευκό	2710	0.07	95	15	7.97
Αγίας Μαρίνας ημίλευκο	2710	0.12	86	16	5.58
Καβάλας κρυστάλλινο	2730	0.05	73	13	6.96
Φαλακρού όρους ημίλ.	2650	0.06	97	18	5.84
Καναλίων ημίλευκο	2720	0.22	86	19	5.76
Πάρνωνος ημίλευκο	2720	0.06	98	28	6.45
Πάρου ημίλευκο	2770	0.14	91	18	6.14
Cipollino verde antico	2755	0.12	125	24	5.72
Πράσινο Τήνου imperiale	2670	0.48	128	34	3.21
Πράσινο Λάρισας	2800	0.41	113	24	2.50
Αλιβερίου γκρι	2715	0.10	95	17	2.94
Ιωαννίνων μπεζ σπέσιαλ	2685	0.29	154	38	3.00
Λυγουρίου μπεζ	2755	0.11	92	18	6.12
Μυκηνών	2710	0.12	96	14	4.25
Καρναζείκων	2710	0.26	98	14	3.22
Σκύρου	2720	0.14	83	14	5.12
Ερέτριας κόκκινο	2685	0.28	111	14	3.93
Rosso antico Μάνης	2710	0.13	128	32	7.47
Ερμιόνης κόκκινο-καφέ	2710	0.14	97	16	3.83
Τροιζηνίας καφέ	2700	0.30	92	14	4.35
Πτελεού ροζ	2630	0.06	121	32	7.12
Βυτίνας μαύρο	2800	0.06	94	19	3.76
Χίου καφέ	2720	0.08	105	23	3.78
Όνουχας Κρήτης	2700	0.09	73	18	6.68

Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες ελληνικών μαρμάρων.

Πηγή: Βιάζης, 1995



Προδιαγραφές μαρμάρων εξωτερικών χώρων κατά ΕΛΟΤ και ASTM

Ιδιότητες	Ε.Λ.Ο.Τ. 583	A.S.T.M. C 503-67
Υδαταπορρόφηση, max	0,5% ⁽¹⁾	0,75%
Ασβεστόλιθου, φαινόμενο βάρος min (φ.β. min)	2,60 gr/cm ³	2,60 gr/cm ³
Δολομίτη, φ.β. min	2,80 gr/cm ³	2,80 gr/cm ³
Σερπεντίνη, φ.β. min	2,70 gr/cm ³	2,70 gr/cm ³
Τραβερτίνη, φ.β. min	2,30 gr/cm ³	2,30 gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη, min	7500psi (510 kgr/cm ²)	530 gr/cm ³
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη, min	1000psi (68 kgr/cm ²)	71 kgr/cm ²

(1) Αν η υδαταπορρόφηση είναι μεγαλύτερη από 0,5% πρέπει να γίνει δοκιμή αντοχής του μαρμάρου στον παγετό.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

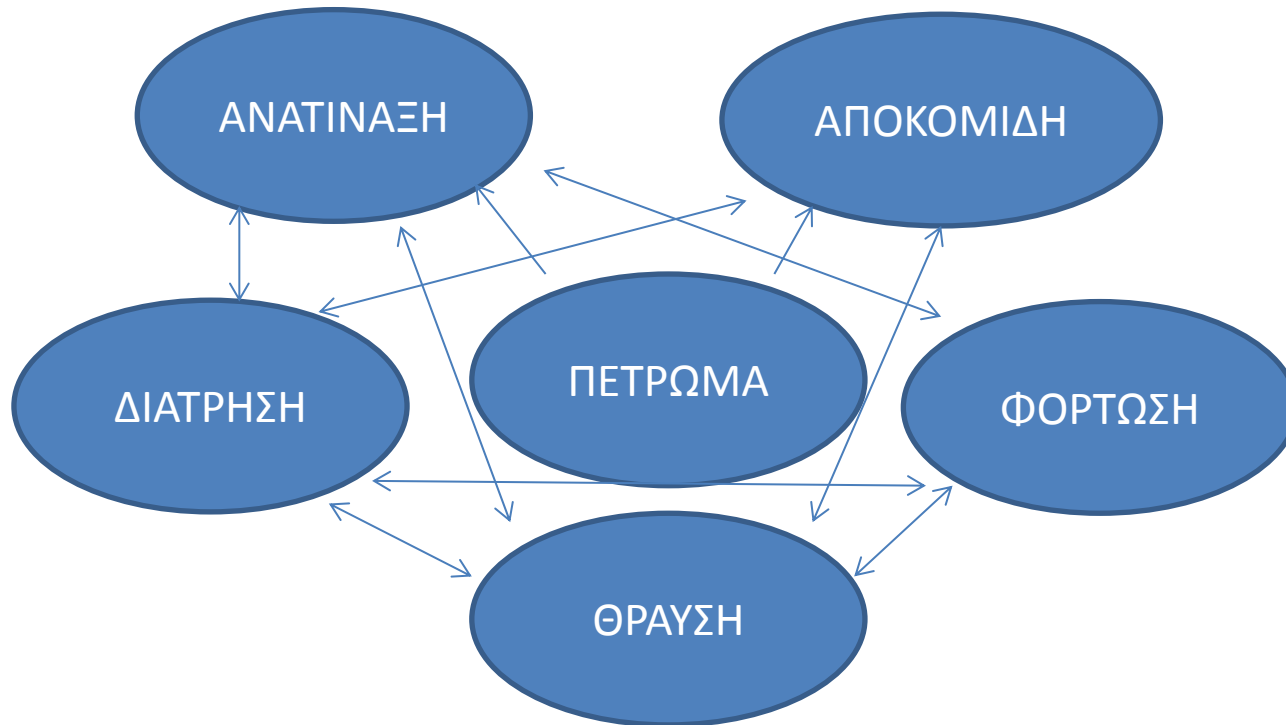
Αδρανή υλικά

Παραγωγή αδρανών υλικών

- **Φυσικά ορυχεία** (κοίτες ποταμών, χειμάρρων, λιμνών---φυσικά αδρανή).
- **Λατομεία** (παραγωγή θραυστών αδρανών).
- **Μηχανές θραύσης- θραυστήρες.**
 - ✓ Σιαγονοφόροι θραυστήρες.
 - ✓ Θραυστήρες τυμπάνων.
 - ✓ Θραυστήρες μετά σφύρων.
 - ✓ Αναπαλστικοί θραυστήρες.
 - ✓ Θραυστήρες μετά σφαιρών.



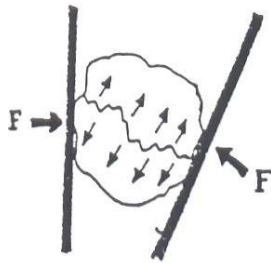
Εκμετάλλευση λατομείου



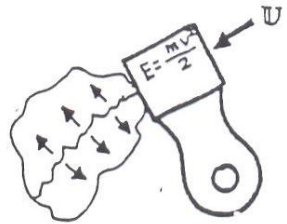
Σε μια γενική θεώρηση υπάρχει πλήθος εναλλακτικών συνδυασμών μεθόδων, υλικών και εξοπλισμού που μπορεί να εφαρμοστούν σ' ένα λατομείο.



Θραυστήρες



ΣΙΑΓΟΝΕΣ



ΣΦΥΡΙΑ



ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ

Ενδεικτικά είδη θραυστήρων.

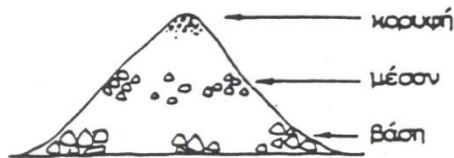


Δειγματοληψία αδρανών υλικών

Απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών υλικών κατά ΚΤΣ-97.

και η μέθοδος του τετραμερισμού

ASTMD75, AASHTO-T2.

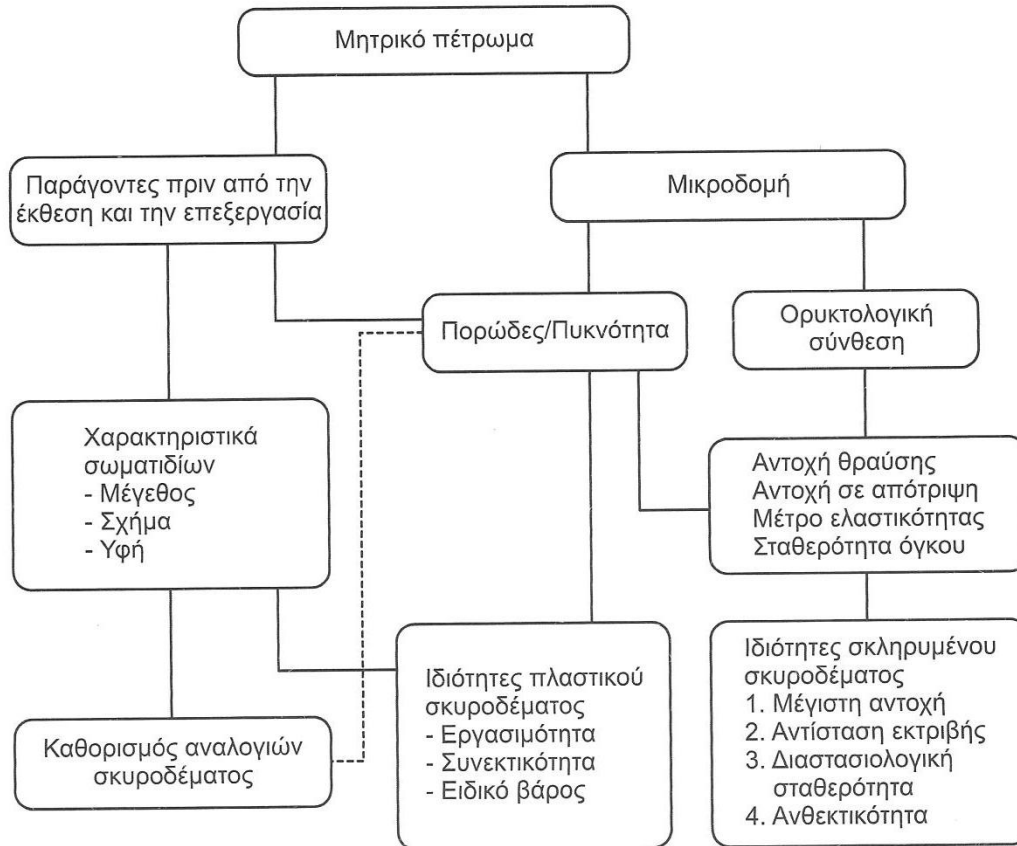


Μιά φτυαριά από κάθε θέση του σχήματος

Πίνακας 4.3.4.4 (ΚΤΣ97) Απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών

Δοκιμή	Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αδρανών σε kg		
	Άμμος	Γαρμπίλι	Σκύρα ή χαλίκια
Κοκκομετρική ανάλυση	20	30	40
Φαινόμενο βάρος			
Ισοδύναμο άμμου			
Αντοχή σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles		30	40
Αντοχή σε αποσάθρωση (υγεία)	10	20	30

Ιδιότητες αδρανών υλικών και ιδιότητες σκυροδέματος



Το διάγραμμα δείχνει πως η μικροδομή, πριν από την έκθεση, και οι παράγοντες επεξεργασίας καθορίζουν τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις αναλογίες ανάμιξης και τις ιδιότητες του νωπού, αλλά και του σκληρυμένου σκυροδέματος.

Πηγή: P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, 2006



Μηχανικές/ φυσικές ιδιότητες αδρανών (1 από 2)

Αντοχή μητρικού πετρώματος.

Δοκιμασία θλίψης → συμβατική αντοχή.

Ανθεκτικότητα στη φθορά από τριβή και κρούση.

Μέθοδος Los Angeles.

Μέθοδος Deval.

Μέθοδος απότριψης Böhme.

Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση (υγεία).

Έλεγχος σε κύκλους ψύξης-απόψυξης.

Έλεγχος φθοράς σε φθοροποιά διαλύματα.



Μηχανικές/ φυσικές ιδιότητες αδρανών (2 από 2)

Έλεγχος ορυκτολογικής σύστασης.

Συστατικά που επηρεάζουν δυσμενώς το σκυρόδεμα:

Ενώσεις θείου, σιδήρου, νιτρικών αλάτων και αλογόνων, μολύβδου ή ψευδαργύρου, χλωριούχες ή φωσφορικές, αργιλίου, αποσαθρωμένα υλικά.

Επιβλαβείς προσμίξεις.

(εύθρυπτα—μαλακά $\leq 3\%$, όχι άργιλος ή άνθρακας).

Μορφή των κόκκων.

(b: πλάτος, d: πάχος, l: μήκος κόκκου).

$b/2 > 2$: πλακοειδής, $l/b > 1,5$: επιμήκης, $l_{\max}/l_{\min} \leq 3/1$



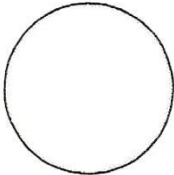
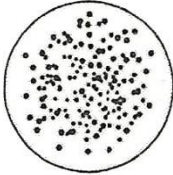
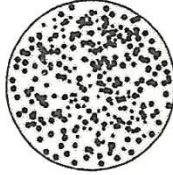
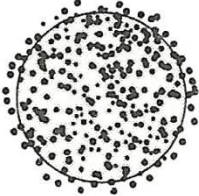
Καταστάσεις αδρανών σε σχέση με την υγρασία

Κατάσταση 1: Κατάσταση πλήρους ξηρότητας (ξηρά αδρανή).

Κατάσταση 2: Κατάσταση χωρίς εξωτερική υγρασία αλλά με λίγη εσωτερική.

Κατάσταση 3: Κατάσταση χωρίς επιφανειακή υγρασία αλλά με κορεσμένους εσωτερικούς πόρους.

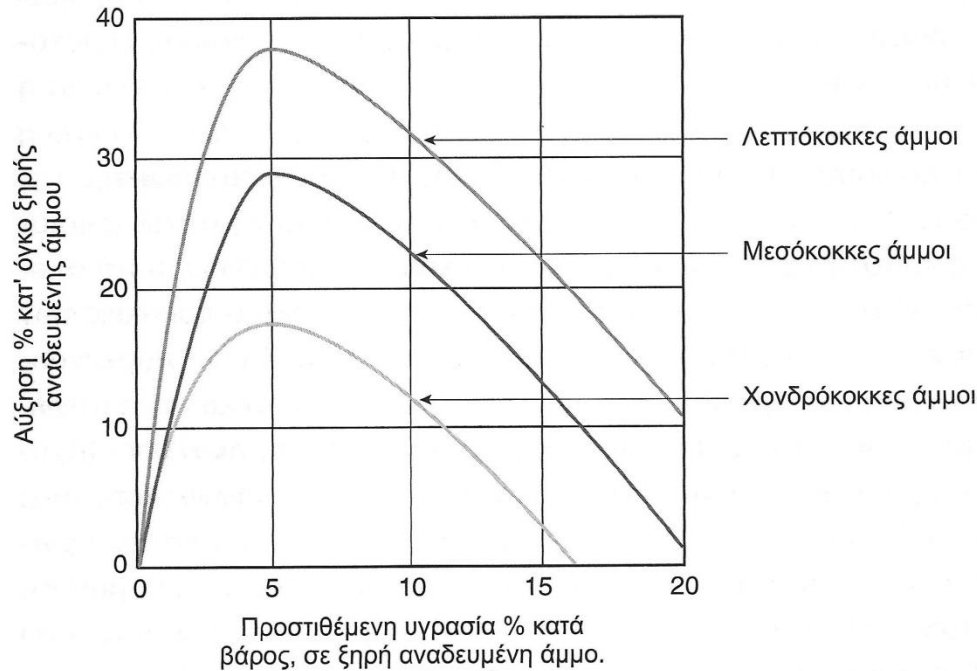
Κατάσταση 4: Κατάσταση με επιφανειακή υγρασία και με κορεσμένους εσωτερικούς πόρους.

Κατάσταση	Ξήρανση σε φούρνο	Ξήρανση στον αέρα	Κορεσμένη, επιφανειακά στεγνή	Υγρή
				
Συνολική ποσότητα υγρασίας	Καθόλου	Μικρότερη από αυτή που μπορεί να απορροφηθεί	Ίση με αυτή που μπορεί να απορροφηθεί	Μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να απορροφηθεί

Πηγή: P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, 2006



Επίδραση της επιφανειακής υγρασίας της άμμου στη «διόγκωση»



Διόγκωση λόγω υγρασίας σε λεπτόκοκκα αδρανή (από το Design and Control of Concrete Mixtures, 13^η έκδοση, Portland Cement Association, Skokie, IL, σελ.36-37, 1988).

Πηγή: P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, 2006



Έλεγχος της άμμου

1. Χρωματομετρική μέθοδος: Πρότυπο διάλυμα και Άμμος + 3% διάλυμα NaOH.
2. Δοκιμή ισοδύναμου άμμου (κατά AASHTO C176).

$$SE=h*100/H$$

h: ύψος άμμου (κάτω στρώμα εικόνας).

H: ύψος αργίλου (πάνω στρώμα εικόνας).

3. Πρόχειροι εργοταξιακοί

A. Υγρή άμμος στη χούφτα του χεριού.

B. Απώλεια βάρους ξηρής άμμου μετά την έκπλυση σε κόσκινο Νο200.

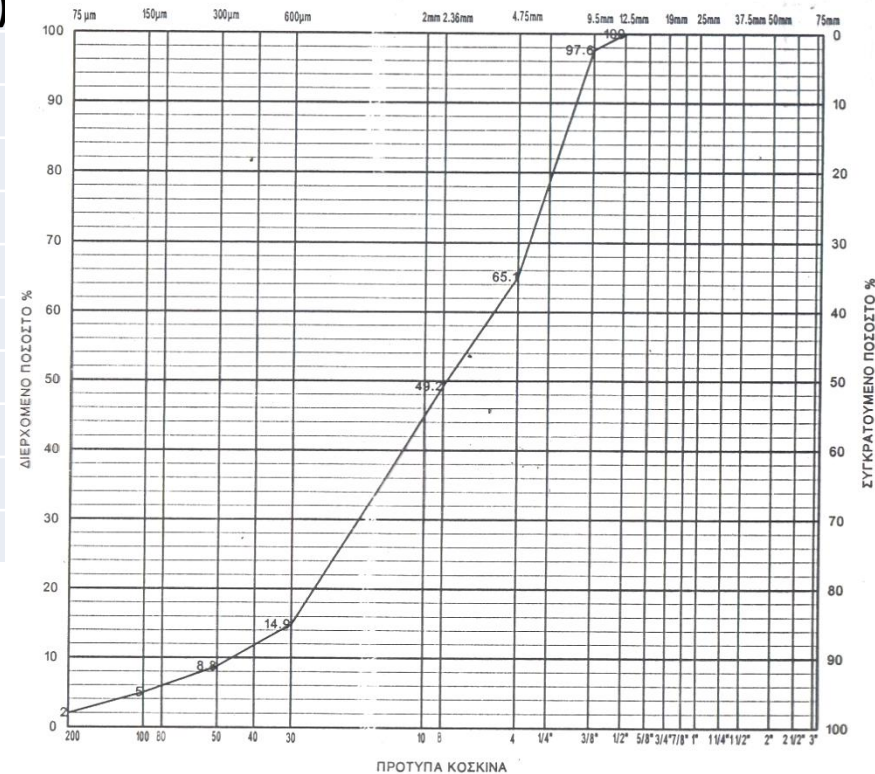
Σε βαθμολογημένο ογκομετρικό κύλινδρο της ξηρής άμμου και ανατάραξη με αλατούχο διάλυμα.



Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών

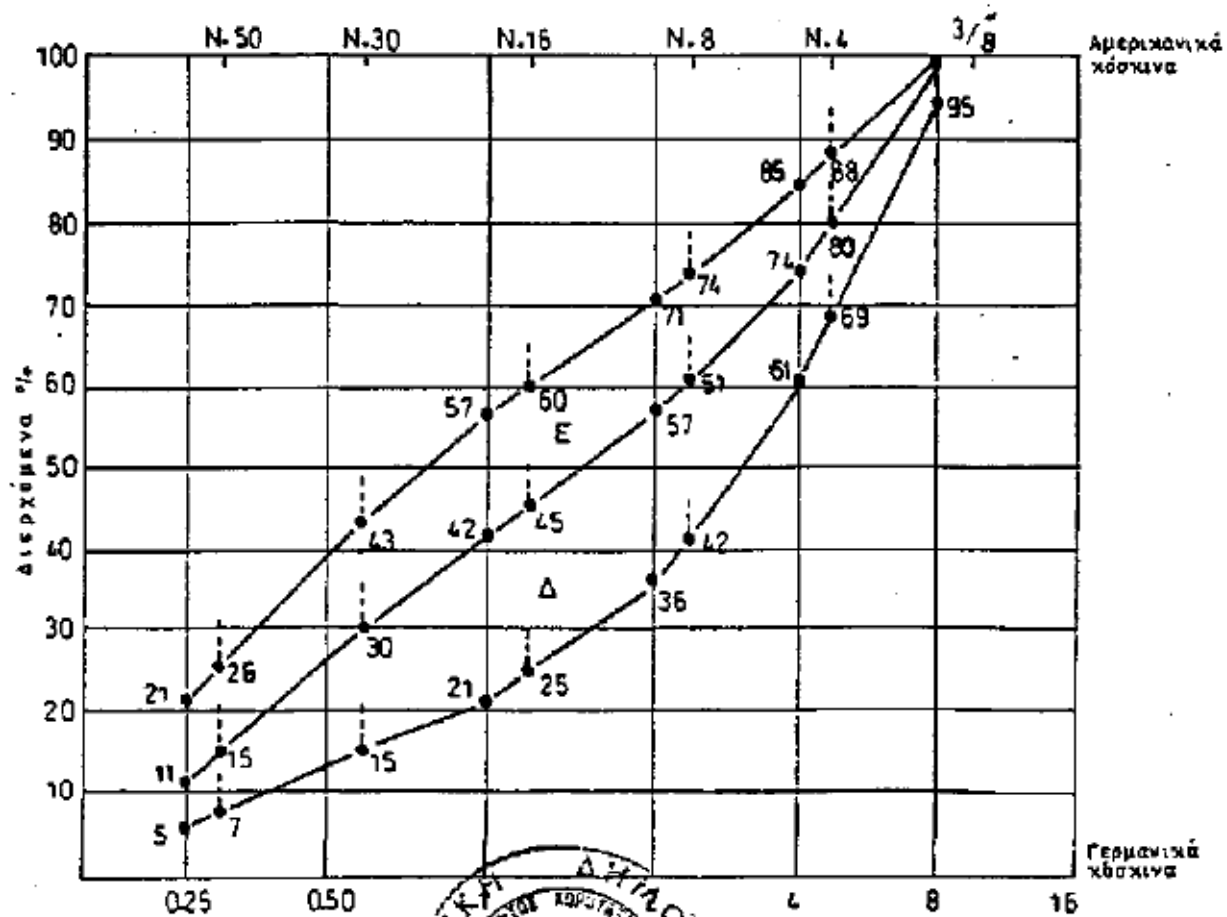
Αποτελέσματα κοσκίνισματος

Κόσκινο (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (gr)	Συγκρατούμενο ποσοστό (%)	Διερχόμενο (αθροιστικό) ποσοστό (%)
19,00	0	0	100
12,5	0	0	100
9,50	30	2,4	97,6
4,75	414	32,5	65,1
2,36	202	15,9	49,2
0,600	436	34,3	14,9
0,300	78	6,1	8,8
0,150	49	3,8	5,00
0,074	38	3,00	2,00
παιπάλη	25	2,00	



Πηγή φωτογραφίας: Εργαστήριο Δομικών Υλικών, ΑΠΘ

Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών ($d_{max}=8mm$)

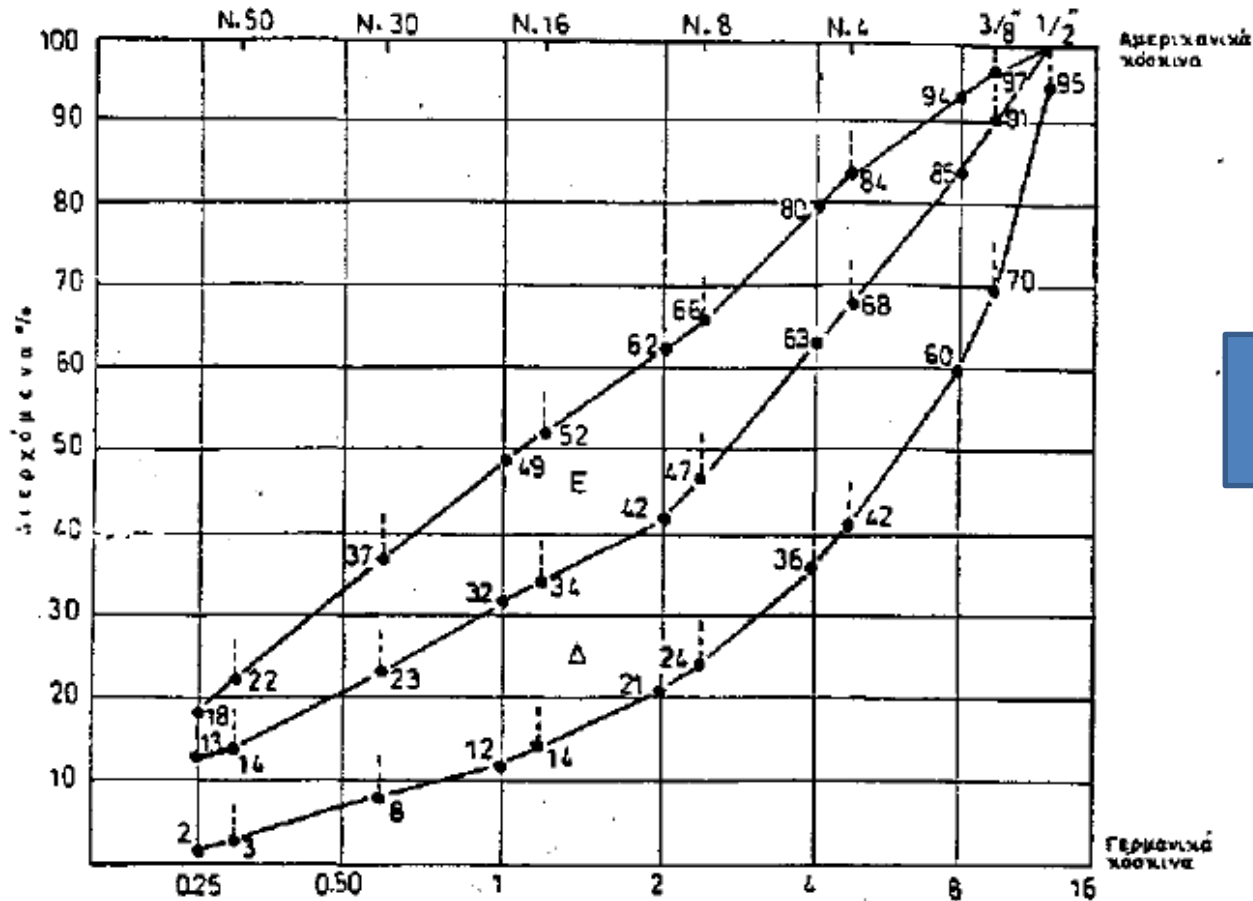


Κατά ΚΤΣ-97

Διάγραμμα IV : Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου ≤ 8 ή $3/8"$.



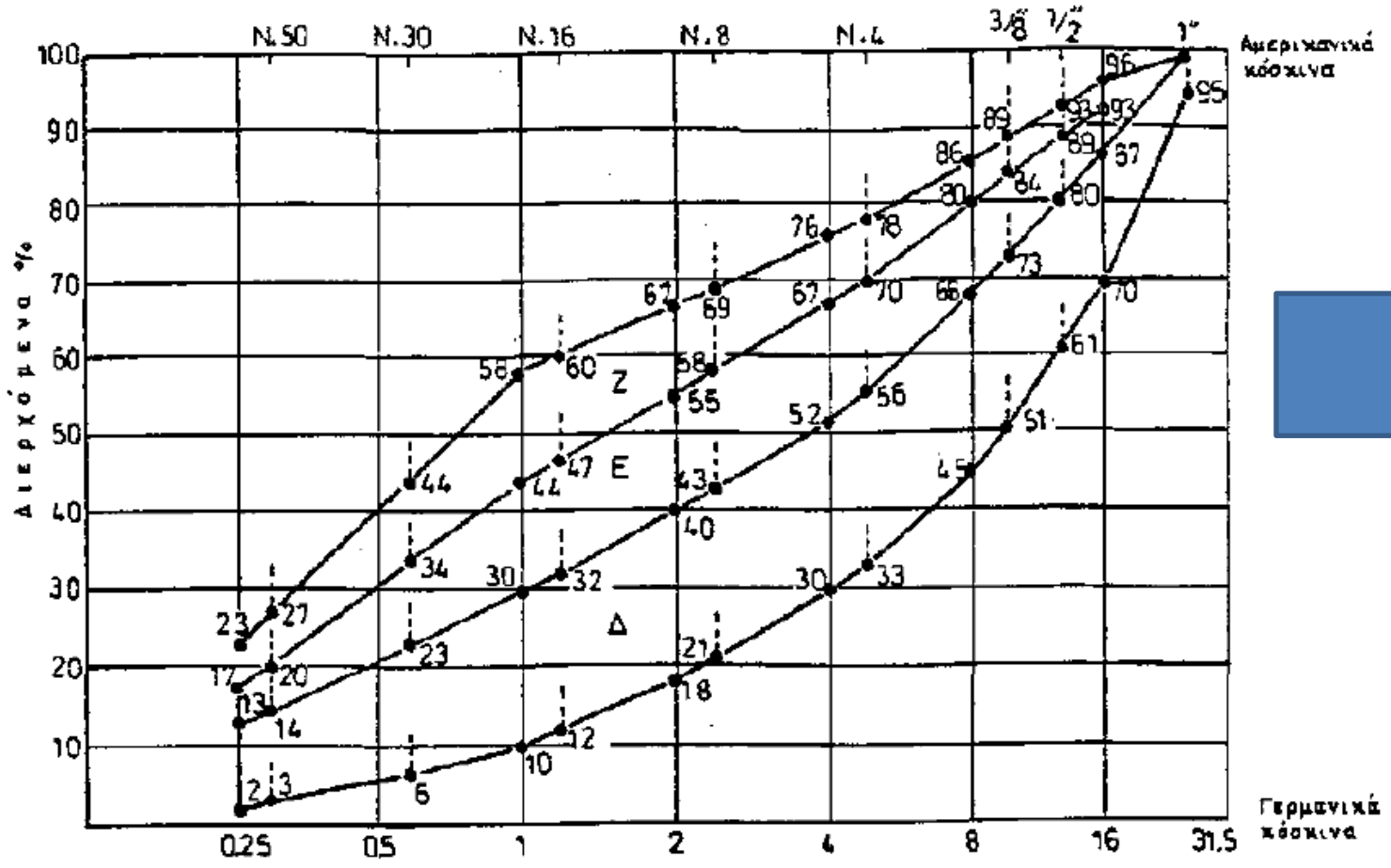
Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών ($d_{max}=16mm$)



Κατά ΚΤΣ-97

Διάγραμμα III : Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου ≤ 16 ή $1/2''$.

Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών ($d_{max}=31,5\text{mm}$)

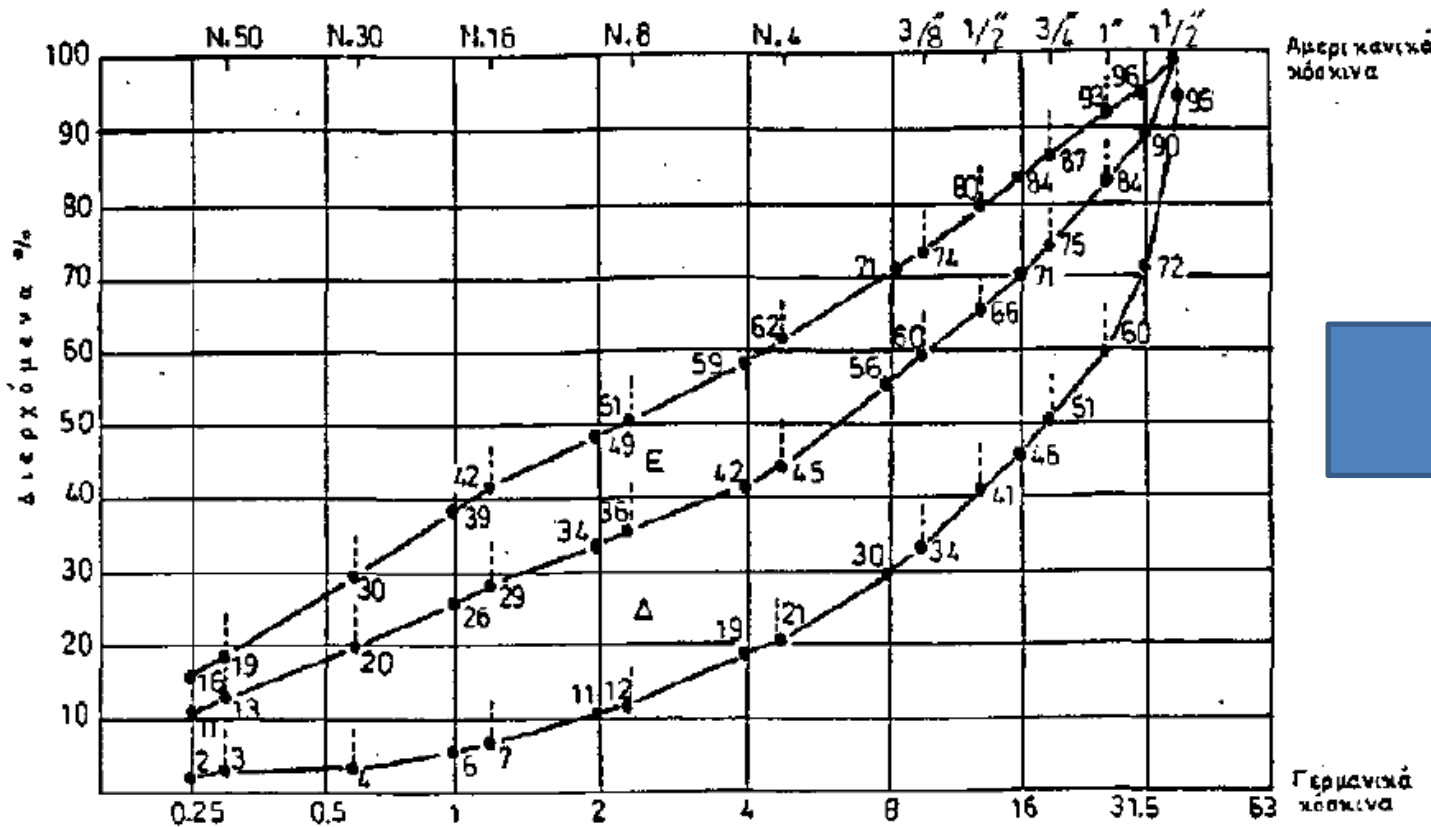


Κατά ΚΤΣ-97

Διάγραμμα 1 : Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου \square 31,5 ή 1"



Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών ($d_{max}=63mm$)



Κατά ΚΤΣ-97

Διάγραμμα II : Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου ≥ 63 ή $1\ 1/2"$.



Απαιτήσεις για τα σκυροδέματα κατά ΚΤΣ-97 (1 από 2)

	Σκυρόδεμα χωρίς ειδικές απαιτήσεις								Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά
	Επιχρισμένο				Ανεπίχριστο				
	Μέγιστος κόκκος 3/8" ή <input type="checkbox"/> 8mm	Μέγιστος κόκκος 1/2" ή <input type="checkbox"/> 16mm	Μέγιστος κόκκος 1" ή <input type="checkbox"/> 31.5mm	Μέγιστος κόκκος 1 1/2" ή <input type="checkbox"/> 63mm	Μέγιστος κόκκος 3/8" ή <input type="checkbox"/> 8mm	Μέγιστος κόκκος 1/2" ή <input type="checkbox"/> 16mm	Μέγιστος κόκκος 1" ή <input type="checkbox"/> 31.5mm	Μέγιστος κόκκος 1 1/2" ή <input type="checkbox"/> 63mm	
Μέγιστος λόγος νερό/τσιμέντο (N/T)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.67	0.67	0.67	0.67	
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m ³)	320	300	270	270	350	330	300	300	350
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής									C25/30
Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών									Κάτω μισό υποζώνης Δ



Απαιτήσεις για τα σκυροδέματα κατά ΚΤΣ-97 (2 από 2)

	Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά	Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας		Σκυρόδεμα μέσα σε νερό (όχι διαβρωτικό)	Σκυρόδεμα στη θάλασσα	Σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα(παραθαλάσσιο περιβάλλον)	Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές
		Μέγιστος κόκκος 1" ή □31.5mm	Μέγιστος κόκκος 1 1/2" ή □16mm				
Μέγιστος λόγος νερό/τσιμέντο (N/T)		0.58	0.50	0.60	0.48	0.60	Ισχύει ο πίνακας 12.4 του ΚΤΣ
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m ³)	350	350	400	350	400	330	
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C25/30						
Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών	Κάτω μισό υποζώνης Δ	Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ					



CEN test methods (1): Title

**Testing of industrial products;
aggregates for construction.**

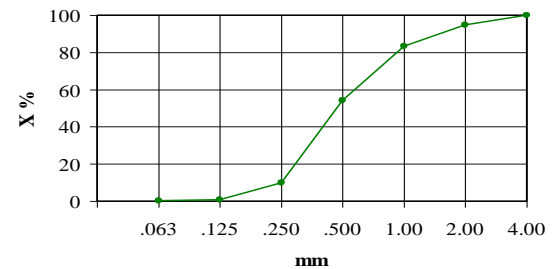
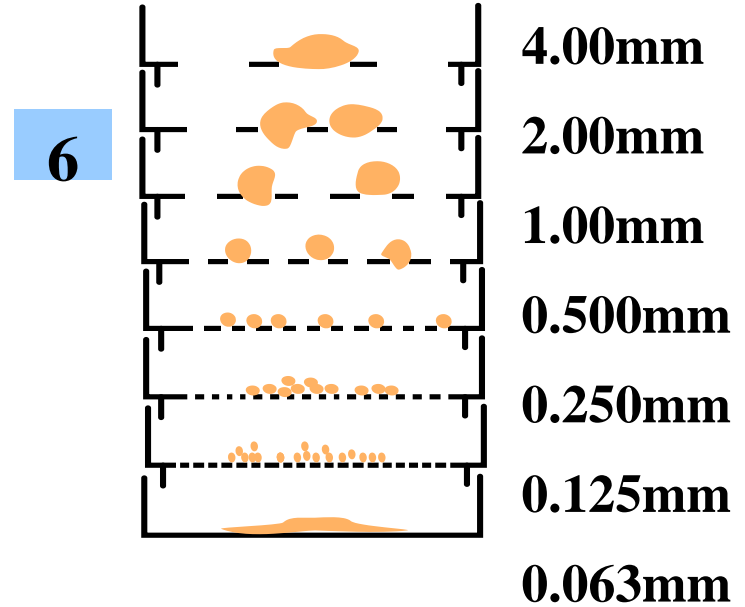
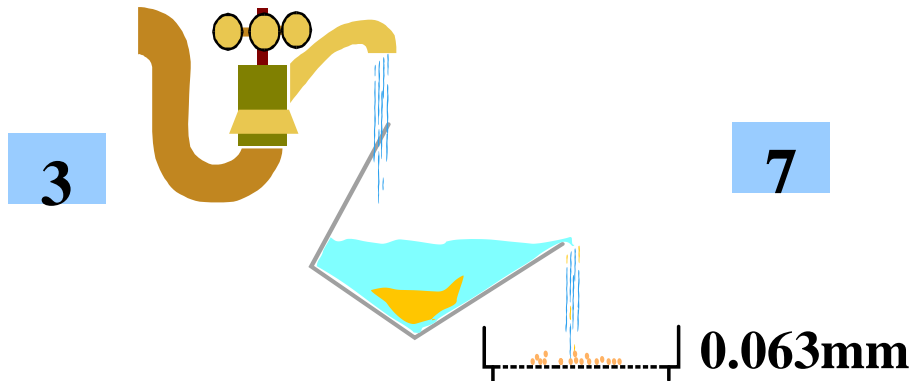
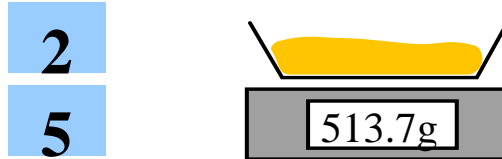
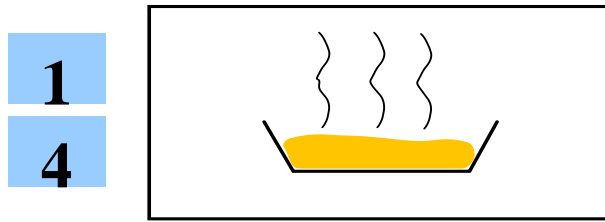
MAT1 - CT 93 - 0040 (1993 - 1997)



DG XII of the European Commission

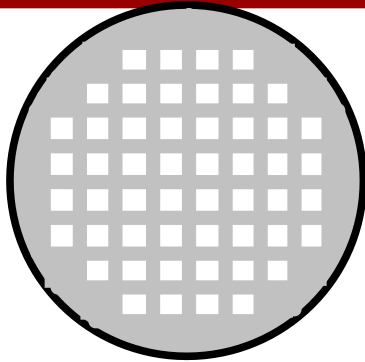


CEN test methods (2): Particle Size Distribution (EN 933-1)

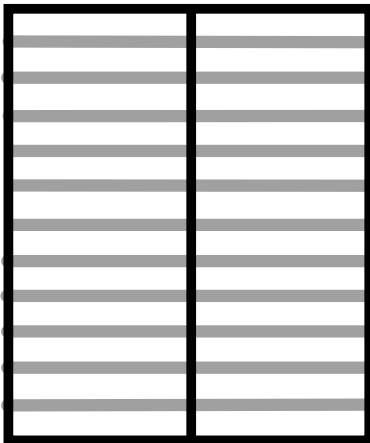


CEN test methods (3): Flakiness Index (EN 933-3)

1



2



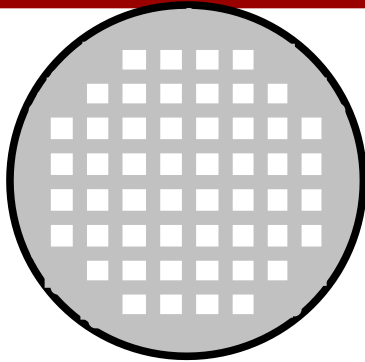
d/D	D/2
63.0/80.0	40.0
50.0/63.0	31.5
40.0/50.0	25.0
31.5/40.0	20.0
25.0/31.5	16.0
20.0/25.0	12.5
16.0/20.0	10.0
12.5/16.0	8.00
10.0/12.5	6.30
8.00/10.0	5.00
6.30/8.00	4.00
5.00/6.30	3.15
4.00/5.00	2.50

$$FI = \% < D/2$$

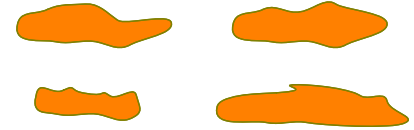


CEN test methods (4): Shape Index (EN 933-4)

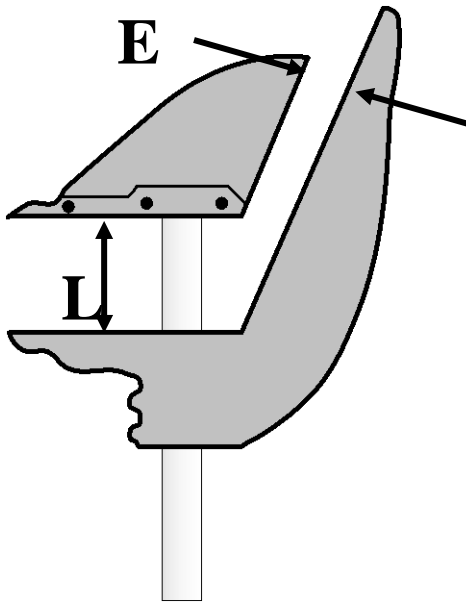
1



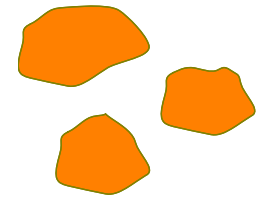
$$L/E > 3$$



2



$$L/E < 3$$

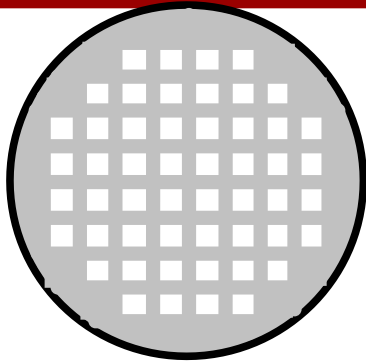


$$SI = \% L/E > 3$$

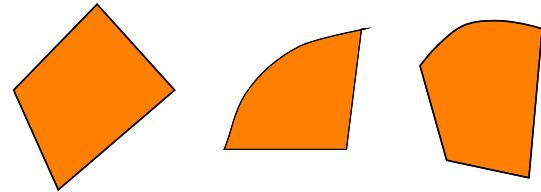


CEN test methods (5): Crushed and Broken Particles (EN 933-5)

1



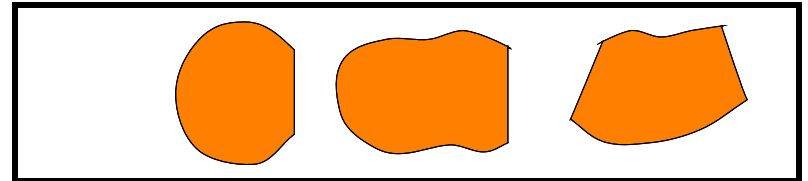
C_c



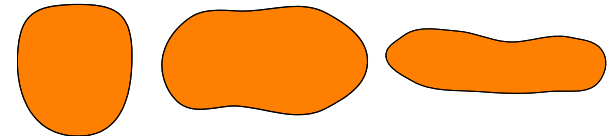
2



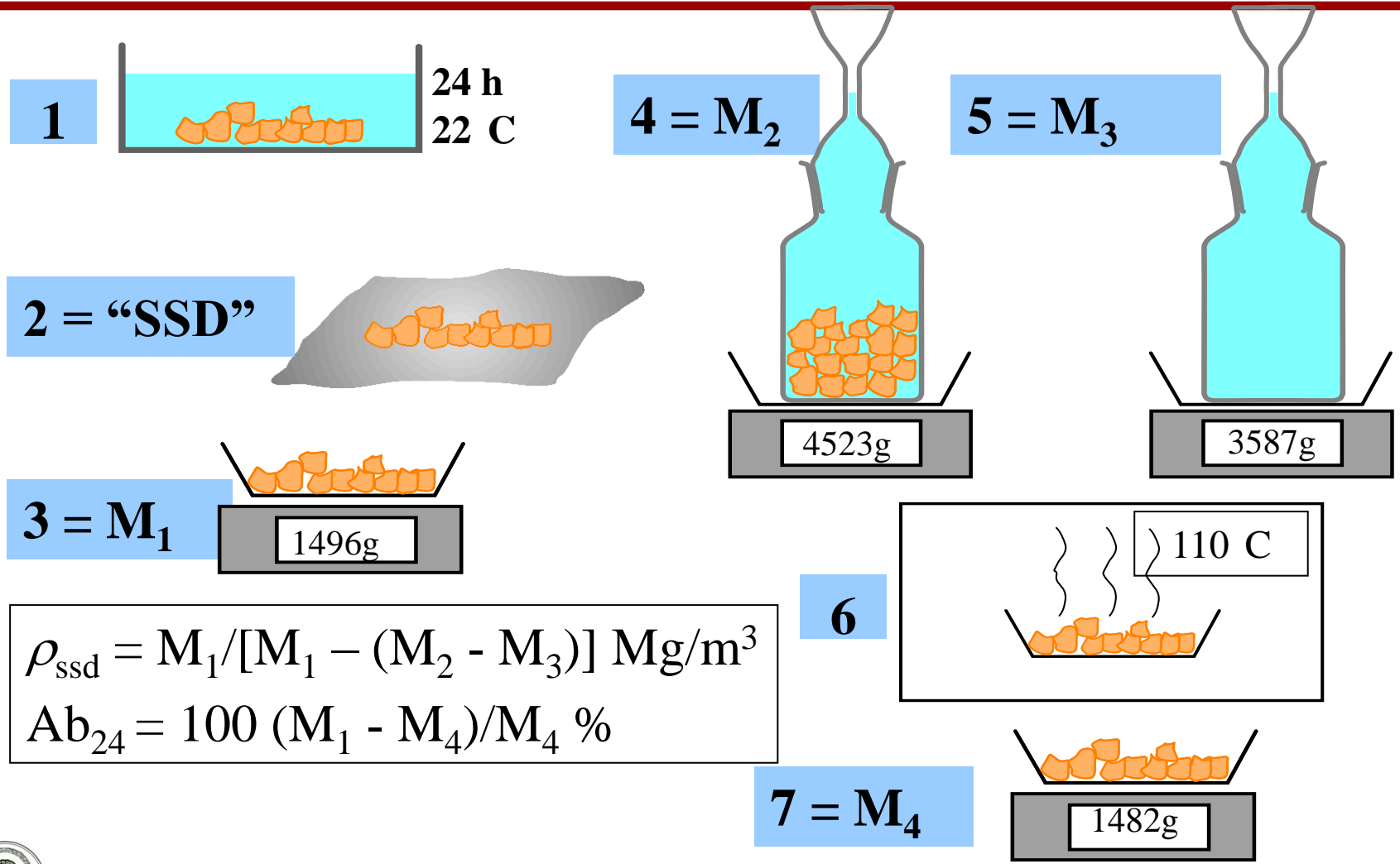
C_r



C_{tr}



(6): Particle Density and Water Absorption (EN 1097-6)



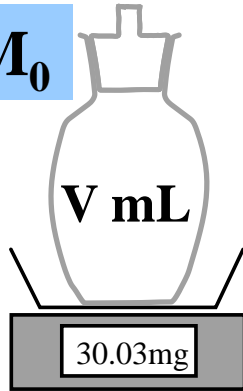
$$\rho_{ssd} = M_1 / [M_1 - (M_2 - M_3)] \text{ Mg/m}^3$$

$$Ab_{24} = 100 (M_1 - M_4) / M_4 \%$$

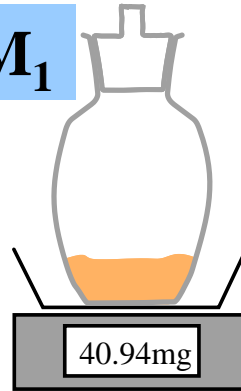


(7): Particle Density of Filler (EN 1097-7)

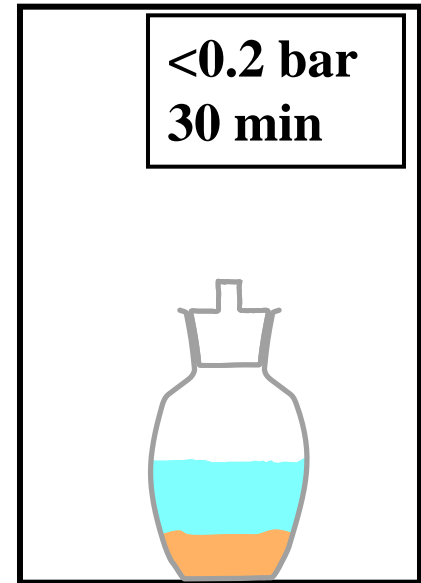
1 = M_0



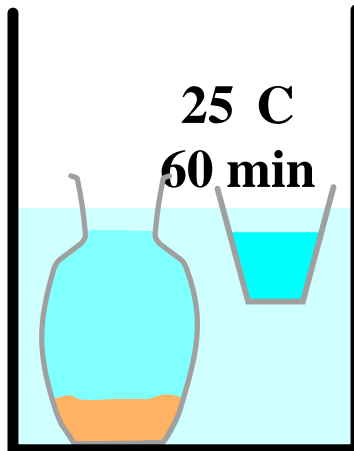
2 = M_1



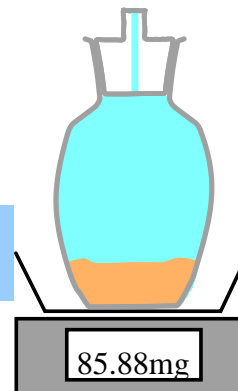
3



4



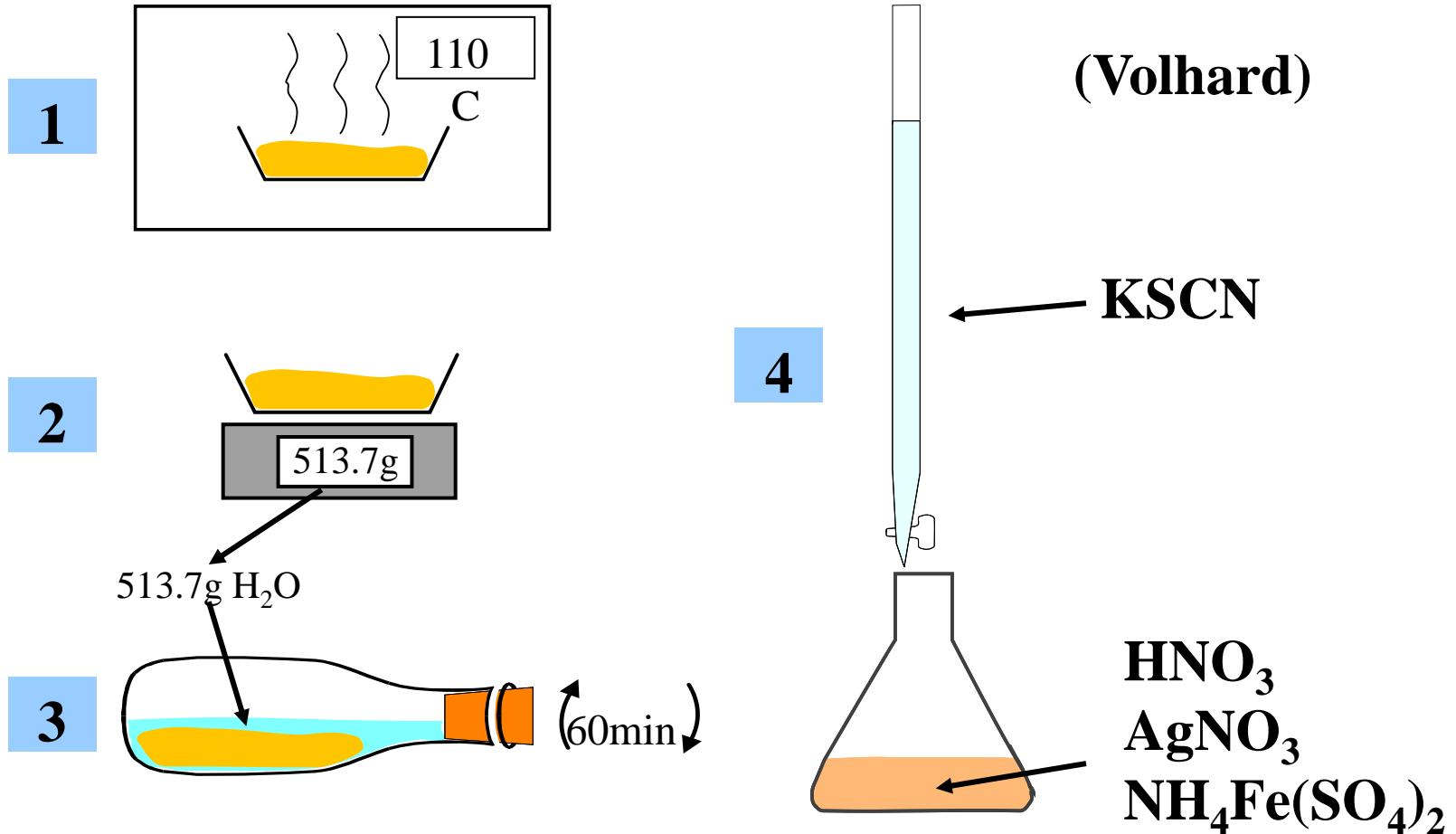
5 = M_2



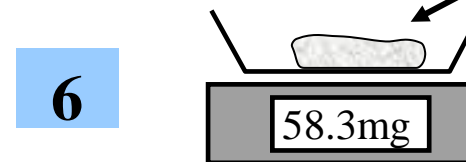
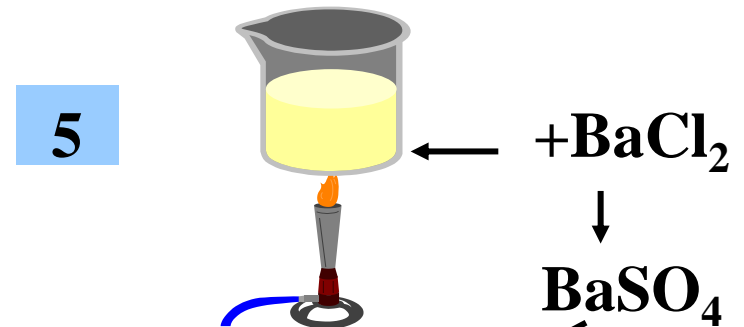
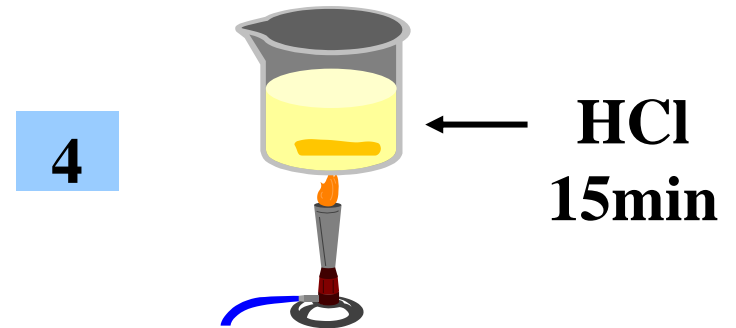
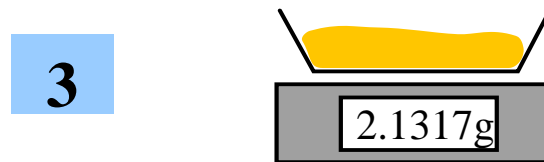
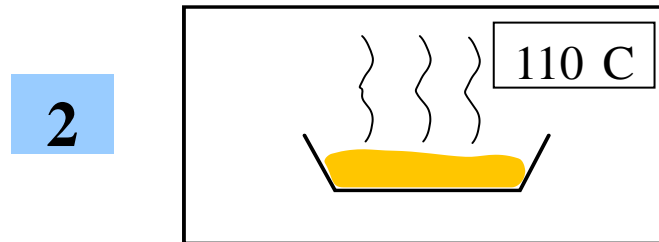
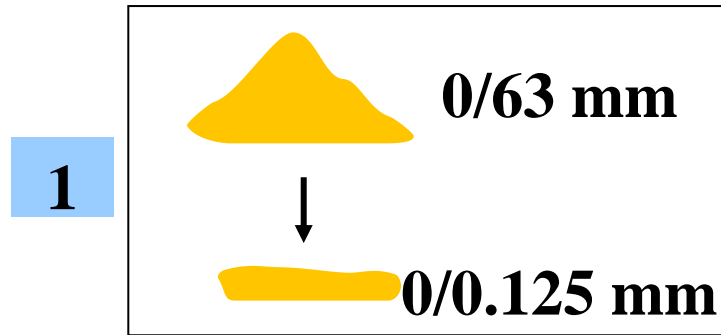
$$\rho_f = \frac{M_1 - M_0}{V - \frac{M_2 - M_1}{\rho_l}}$$



CEN test methods (8): Water-Soluble Chloride (EN 1744-1)



CEN test methods (9): Acid-Soluble Sulfate (EN 1744-1)



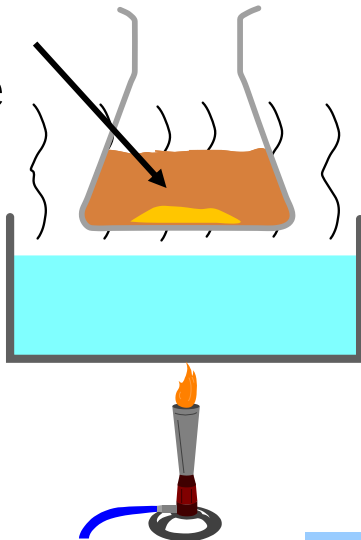
CEN test methods (10): Total Sulfur (EN 1744-1)

1 = SO₃ “1, 2, 3” (1 g)

2 = S → SO₃

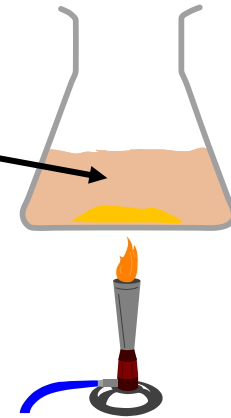
Bromine
HNO₃

1 h



3 = SiO₂ ↓

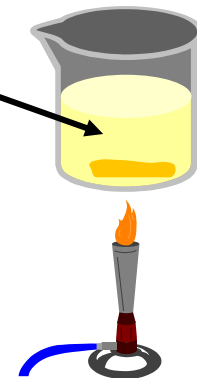
HCl



4 = Al(OH)₃, Fe(OH)₃ ↓

NH₃

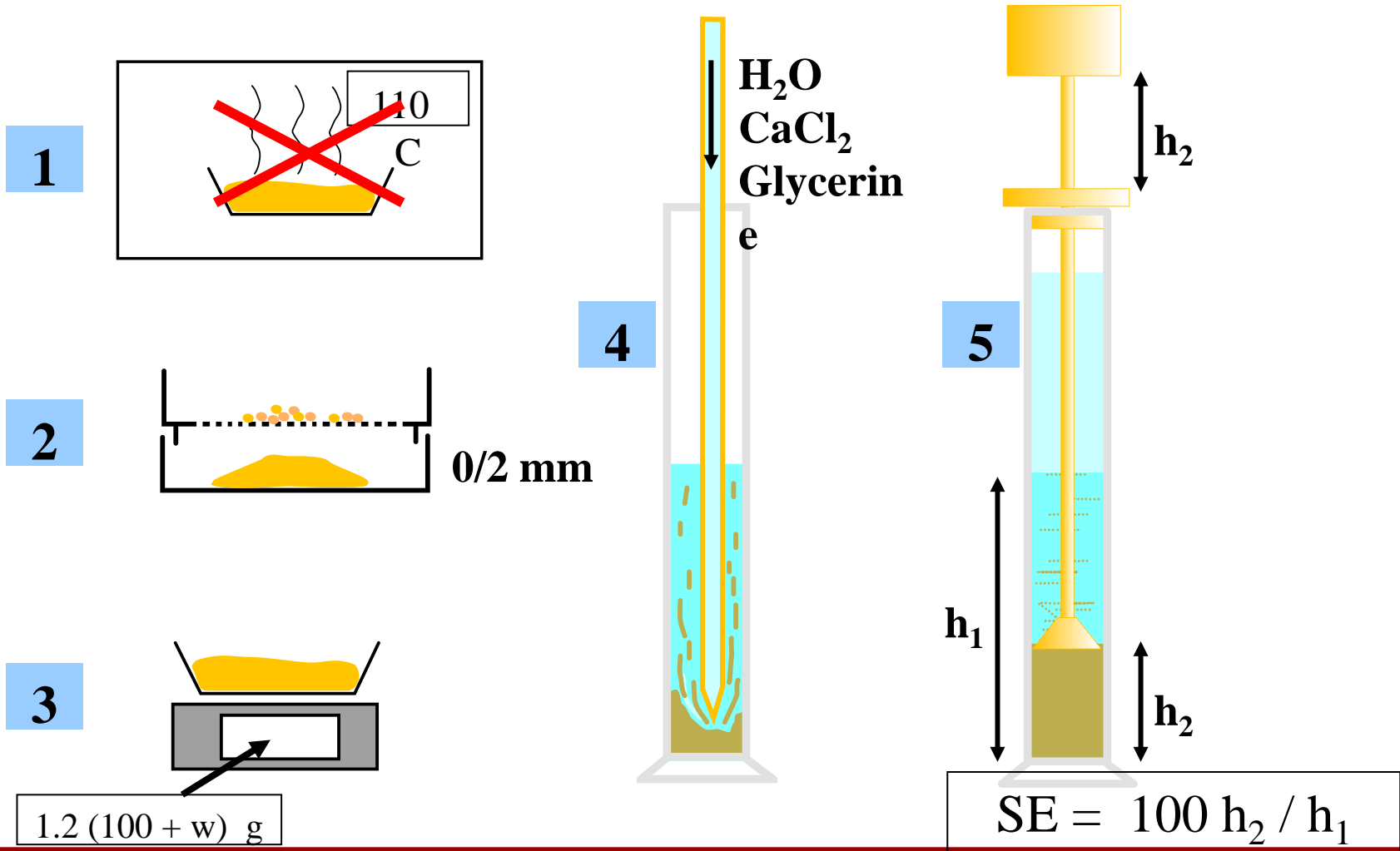
30 s



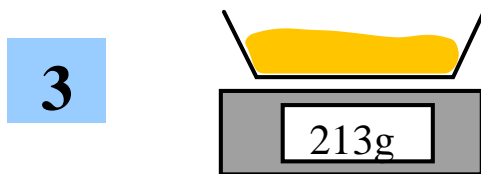
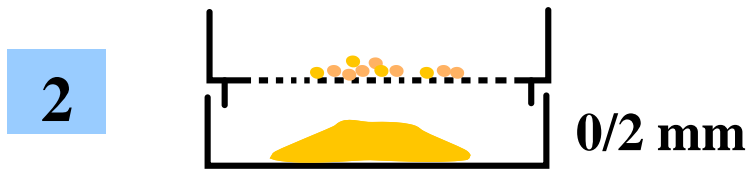
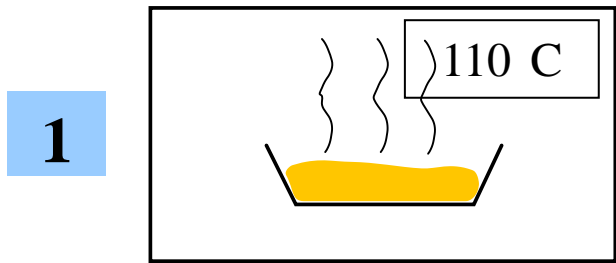
5 = SO₃ “4, 5, 6”



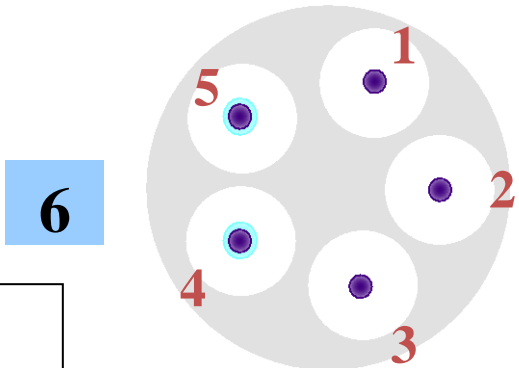
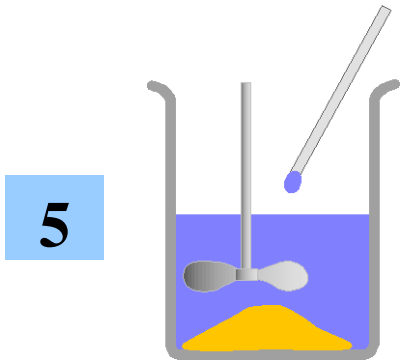
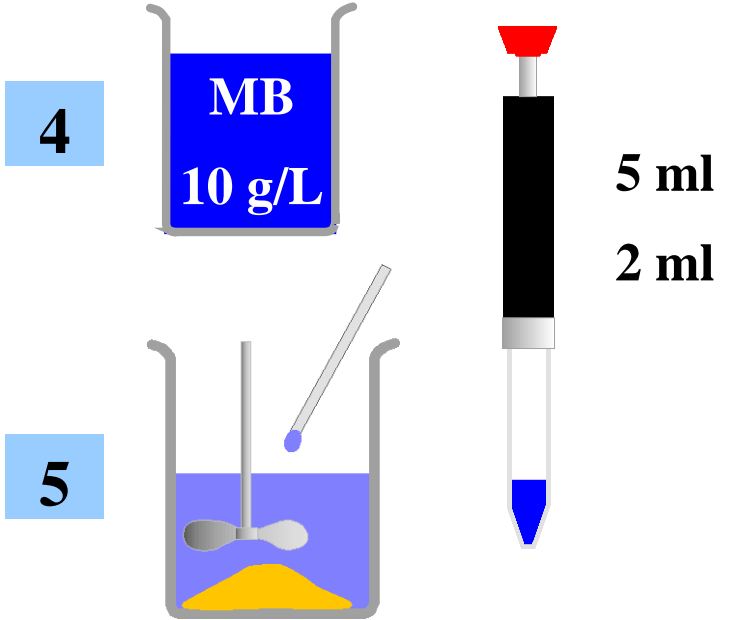
CEN test methods (11): Sand Equivalent (EN 933-8)



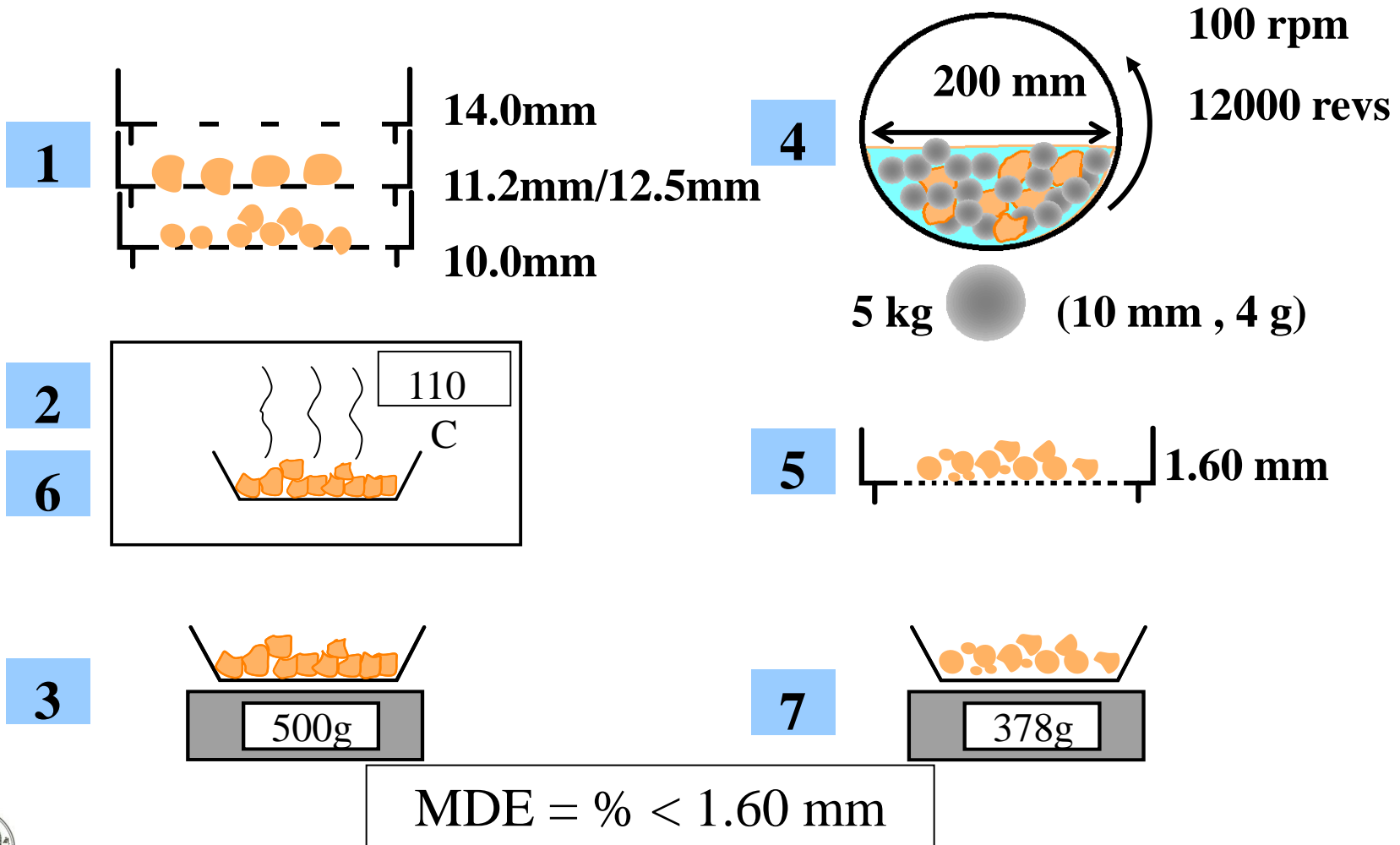
CEN test methods (12): Methylene Blue (EN 933-9)



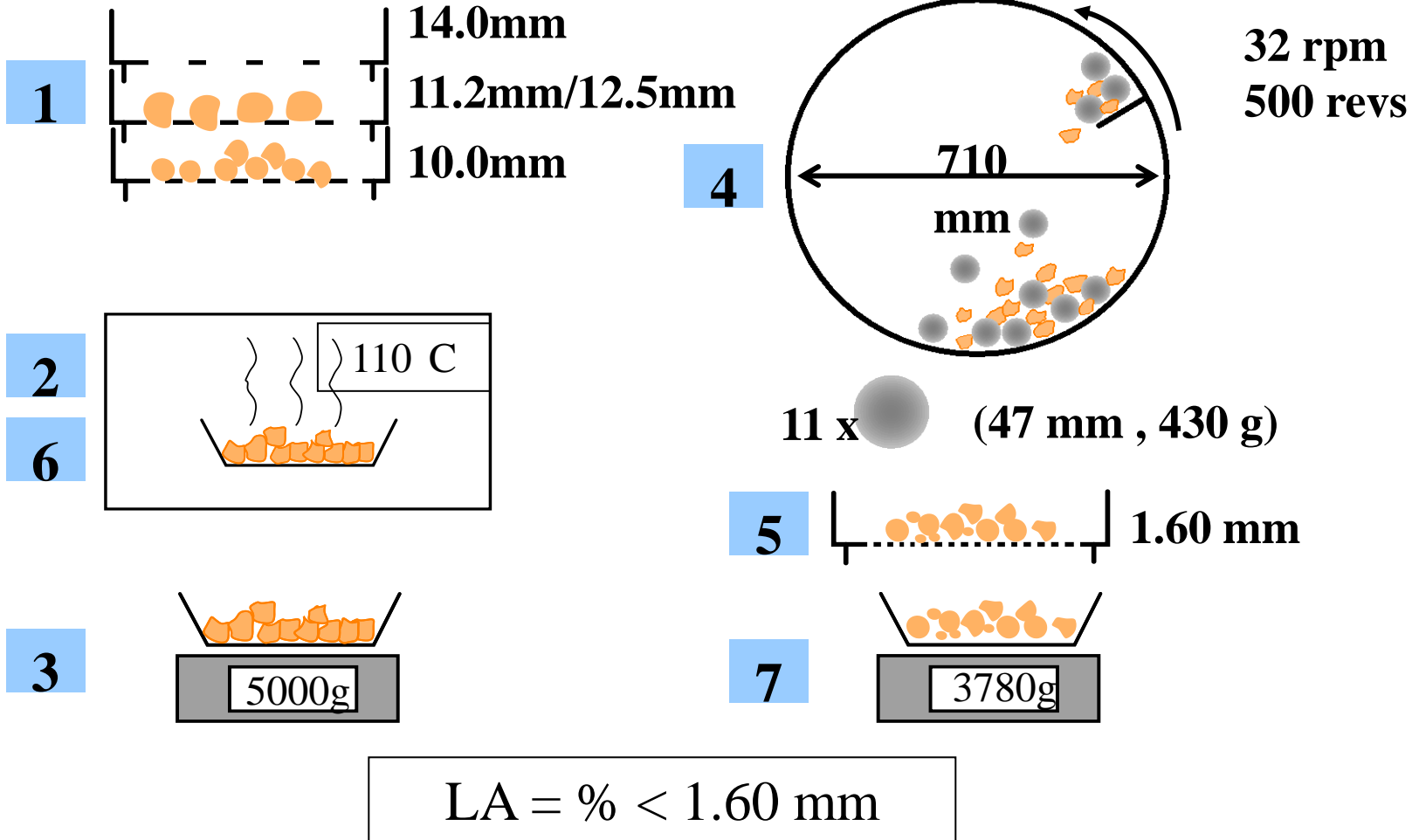
$$MBV = g (MB) / kg (0/2mm)$$



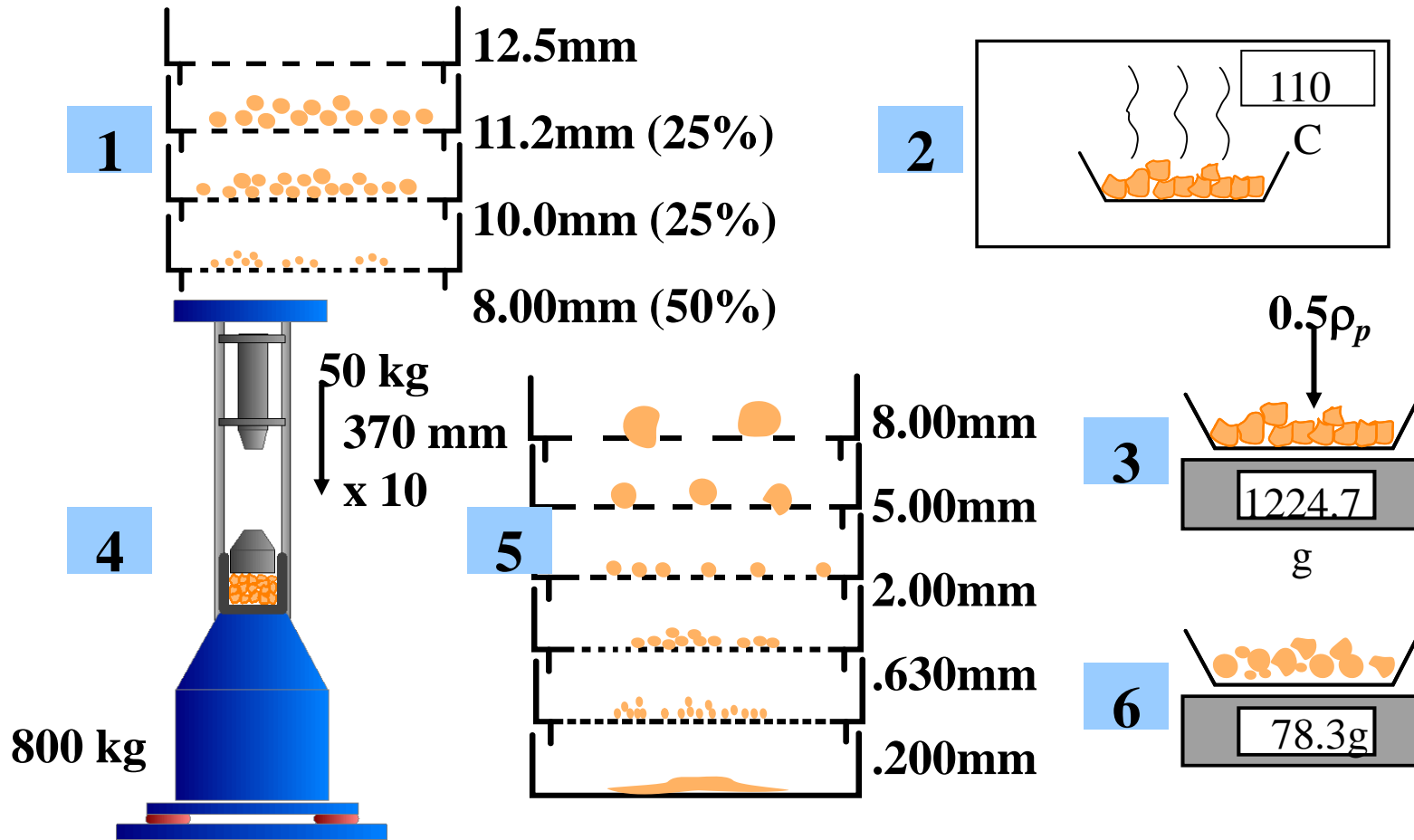
CEN test methods (13): Micro-Deval (EN 1097-1)



CEN test methods (14): Los Angeles (EN 1097-2)



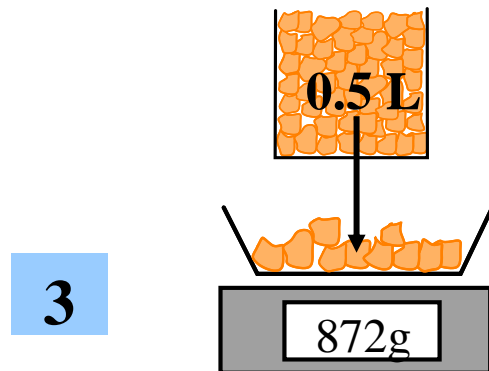
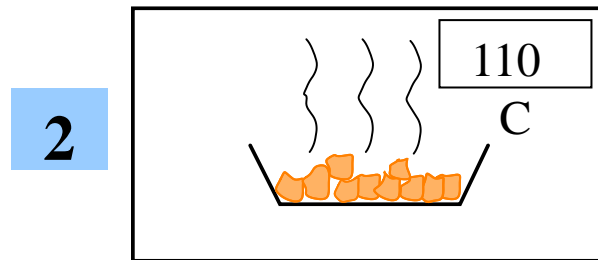
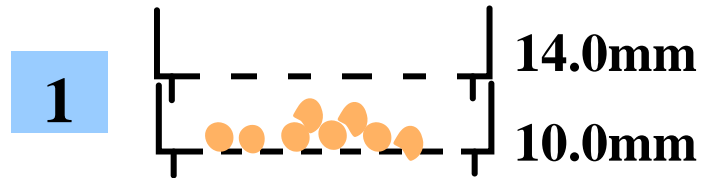
CEN test methods (15): Schlagversuch (EN 1097-2)



$$SZ = (\% < 8.00\text{mm} + \% < 5.00\text{mm} + \% < 2.00\text{mm} + \% < 0.630\text{mm} + \% < 0.200\text{mm}) / 5$$



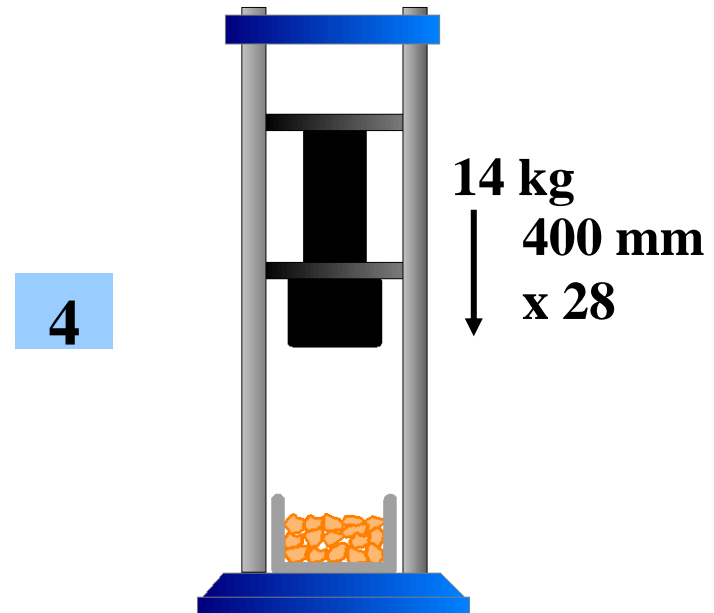
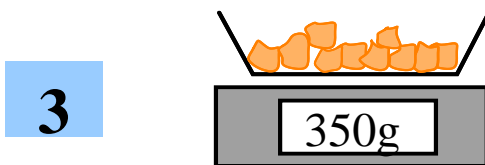
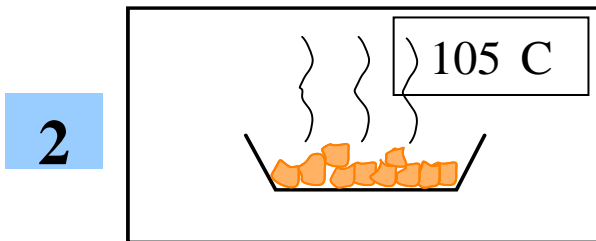
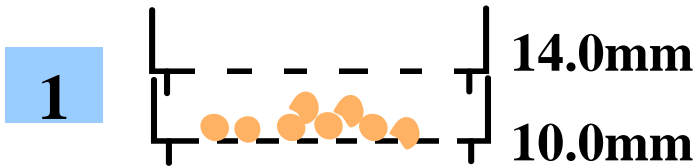
CEN test methods (16): Compression test (NEN 6245)



$$DSC = \% < 5.00 \text{ mm}$$



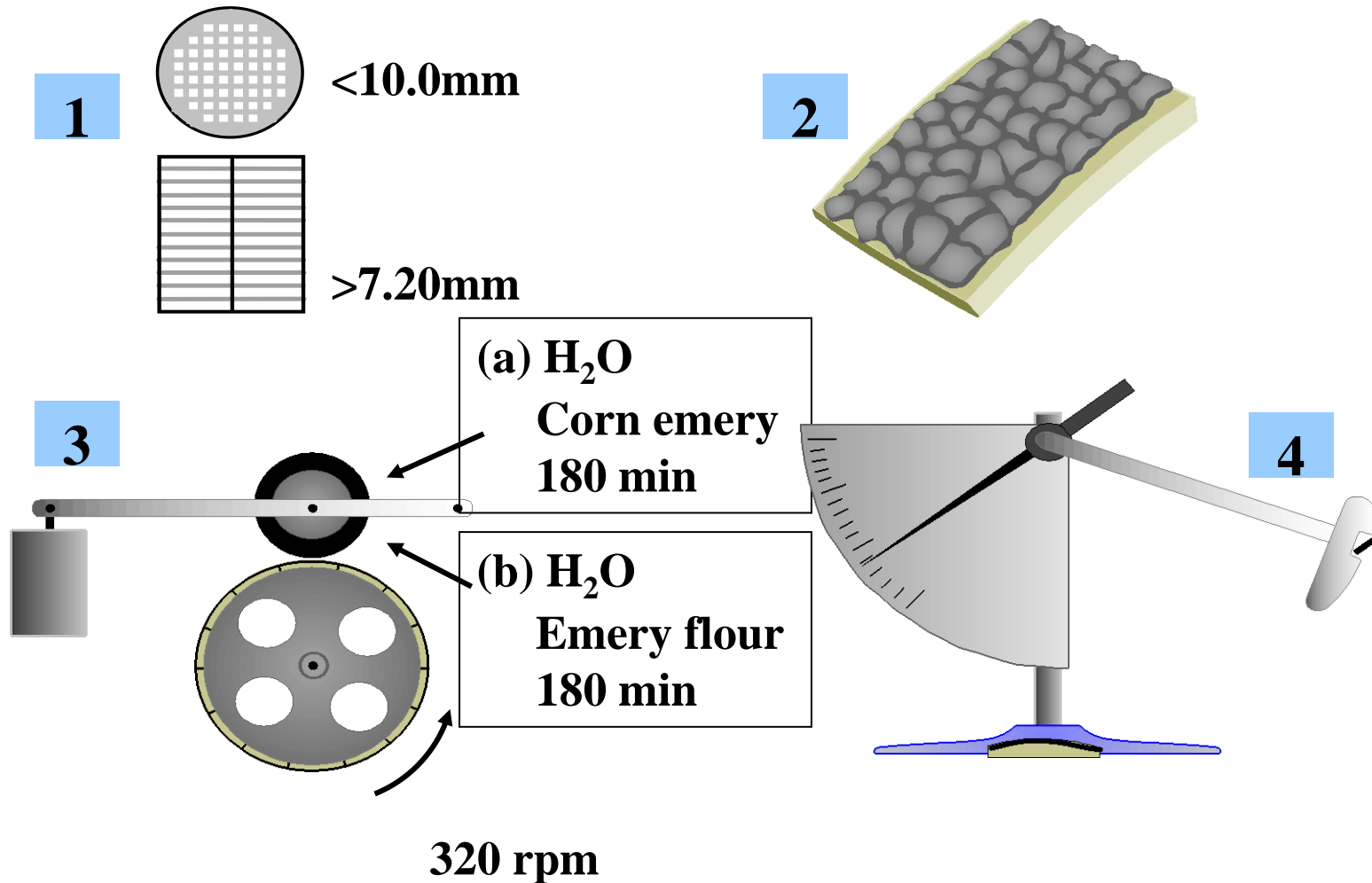
CEN test methods (17): Impact test (P 18-574)



$$FD = \% < 1.60 \text{ mm}$$

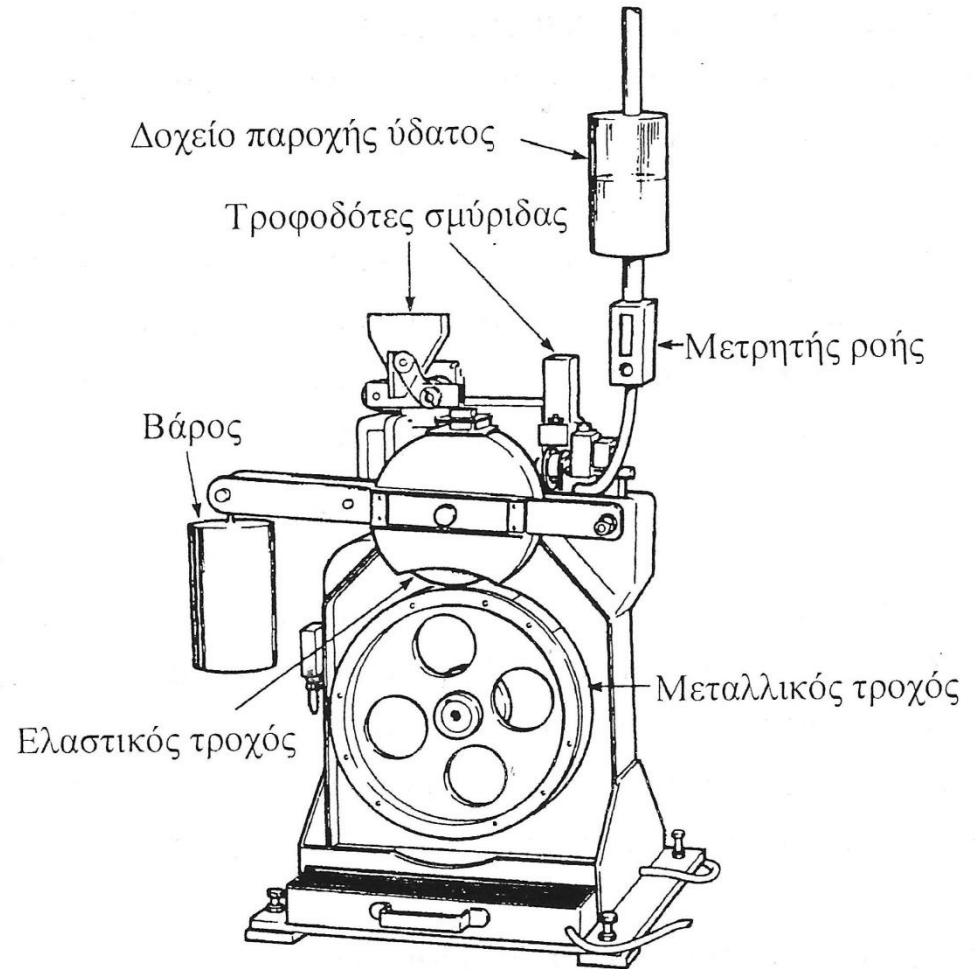


CEN test methods (18): Polished Stone Value (EN 1097-8)



Στίλβωση αδρανών υλικών

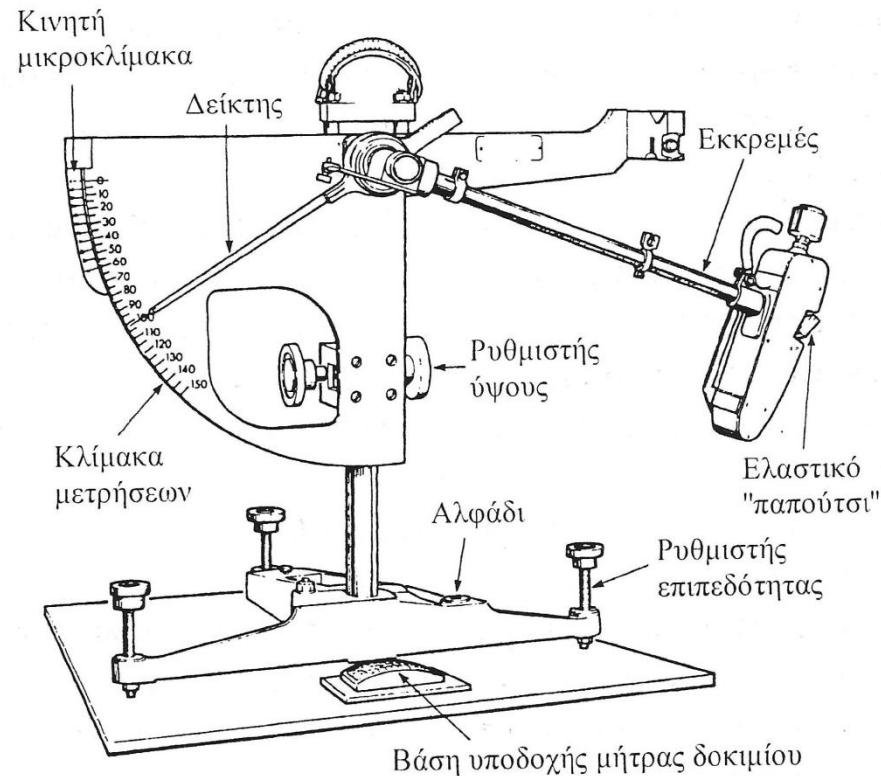
Συσκευή στίλβωσης αδρανών.



Πηγή: Νικολαΐδης Αθ, 2002



Αντίσταση σε ολίσθηση

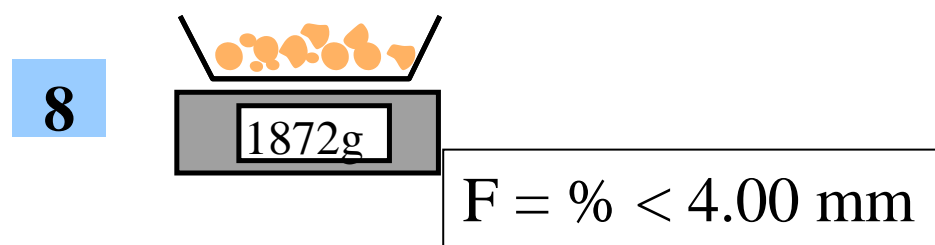
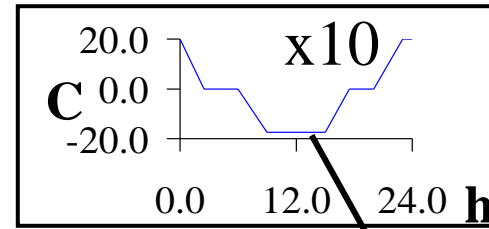
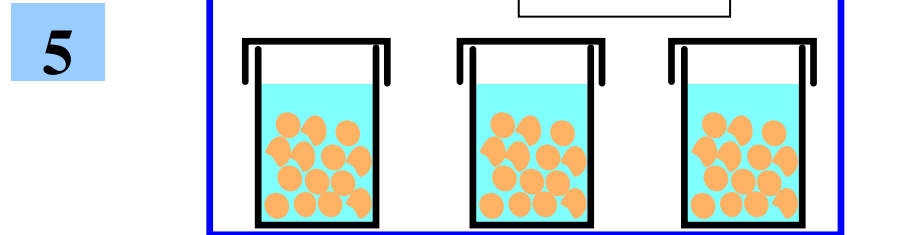
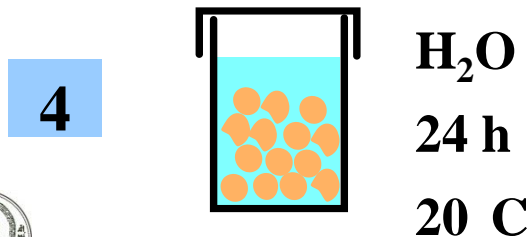
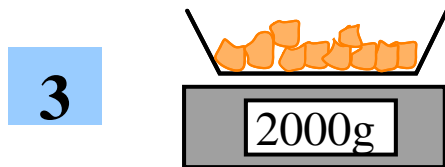
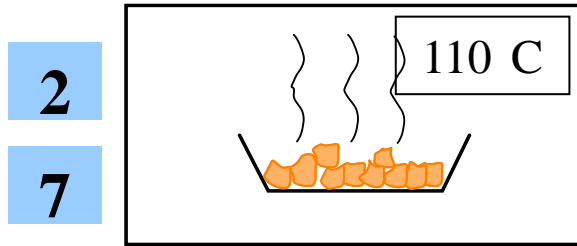
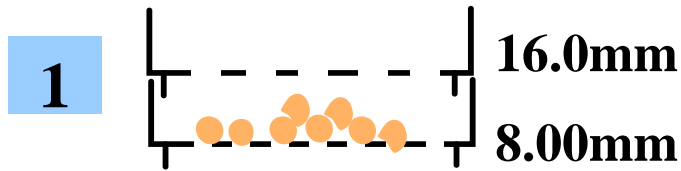


Συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση- British Pendulum.

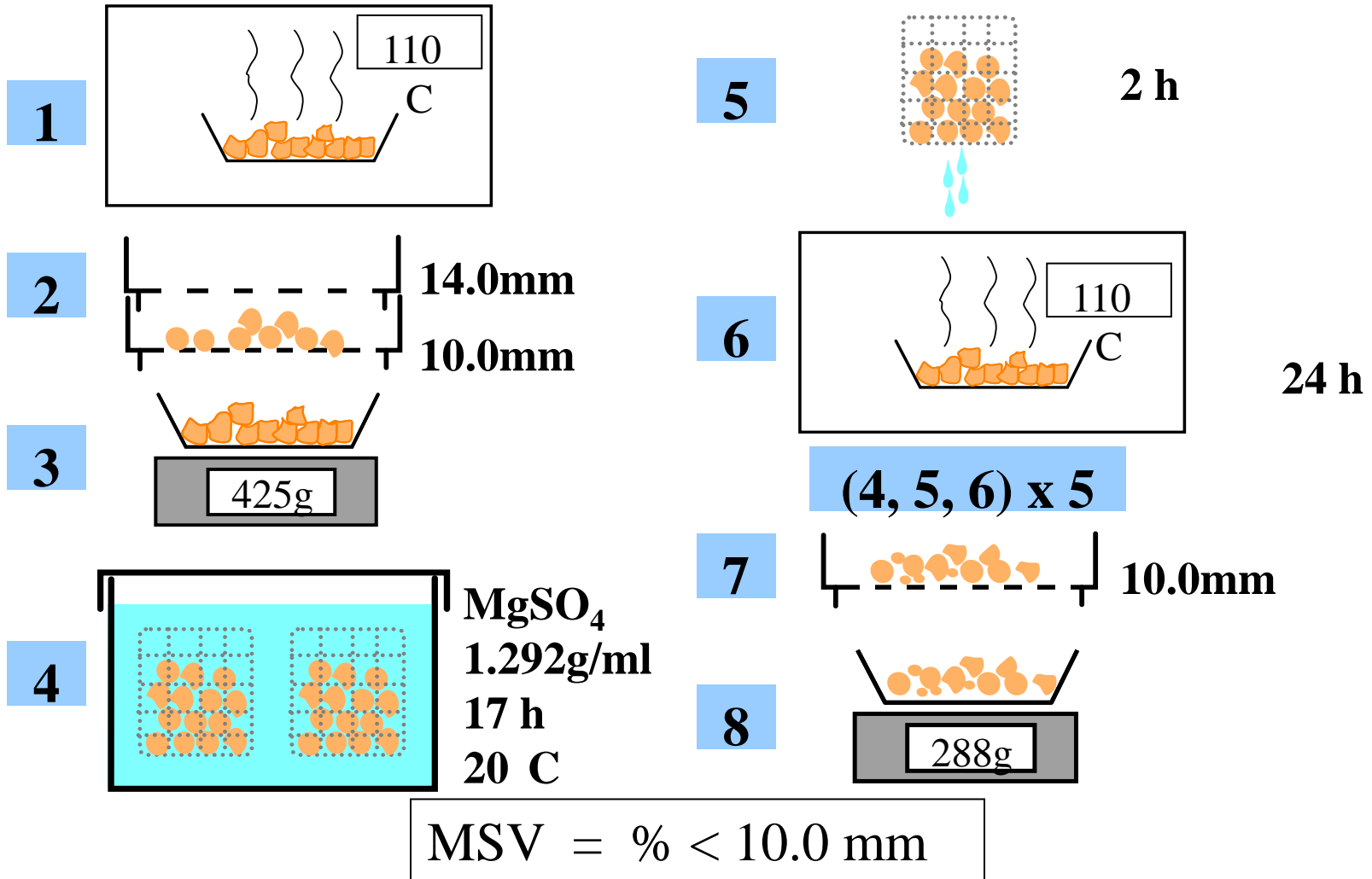
Πηγή: Νικολαΐδης Αθ., 2002



CEN test methods (19): Freeze/Thaw (EN 1367-1)



CEN test methods (20): Magnesium Sulfate (EN1367-2)



Ιδανική κοκκομετρική καμπύλη (1 από 3)

Ο Fuller έδωσε την ακόλουθη εξίσωση μιας ιδανικής κοκκομετρικής γραμμής:

$$P=100 (d/D)^{1/2}$$

όπου:

P = το ποσοστό του μίγματος το οποίο διέρχεται από το εκάστοτε κόσκινο διαμέτρου d και

D = ο μέγιστος κόκκος του μίγματος.

Η εξίσωση του Fuller είναι από τις πιο απλές, και επιπλέον έχει το πλεονέκτημα να εκφράζεται με ευθεία στο διάγραμμα ριζών, για οποιαδήποτε ακραία κοκκομετρικά όρια.



Ιδανική κοκκομετρική καμπύλη (2 από 3)

Η ανάγκη καθαρισμού συγκεκριμένων ορίων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων και μέγιστου κόκκου αδρανούς είναι προφανής για το σκυρόδεμα γιατί επηρεάζουν σημαντικά την εργασιμότητα και το κόστος. Για παράδειγμα, χοντρόκοκκοι άμμοι παράγουν μη εργάσιμα μίγματα του σκυροδέματος ενώ πολύ λεπτές άμμοι αυξάνουν την απαίτηση σε νερό (άρα και το ποσοστό τσιμέντου για τη δεδομένη σχέση νερού προς τσιμέντο). Τα αδρανή που έχουν κανονική κοκκομετρική διαβάθμιση παράγουν εργάσιμα και οικονομικά μίγματα σκυροδέματος.



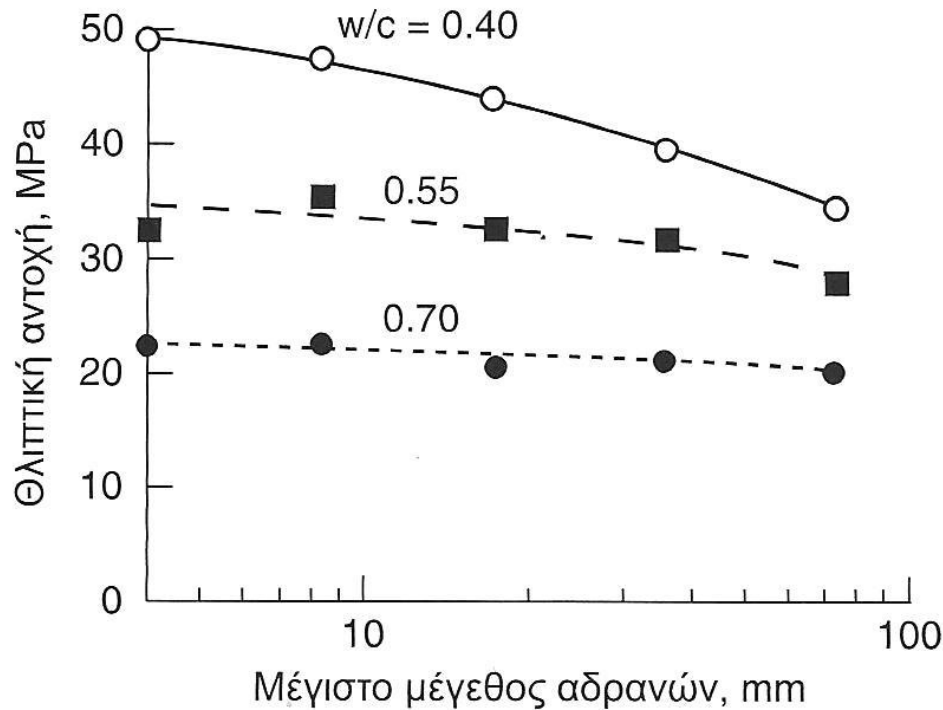
Ιδανική κοκκομετρική καμπύλη (3 από 3)

Ο μέγιστος κόκκος αδρανών συνήθως καθορίζεται από το κόσκινο στο οποίο πάνω από 15% κόκκοι συγκρατούνται. Όσο πιο μεγάλος είναι ο μέγιστος κόκκος, τόσο μικρότερη είναι η ειδική επιφάνεια, δηλαδή ο λόγος της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας των κόκκων προς το συνολικό βάρος (cm^2/g) ή προς το συνολικό όγκο τους (cm^2/cm^3) και κατά συνέπεια μικρότερο ποσοστό τσιμεντόπαστας θα απαιτηθεί για να καλυφθεί η επιφάνεια των αδρανών (για δεδομένο λόγο νερού/τσιμέντου).

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την επιλογή του μέγιστου κόκκου των αδρανών για την παρασκευή σκυροδέματος. Ο μέγιστος κόκκος των αδρανών έχει σχέση με τις διαστάσεις του ξυλότυπου, το πάχος της πλάκας, την απόσταση μεταξύ των ράβδων του οπλισμού. Για υψηλής αντοχής σκυρόδεμα ο μέγιστος κόκκος περιορίζεται συνήθως στα 19mm λόγω της μεγαλύτερης πιθανότητας μικρορηγματώσεων στους μεγάλους κόκκους. Τέλος, εκτός των παραπάνω και του οικονομικού παράγοντα που αναφέρθηκε ήδη, διαφοροποιείται η αντοχή του σκυροδέματος.



Σχέση λόγου N/T και θλιπτικής αντοχής



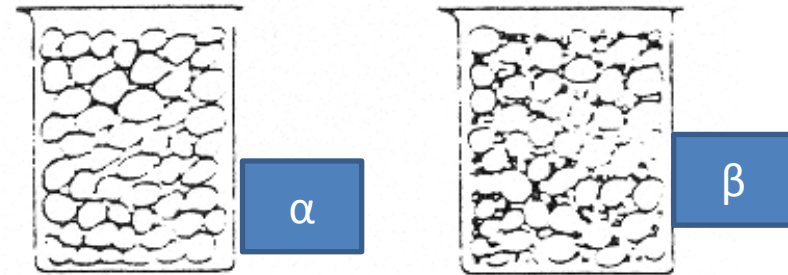
Επίδραση του μέγιστου κόκκου των αδρανών στην θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος.

Πηγή: *Cordon W.A. και H.A. Gillespie, J.ACI, Proc, Τόμος 60, Νο8, 1963*



Μέγεθος αδρανών και κενά

Η επίδραση της ποικιλίας στα μεγέθη των αδρανών στη μείωση του συνολικού όγκου των κενών ανάμεσα στα αδρανή μπορεί να παρασταθεί στο σχήμα.

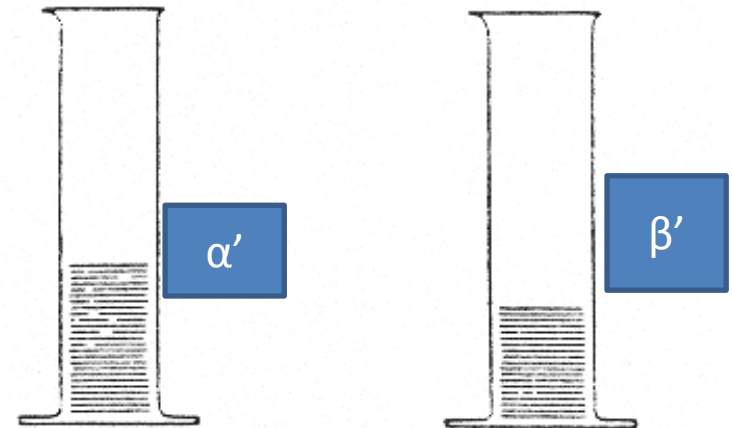


Σχήμα

α) αδρανή 25mm.

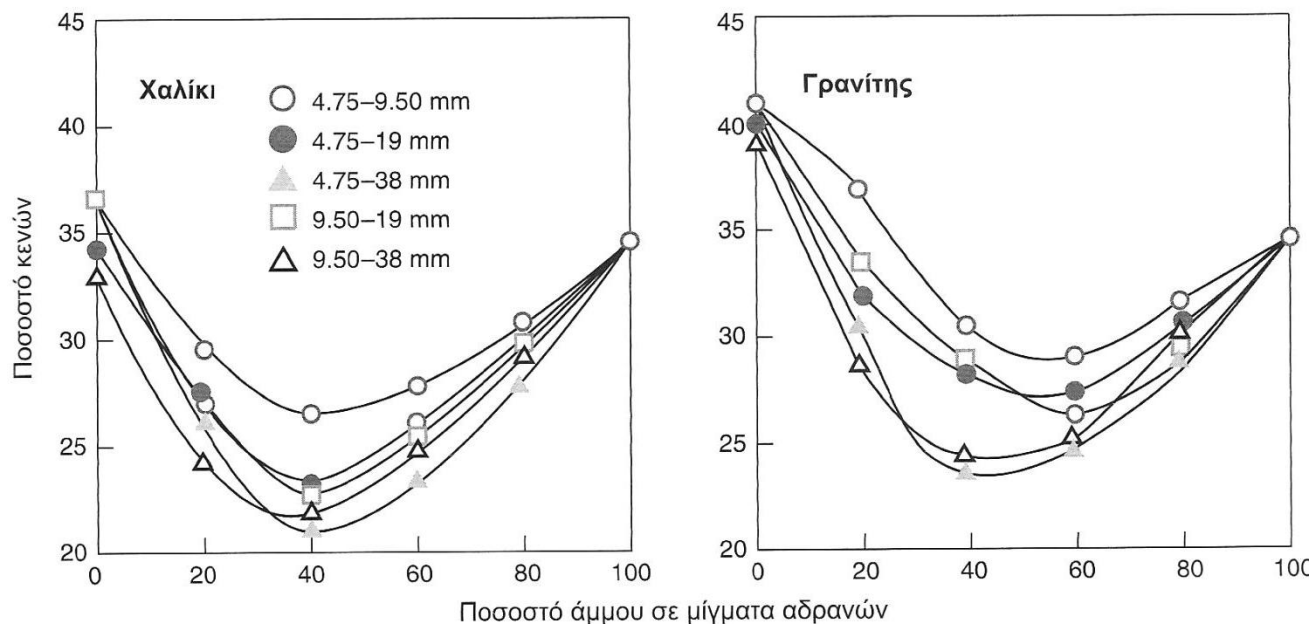
β) μίγμα αδρανών 9,5mm και 25mm.

α', β') νερό που απαιτείται (αντιστοιχεί στα κενά) για να γεμίσουν τα κενά των α, β.



Μείωση ποσοστού κενών με ανάμιξη άμμου και χονδρόκοκκων αδρανών

Εάν περισσότερες διαβαθμίσεις αδρανών συνδυαστούν θα επέλθει περαιτέρω μείωση των κενών. Πρακτικά, μίγματα με χαμηλό ποσοστό κενών μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση κανονικά διαβαθμισμένων χοντρόκοκκων αδρανών με κατάλληλα ποσοστά διαβαθμισμένης άμμου.



Πηγή: Walker S., Circular 8, National Sand and Gravel Association, 1930



Λεπτότητα άμμου (1 από 2)

Ο όρος μέτρο λεπτότητας (fineness modulus) ο οποίος αναφέρεται στη διαβάθμιση των αδρανών υλικών, μας δίνει μια ένδειξη για τη λεπτότητα του υλικού.

Το μέτρο λεπτότητας των αδρανών και σκύρων υπολογίζεται με την πρόσθεση των ολικών επί τοις % συγκρατούμενων ποσοστών του υλικού, επί συγκεκριμένης σειράς κόσκινων και διαιρούμενα με το 100 του προκύπτοντος αθροίσματος.

Το μέτρο λεπτότητας αποτελεί μία έκφραση της λεπτότητας των αδρανών υλικών, όχι όμως και της διαβάθμισής τους, εφόσον είναι δυνατόν πολλά υλικά που διαφέρουν στα συγκρατούμενα ποσοστά επί των διαφόρων κόσκινων, να έχουν το ίδιο μέτρο λεπτότητας.

Πηγή: Σταθάκης Ε. και Λαγγιώτης Χ, 1967



Λεπτότητα άμμου (2 από 2)

Για τον υπολογισμό του μέτρου λεπτότητας της άμμου χρησιμοποιούνται τα κόσκινα No4, No 8, No 16, No 30, No 50 και No 100.

Τυπικές Τιμές του μέτρου λεπτότητας της άμμου, είναι:

- α) Λεπτή άμμος : 2,4-2,5
- β) Μέση άμμος: 2,6 - 2,8
- γ) Χονδρή άμμος: 2,9 - 3,2

Το μέτρο λεπτότητας χονδρόκοκκων αδρανών υλικών συνήθως κυμαίνεται μέσα στα όρια 4,0 - 7,0.

Πηγή: Σταθάκης Ε. και Λαγγιώτης Χ, 1967



Παράδειγμα υπολογισμού λεπτότητας άμμου

Κόσκινο	Συγκρατούμενο βάρος (g)	Συγκρατούμενα (%)		Διερχόμενα (%) Συνολικά
		Στο κόσκινο	Συνολικά	
No 4(4,75mm)	0	0	0	100,0
No 8 (2,36mm)	38,5	8,5	8,5	91,5
No 16 (1,18mm)	83,0	18,5	27,0	73,0
No 30 (600μm)	97,5	21,6	48,6	51,4
No 50 (300μm)	142,0	31,5	80,1	19,9
No 100 (150μm)	74,5	16,5	96,6	3,4
No 200 (75μm)	14,5	3,2	99,8	0,2
Υπόλοιπο	1,0	0,2	100,0	0,0
Σύνολο	451,0		260,8	

Μέτρο λεπτότητας (F.M.): 2,6

Δομικά Υλικά Ι

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Όρια Ελληνικών προδιαγραφών για αδρανή υλικά

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα όρια ελληνικών προδιαγραφών για τα αδρανή

Δοκιμές αδρανών Τύπος ασφαλτομίγματος	Αντοχή Los Angeles	Υγεία πετρώματος	Ισοδύναμο άμμου	PSV	AAV	Δείκτης πλακοειδούς	Όριο υδαρότητας	Δείκτης πλαστικότητας
	AASHTO T-96	AASHTO T-104	AASHTO T- 170	BS 812/75	BS 812/75		AASHTO T-89	AASHTO T-91
A265	≤ 40%	≤ 9%	≥ 55%	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	NA	NA
A260	≤ 40%	≤ 12%	≥ 50%	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	NA	NA
O150	≤ 50%	≤ 12%	≥ 40%	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	≤ 25	≤ 4
O155	≤ 50%	≤ 12%	≥ 50%	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	Ανπολισθηρές κατασκευές	≤ 25	≤ 3



Έλεγχοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα (1 από 5)

Χαρακτηριστικά αδρανών και μέθοδοι ελέγχου	Όρια ΚΤΣ (1997) ή ΕΛΟΤ 408
1. Δειγματοληψία αδρανών	Σύμφωνα με Παρ. 4.3.4.2. και ΣΚ-319
2. Κοκκομετρική διαβάθμιση (EN933-1, AASHTO T27) Παρ. 4.3.2.1.	Σύμφωνα με τον μέγιστο κόκκο των αδρανών: 16/31, 5/63 mm
3. Ποσοστό παιπάλης, διερχόμενης Νο 200 (75μm) κόσκινο (ΣΚ-305 ή AASHTO T11) Παιπάλη στα 63μm EN933-8	<i>Θραυστή άμμος (Παρ. 4.3.2.10.)</i> Παιπάλη άμμου <16% Παιπάλη σκύρων < 1% ή 1,5% Παιπάλη άμμου (άοπλο) < 20% <i>Φυσική άμμος (Παρ. 4.3.3.1.)</i> Παιπάλη άμμου < 5% ή 3%



Έλεγχοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα (2 από 5)

Χαρακτηριστικά αδρανών και μέθοδοι ελέγχου	Όρια ΚΤΣ (1997) ή ΕΛΟΤ 408
4. Ποσοστό άμμου διερχόμενου από το 0.25mm κόσκινο	Για: $f_{ck} < C 25/30$ Τότε ποσοστό < 24% Για: $f_{ck} < C 25/30$ Τότε ποσοστό < 30% Για: άοπλο χωρίς ειδικές απαιτήσεις, Ποσοστό 0.2mm < 37%
5. Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας αδρανών	Πρέπει να γίνεται διόρθωση του νερού αναμίξεως βάση της φυσικής υγρασίας αδρανών (ΣΚ-324)
6. Ειδικό βάρος και υδαταπορροφήση χονδρό-κοκκων αδρανών. (ΣΚ-301, ΣΚ-302, AASHTO T85, AASHTO T84)	Ελάχιστο: 2.40 Μέγιστο: 3.00 Βλέπε 1.1 του ΚΤΣ και 4.2.2 του ΕΛΟΤ-408



Έλεγχοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα (3 από 5)

Χαρακτηριστικά αδρανών και μέθοδοι ελέγχου	Όρια ΚΤΣ (1997) ή ΕΛΟΤ 408
7. Ειδικό βάρος και υδατοαπορρόφηση υλικών (ΣΚ-302, AASHTO T85)	Ελάχιστο: 2.40 Μέγιστο: 3.00
8. Αντοχή μητρικού πετρώματος (Παρ. 3.1. του ΕΛΟΤ 408)	Αντοχή < 650 MPa Επιτρέπεται και αντοχή μεταξύ 45-65 MPa ή και κάτω των 45 MPa με βάση τη Μελέτη Σύνθεσης. Στην 4.3.2.18 επιτρέπεται για επιχρισμένο σκυρόδεμα αντοχή αδρανών <45MPa υπό προϋποθέσεις.



Έλεγχοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα (4 από 5)

Χαρακτηριστικά αδρανών και μέθοδοι ελέγχου	Όρια ΚΤΣ (1997) ή ΕΛΟΤ 408
9. Δοκιμή Los Angeles (EN1097-1, ΣΚ-345 ή AASHTO T96) ASTM C 535 και C 131	Φθορά < 40% (βλέπε 3.2 του ΕΛΟΤ-408)
10. Δοκιμή υγείας (EN1367-2, ΣΚ-321 ή AASHTO T104) ή ASTM C88 ή ASTM C290	Απώλεια: <10% (άμμοι) <12% (σκύρα) (βλέπε 3.3 του ΕΛΟΤ-408)
11. Εύθρυπτοι και μαλακοί κόκκοι (ΣΚ-306 ή AASHTO T112)	Περιεκτικότητα < 3% Σβώλοι αργίλου < 0.25% κλπ.



Έλεγχοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα (5 από 5)

Χαρακτηριστικά αδρανών και μέθοδοι ελέγχου	Όρια ΚΤΣ (1997) ή ΕΛΟΤ 408
12. Ισοδύναμο άμμου (EN933-8, ΣΚ-346 ή AASHTO T176) ή ASTM D 2439	Πίνακας 1. ΕΛΟΤ 408 Ισοδ. Άμμου > 75% (ακραίο/δυσμενές όριο) >70% >65% (σύνηθες) αναλόγως συνθηκών περιβάλλοντος και απαιτήσεων κατασκευής
13. Οργανικές προσμίξεις (ΣΚ-363 ή AASHTO T21) ή ASTM C 33	Χρωματογραφικά: Ανοιχτότερο χρώμα από το Πρότυπο χρώμα (βλέπε 4.2.5 του ΕΛΟΤ-408)



Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών για οδοποιία (1 από 2)

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού θα πρέπει να ανταποκρίνεται προς τα αναγραφόμενα όρια διαβάθμισης στον παρακάτω πίνακα. Η διαβάθμιση του υλικού πρέπει επίσης να είναι ομαλή, έτσι ώστε το σχετικό διάγραμμα να μην παρουσιάζει απότομες διακυμάνσεις. Ο έλεγχος της κοκκομετρικής διαβάθμισης θα γίνεται σύμφωνα προς τις Πρότυπες Μεθόδους A.A.S.H.O.:T-11 και A.A.S.H.O.: T-27.



Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών για οδοποιία (2 από 2)

ΠΙΝΑΚΑΣ

Όρια
διαβάθμισης
αδρανών για
έργα
οδοποιίας
(Πρότυπες
Τεχνικές
Προδιαγραφές
0150
για κατασκευή
υποβάσεων
οδοστρώματος

Κόσκινα		Διερχόμενο % (κατά βάρος)				
Άνοιγμα βροχίδας		Διαβά- θμιση Α	Διαβά- θμιση Β	Διαβά- θμιση Γ	Διαβάθ - μιση Δ	Διαβάθ - μιση Ε
Σε ίντσες	Σε χιλιοστά					
3"	76,2	100	-	-	-	-
2"	50,8	65-100	100	-	-	-
1 ½"	38,1	-	70-100	100	-	-
1 ¼"	31,7	-	-	-	100	-
1"	25,4	45-75	55-85	70-100	83-100	100
¾"	19,1	-	50-80	60-90	65-95	70-100
3/8"	9,52	30-60	40-70	45-75	47-77	50-80
No 4	4,76	25-50	30-60	30-60	33-64	35-65
No 10	2,00	20-40	20-50	20-50	23-50	25-50
No 40	0,42	10-25	10-30	10-30	13-30	15-30
No 200	0,074	3-10	5-15	5-15	5-15	5-15

Δομικά Υλικά Ι



Έλεγχοι αδρανών υλικών (1 από 9)

1. Αντοχή πετρώματος σε τριβή και κρούση (Los Angeles).

Αφορά τον προσδιορισμό της φθοράς του πετρώματος σε τριβή και κρούση που περιλαμβάνει θραύση πετρώματος, διαχωρισμό κλασμάτων, πλύσιμο, στέγνωμα, ζύγισμα, τοποθέτηση στη συσκευή, εκτέλεση δοκιμής, κοσκίνισμα, ζύγισμα, υπολογισμούς, σύμφωνα με την AASHTO T96, ASTM C535, ASTM C131.

2. Προσδιορισμός της αντοχής αδρανών υλικών σε τριβή (DEVAL SEC).

Αφορά την εκτέλεση, μιας δοκιμής, ήτοι: θραύση, κοσκίνισμα, πλύσιμο, στέγνωμα, ζύγισμα, εκτέλεση της δοκιμής, υπολογισμό αποτελέσματος, σύμφωνα με την NFP 18577.

3. Προσδιορισμός αντοχής σε θλίψη πετρώματος.

Αφορά τον προσδιορισμό της αντοχής σε θλίψη πετρώματος, ήτοι: τη λήψη κυλινδρικού δοκιμίου από βραχώδη μάζα μετά από διάτρηση με καροταρία, κοπή των άκρων του δοκιμίου, λείανση ή καπέλωμα και θραύση του δοκιμίου σύμφωνα με ASTM C170, (DIN 52105) ΕΛΟΤ 750.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (2 από 9)

4. Προσδιορισμός δείκτη ευθριπτότητας των άμμων.

Αφορά την εκτέλεση μιας δοκιμής καθορισμού της ευθριπτότητας των άμμων, ήτοι: κοσκίνισμα στο νερό, ξήρανση, ομοιογενοποίηση του δείγματος και ζύγιση, εκτέλεση της δοκιμής και υπολογισμός του δείκτη, σύμφωνα με την NFP 18576.

5. Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση (υγεία) των αδρανών υλικών(μέθοδος θειικού νατρίου).

Αφορά τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας των αδρανών υλικών σε αποσάθρωση, υπό την επίδραση θειικού νατρίου, ήτοι: την Προετοιμασία του υγρού διαλύματος, την προετοιμασία του αδρανούς, τη θραύση, την κοκκομέτρηση, σε διαχωρισμό κλασμάτων, τη συλλογή του απαραίτητου βάρους κάθε κλάσματος, τους πέντε κύκλους διαβροχής- ξήρανσης στο θάλαμο δοκιμής, το τελικό ξέπλυμα με καυτό νερό και στέγνωμα επί τρεις φορές το κοσκίνισμα και τον υπολογισμό της φθοράς σύμφωνα με τη Μέθοδο ASTM C88 AASHTO T104).



Έλεγχοι αδρανών υλικών

(3 από 9)

6. Προσδιορισμός της σκληρότητας ορυκτών με την κλίμακα MOHS.

Αφορά τον προσδιορισμό της σκληρότητας των ορυκτών, ήτοι: προετοιμασία δοκιμίου, ξήρανση, διαμόρφωση τομής, εκτέλεση δοκιμής.

7. Προσδιορισμός ειδικού βάρους αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους αδρανών, ήτοι: την Προετοιμασία του υλικού, διαβροχή 24 ώρες, εμφάνιση και ζύγισμα, υπολογισμό άνωσης, στέγνωμα επιφανειακό, ζύγισμα, σύμφωνα με τη Μέθοδο BS 812 (AASHTO T85).

8. Προσδιορισμός υγρασίας απορρόφησης αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό της υγρασίας απορρόφησης των αδρανών υλικών, ήτοι: την προετοιμασία του υλικού, διαβροχή, σκούπισμα επιφανειακό ζύγισμα, ξήρανση, υπολογισμούς, σύμφωνα με την AASHTO T85.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (4 από 9)

9. Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό Του φαινόμενου βάρους αδρανών, ήτοι: την προετοιμασία, τετραμερισμό, ζύγισμα και ογκομέτρηση μήτρας, πλήρωση μήτρας με δείγμα, ζύγισμα, σύμφωνα με την AASHTO T 19.

10. Προσδιορισμός κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών.

Αφορά την εκτέλεση μιας δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης σε αδρανή υλικά, στην οποία θα προσδιορίζεται χωριστά η διαβάθμιση του χονδρόκοκκου και λεπτόκοκκου υλικού με ή χωρίς πλύσιμο, ήτοι: ξήρανση, ζύγιση, διαβροχή, πλύση, κοσκίνισμα, ζύγιση, υπολογισμό, σχεδίαση καμπύλων, σύμφωνα με τις AASHTO T27 και AASHTO T11.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (5 από 9)

11. Προσδιορισμός ποσοστού παιπάλης θραυστού υλικού με έκπλυση.

Αφορά τον προσδιορισμό του ολικού ποσοστού λεπτότερου του κόσκινού Νο200, ήτοι την ξήρανση, ζύγισμα, διαβροχή, πλύση, κοσκίνισμα, ξήρανση, ζύγισμα, υπολογισμό, σύμφωνα με την A8TM 0117 (AASHTO T37).

12. Προσδιορισμός ισοδύναμου άμμου.

Αφορά τη δοκιμή προσδιορισμού του ισοδύναμου άμμου θραυστού υλικού, ήτοι τη φυσική ξήρανση, τον τετραμερισμό, το κοσκίνισμα του δείγματος, τη συγκέντρωση του ποσοστού που διέρχεται το κόσκινο Νο4, την τοποθέτηση διαλύματος σε ογκομετρικό, την πλήρωση κάψας με το δείγμα, τη διαβροχή, την ανάδευση του δείγματος, το ξέπλυμα, τη μέτρηση, υπολογισμούς, σύμφωνα με τη μέθοδο AASHTO T176.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (6 από 9)

13. Προσδιορισμός γραμμικής συρρίκνωσης.

Αφορά τον προσδιορισμό της γραμμικής συρρίκνωσης του αργιλικού εδάφους, ήτοι την ξήρανση, τον τετραμερισμό, την κοκκομέτρηση, το διαχωρισμό του κλάσματος που διέρχεται το κόσκινο Νο4, τη διαβροχή του υλικού, τη δημιουργία ζύμης, την τοποθέτηση του δείγματος στη μήτρα, την παραμονή επί τριήμερο, την ξήρανση σε φούρνο, σύμφωνα με την BS 1377.

14. Προσδιορισμός αντίστασης σε απότριψη αδρανών υλικών.

Αφορά Τον προσδιορισμό του δείκτη φθοράς σε απότριψη αδρανών υλικών, ήτοι: θραύση Πετρώματος, διαμόρφωση κοκκομετρικού κλάσματος. πλύσιμο, στέγνωμα, Κατασκευή δύο δοκιμίων, ζύγισμα, εκτέλεση της δοκιμής, εύρεση φαινόμενου ειδικού βάρους, υπολογισμό αποτελεσμάτων σύμφωνα με την BS 812/75.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (7 από 9)

15. Προσδιορισμός φθοράς σε συντριβή αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό του δείκτη φθοράς σε συντριβή αδρανών υλικών, ήτοι: θραύση πετρώματος, διαμόρφωση κοκκομετρικού κλάσματος, πλύσιμο, στέγνωμα γέμισμα μήτρας, ζύγισμα υλικού, γέμισμα μήτρας πρέσας, εκτέλεση δοκιμής, κοσκίνισμα, ζύγισμα, υπολογισμό αποτελεσμάτων, επανάληψη δοκιμής σύμφωνα με την BS 812/75.

16. Προσδιορισμός αντίστασης σε στίλβωση αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση αδρανών υλικών, ήτοι: θραύση του πετρώματος, διαμόρφωση του κοκκομετρικού κλάσματος, πλύσιμο, στέγνωμα, κατασκευή τεσσάρων δοκιμίων, τοποθέτηση στη συσκευή, εκτέλεση της δοκιμής, λήψη μετρήσεων, υπολογισμό αποτελεσμάτων, σύμφωνα με την BS 812/75.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (8 από 9)

17. Προσδιορισμός φθοράς σε κρούση αδρανών υλικών.

Αφορά τον προσδιορισμό του δείκτη φθοράς σε κρούση αντιολισθηρών αδρανών υλικών, ήτοι: θραύση πετρώματος, κοσκίνισμα για τη διαμόρφωση του κοκκομετρικού κλάσματος, πλύσιμο, στέγνωμα, γέμισμα μήτρας, ζύγισμα υλικού, γέμισμα μήτρας συσκευής, εκτέλεση της δοκιμής, κοσκίνισμα, ζύγισμα, υπολογισμό αποτελεσμάτων, επανάληψη δοκιμής, σύμφωνα με την BS 812/75.

18. Προσδιορισμός φθοράς σε τριβή παρουσία νερού αδρανών υλικών (MICRODEVAL-EAU).

Αφορά τον προσδιορισμό της φθοράς σε τριβή αδρανών υλικών, στη μηχανή Microdeval Παρουσία νερού, ήτοι: θραύση πετρώματος, εκλογή κοκκομετρικού κλάσματος, πλύσιμο, στέγνωμα, ζύγισμα, ζύγισμα σφαιρών, τοποθέτηση στη μηχανή, εκτέλεση της δοκιμής, κοσκίνισμα, ζύγισμα, υπολογισμός αποτελεσμάτων, σύμφωνα με NFP 18572.



Έλεγχοι αδρανών υλικών (9 από 9)

19. Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδούς.

Αφορά την εκτέλεση μιας δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης χονδρόκοκκων αδρανών με χρήση κόσκινων τετραγωνικού και επιμήκους ανοίγματος, ήτοι: ξήρανση, κοσκίνισμα, ζύγιση κατά κλάσμα, κοσκίνισμα με τα επιμήκη κόσκινα κατά κλάσμα, υπολογισμό, σύμφωνα με την 88 812/75 section 105.1.

Πηγή: ΚΕΔΕ, Αθήνα



Σύνθεση κλασμάτων αδρανών

Τα αδρανή κοσκινίζονται και διατίθενται στο εμπόριο σε συγκεκριμένα κλάσματα διαβαθμίσεων, έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η σύνθεσή τους και η επίτευξη διαφορετικών κοκκομετρικών καμπυλών ανάλογα με τις ανάγκες. Στην Ελλάδα τα συνήθη κλάσματα αδρανών είναι: άμμος (0-4mm), ρύζι (4-8mm), γαρμπίλι (8-16mm) και σκύρα (16-31,5mm), αλλά επιτρέπεται και η χρήση άλλων κλασμάτων αρκεί το μίγμα τους να πληροί τα όρια της αντίστοιχης ιδανικής κοκκομετρικής καμπύλης των κανονισμών. Έτσι, ανάλογα με το μέγιστο κόκκο, το τελικό μίγμα μπορεί να προκύπτει από τη σύνθεση 2, 3, 4 ή και παραπάνω κλασμάτων αδρανών.

Η σύνθεση των παραπάνω κλασμάτων μπορεί να γίνει με:

- Τη γραφική μέθοδο.
- Τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.
- Με τη μέθοδο των διαδοχικών δοκιμών.
- Με τη μέθοδο των γραμμικών εξισώσεων.



Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (1 από 6)

- Για να παρασκευασθεί σκυρόδεμα πρέπει να είναι γνωστές οι αναλογίες αναμίξεως των υλικών. Πρέπει επομένως, αφού έχει γίνει η εκλογή του μέγιστου κόκκου των αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν, να βρεθεί το επί τοις % κ.β. ποσοστό από κάθε κατηγορία αδρανών (άμμος, ρύζι, γαρμπίλι, σκύρα) που θα δώσει την κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση για ένα σκυρόδεμα με ορισμένες απαιτήσεις αντοχής και εργασιμότητας.
- Στην άσκηση αυτή παρουσιάζεται με ένα παράδειγμα μία γραφική μέθοδος που εφαρμόζεται για την παρασκευή σκυροδέματος.
- Είναι γνωστές οι πρότυπες καμπύλες των κανονισμών π.χ. DIN 1045 που καθορίζουν τις χρησιμοποιήσιμες περιοχές της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών και οι επί μέρους κοκκομετρικές ανάλυσης για άμμο, ρύζι και γαρμπίλι.



Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (2 από 6)

- Διαλέγεται μέσα στην ευνοϊκή περιοχή της προτύπου καμπύλης των κανονισμών του σχ. 1 η καμπύλη κλμνξρ. (τα κλμνξρ αντιστοιχούν στα κόσκινα 0.25, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 και 16.0mm με αντίστοιχα διερχόμενα ποσοστά 7% -20% -30% -45% -70% και 100%).
- Στο αυθαίρετο ορθογώνιο ΑΒΓΔ διαγωνίου ΑΓ του σχ. 2 χωρίζεται η ΑΔ σε 100 ίσα μέρη ανά 10 και παριστά τον άξονα του επί τοις % διερχόμενου ποσοστού. Πάνω στην οριζόντια ΑΒ σημειώνονται οι θέσεις των κοσκίνων που είναι οι τετμημένες των σημείων τομής των επί τοις % διερχόμενων ποσοστών της κλμνξρ καμπύλης με τη διαγώνιο ΑΓ.
- Στο διάγραμμα αυτό, με γνωστές τις κλίμακες των τετμημένων και τεταγμένων μεταφέρονται οι κοκκομετρικές αναλύσεις για την άμμο, ρύζι και γαρμπίλι αντίστοιχα. Λαμβάνονται έτσι οι τρεις τεθλασμένες γραμμές abcdeh για την άμμο fgh το ρύζι και imΓ για το γαρμπίλι (σχ. 2).



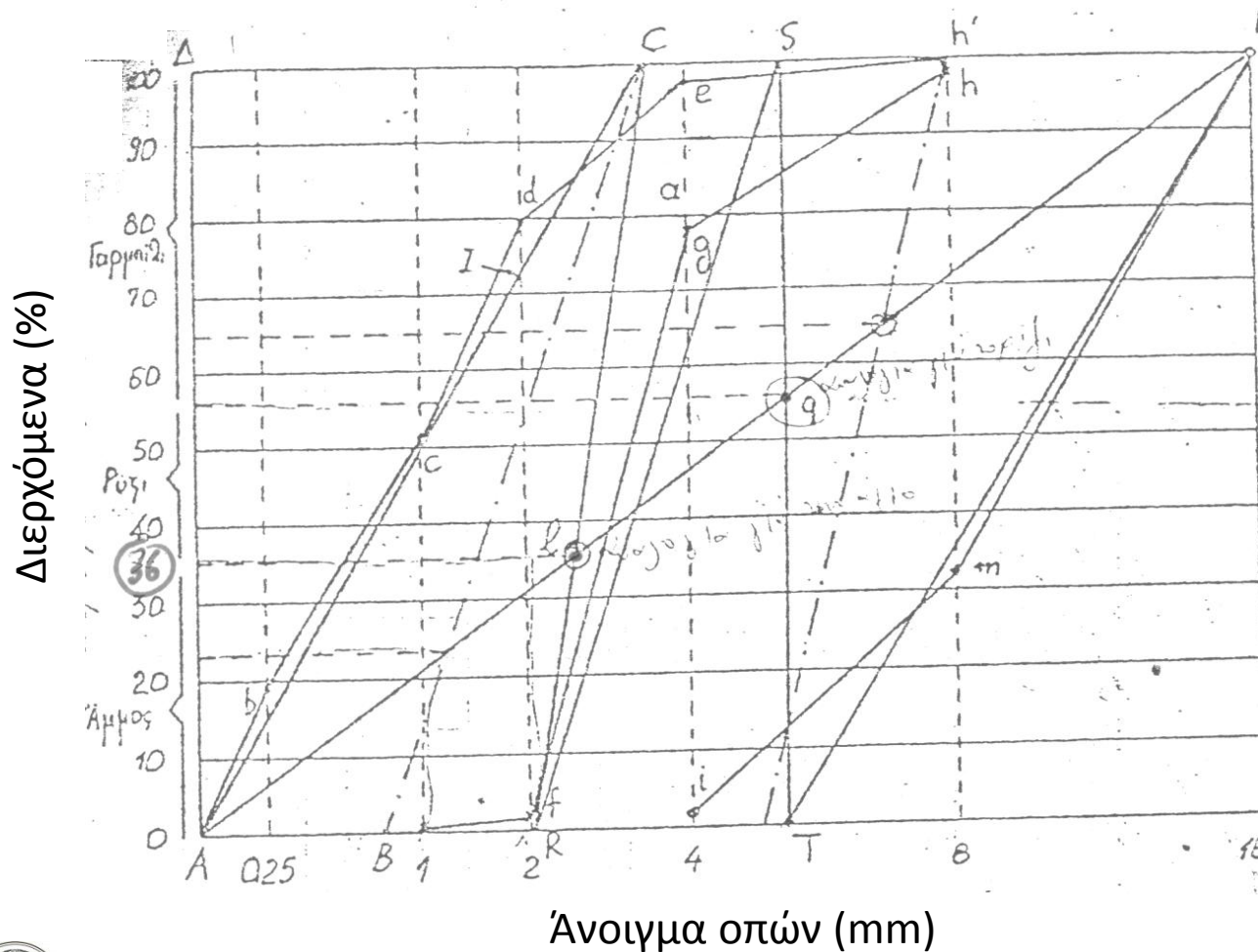
Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (3 από 6)

- Στη συνέχεια φέρονται οι μέσες ευθείες των τεθλασμένων δηλ. οι AC RS και TG αντίστοιχα, έτσι ώστε να προσεγγίζουν καλύτερα τις τεθλασμένες. Βλέποντας πάντα το σχ. 2 ενώνουμε με ευθείες τα CR και ST. Οι ευθείες αυτές τέμνουν την διαγώνιο ΑΓ στα σημεία και ρ. Οι τεταγμένες των σημείων αυτών δίνουν τις ζητούμενες αναλογίες της κοκκομετρικής σύνθεσης, δηλαδή στο παράδειγμα 36% άμμου 20% χονδρόκοκκης άμμου (ρύζι) και 44% λεπτά σκύρα (γαρμπίλι).
- Με τον πίνακα V γίνεται έλεγχος της κοκκομετρικής σύνθεσης που προέκυψε από τη γραφική μέθοδο Υπολογίζεται θεωρητικά η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος 36% άμμος, 20% ρύζι, 44% γαρμπίλι και συγκρίνεται με τη διαβάθμιση που έχει εκλεγεί μέσα στην ευνοϊκή περιοχή

	7%	20%	30%	45%	70%	100%
Για τα κόσκινα	0.25	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0mm



Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (4 από 6)



imΓ: γαρυπίλι

fgh: ρύζι

Abcdeh': άμμος

TΓ: προσέγγιση στο
γαρυπίλι

RS: προσέγγιση στο
ρύζι

AC: προσέγγιση στην
άμμο

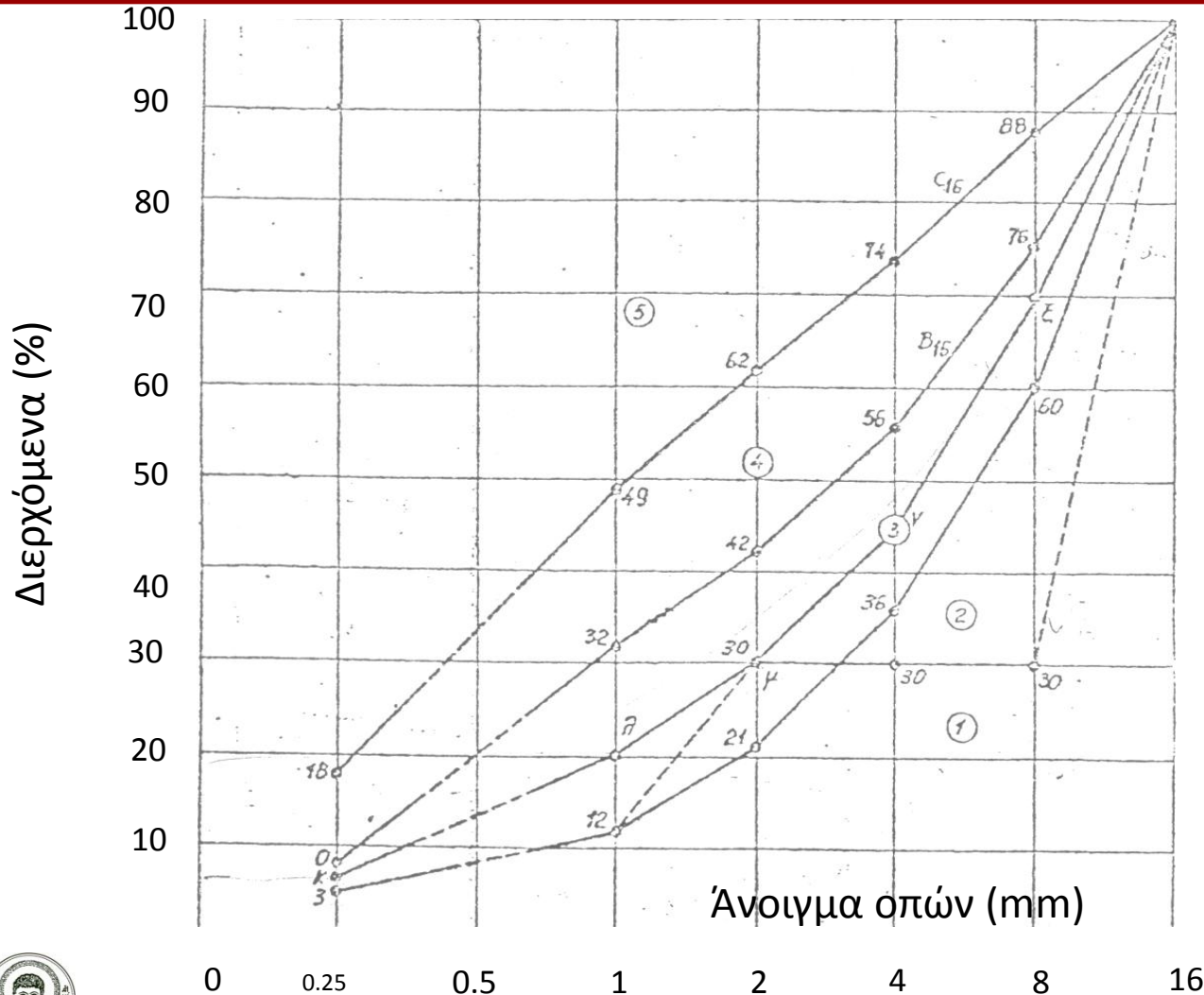


Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (5 από 6)

Αδρανή (mm κόκκου)	0.25mm	1.0mm	2.0mm	4.0mm	8.0mm	16.0mm
	Διερχόμενο ποσοστό (%)					
Άμμος λεπτή	19.4	50.50	78.70	99.80	100.00	100.00
Άμμος χονδρή	0.30	0.50	2.30	77.40	99.80	100.00
Σκύρα λεπτά (γαρμπίλι)	0.16	0.25	0.40	1.40	32.00	99.80
36% λεπτή άμμος	6.98	18.18	28.33	35.93	36.00	36.00
20% χονδρή άμμος	0.06	0.10	0.46	15.48	19.96	20.00
44% λεπτά σκύρα	0.07	0.11	0.18	0.62	14.08	43.91
Προκύπτουσα τεθλασμένη	7.11	18.39	28.97	52.03	70.04	99.91
Επιδιωχθέντα ποσοστά	7%	20%	30%	45%	70%	100%



Γραφική μέθοδος σύνθεσης αδρανών (6 από 6)

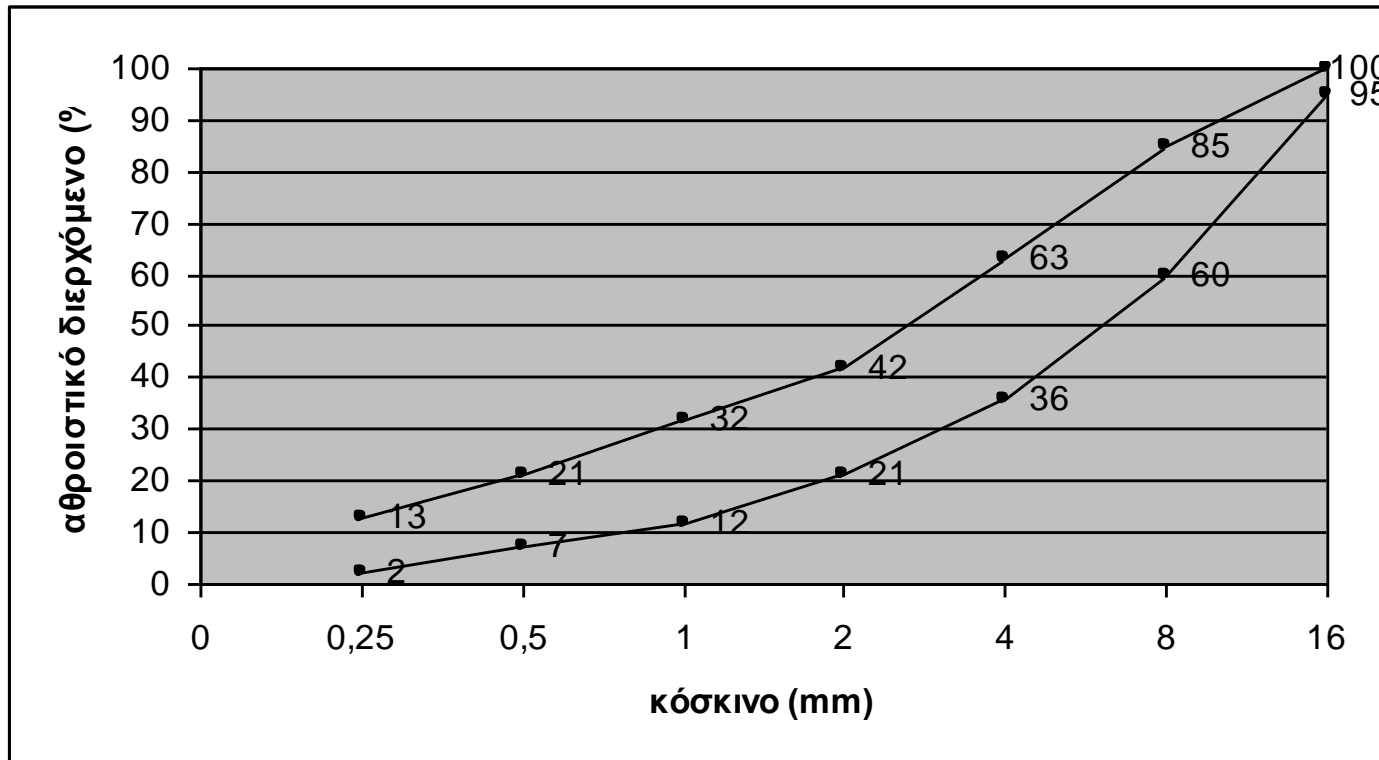


Υποχρεωτικά όρια
κοκκομετρικής
διαβάθμισης μίγματος
θραυστών αδρανών
(DIN 4188) (Σχέδιο
Ελληνικής
προδιαγραφής)



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (1 από 7)

Έστω ότι επιλέγουμε μέγιστο κόκκο 16mm για τη σύνθεση αδρανών για σκυρόδεμα. Από τον ΚΤΣ-97 έχουμε την ακόλουθη ιδανική περιοχή μεταξύ των δύο κοκκομετρικών καμπύλων (περιοχή Δ για συνήθη οικοδομικά έργα):



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (2 από 7)

Στόχος είναι η καμπύλη που θα προκύψει από το μίγμα των αδρανών να βρίσκεται εντός της περιοχής αυτής. Αν επιλέξουμε το μέσο της περιοχής, τότε πρέπει σε κάθε κόσκινο το αθροιστικό διερχόμενο του μίγματος να είναι ίσο με το μέσο όρο των δύο τιμών, άνω και κάτω καμπύλης. Έτσι, για το κόσκινο 0,5 για παράδειγμα, ζητούμενό μας είναι το διερχόμενο του μίγματος να είναι 14%.

Έστω τώρα ότι διαθέτουμε τρία κλάσματα αδρανών με την παρακάτω κοκκομετρική διαβάθμιση:

Κόσκινο (mm)	Αθροιστικό διερχόμενο (%)		
	Κλάσμα 1 (άμμος)	Κλάσμα 2 (ρύζι)	Κλάσμα 3 (γαρμπίλι)
16	100	100	100
8	100	100	20
4	100	25	-
2	70	10	-
1	45	-	-
0,5	35	-	-
0,25	20	-	-



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (3 από 7)

Αν είναι A, B, Γ οι επί τοις εκατό αναλογίες των κλασμάτων 1, 2, 3, στο τελικό μίγμα, αντίστοιχα, και x_i, y_i, z_i το % διερχόμενο από το κόσκινο i για τα κλάσματα 1, 2, 3, αντίστοιχα, τότε θα ισχύει η γενική εξίσωση:

$$[\text{Κόσκινο } i] \quad x_i \cdot A + y_i \cdot B + z_i \cdot \Gamma = \Sigma_i,$$

όπου Σ_i το ζητούμενο διερχόμενο του μίγματος από το κόσκινο i

Οι άγνωστοι στην εξίσωση είναι τα ποσοστά του κάθε κλάσματος A, B, Γ και είναι προφανές ότι ισχύει:

$$A + B + \Gamma = 1$$

Αν γράψουμε την εξίσωση για κάθε κόσκινο, τότε προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (4 από 7)

(1)	$A + B + \Gamma = 1$	
(2)	$100 \cdot A + 100 \cdot B + 100 \cdot \Gamma = 100$	[κόσκινο 16]
(3)	$100 \cdot A + 100 \cdot B + 20 \cdot \Gamma = 72,5$	[κόσκινο 8]
(4)	$100 \cdot A + 25 \cdot B = 49,5$	[κόσκινο 4]
(5)	$70 \cdot A + 10 \cdot B = 31,5$	[κόσκινο 2]
(6)	$45 \cdot A = 22$	[κόσκινο 1]
(7)	$35 \cdot A = 14$	[κόσκινο 0,5]
(8)	$20 \cdot A = 7,5$	[κόσκινο 0,25]

Έχουμε, λοιπόν, ένα σύστημα εξισώσεων με 8 εξισώσεις και 3 αγνώστους. Από τα μαθηματικά γνωρίζουμε ότι το σύστημα αυτό έχει άπειρες λύσεις, οπότε άπειροι είναι και οι συνδυασμοί των αδρανών που μπορούν να επιλεγούν. Δεν υπάρχει, δηλαδή, μοναδική λύση αλλά μόνο βέλτιστη.

- Από τις τρεις τελευταίες εξισώσεις προκύπτει:

$$(6) A = 0,49 \quad (7) A = 0,4 \quad (8) A = 0,38$$



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (5 από 7)

Οπότε μπορούμε να επιλέξουμε δοκιμαστικά την τιμή $A = 0,43$

Οι εξισώσεις (4) και (5) γίνονται:

- $100 \cdot 0,43 + 25 \cdot B = 49,5$
- $70 \cdot 0,43 + 10 \cdot B = 31,5$

και λύνοντας ως προς B:

- (4) $B = 0,26$
- (5) $B = 0,14$

κι εδώ επιλέγουμε δοκιμαστικά την τιμή $B = 0,20$

- Από τη θεμελιώδη εξίσωση (1) προκύπτει $\Gamma = 0,37$



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (6 από 7)

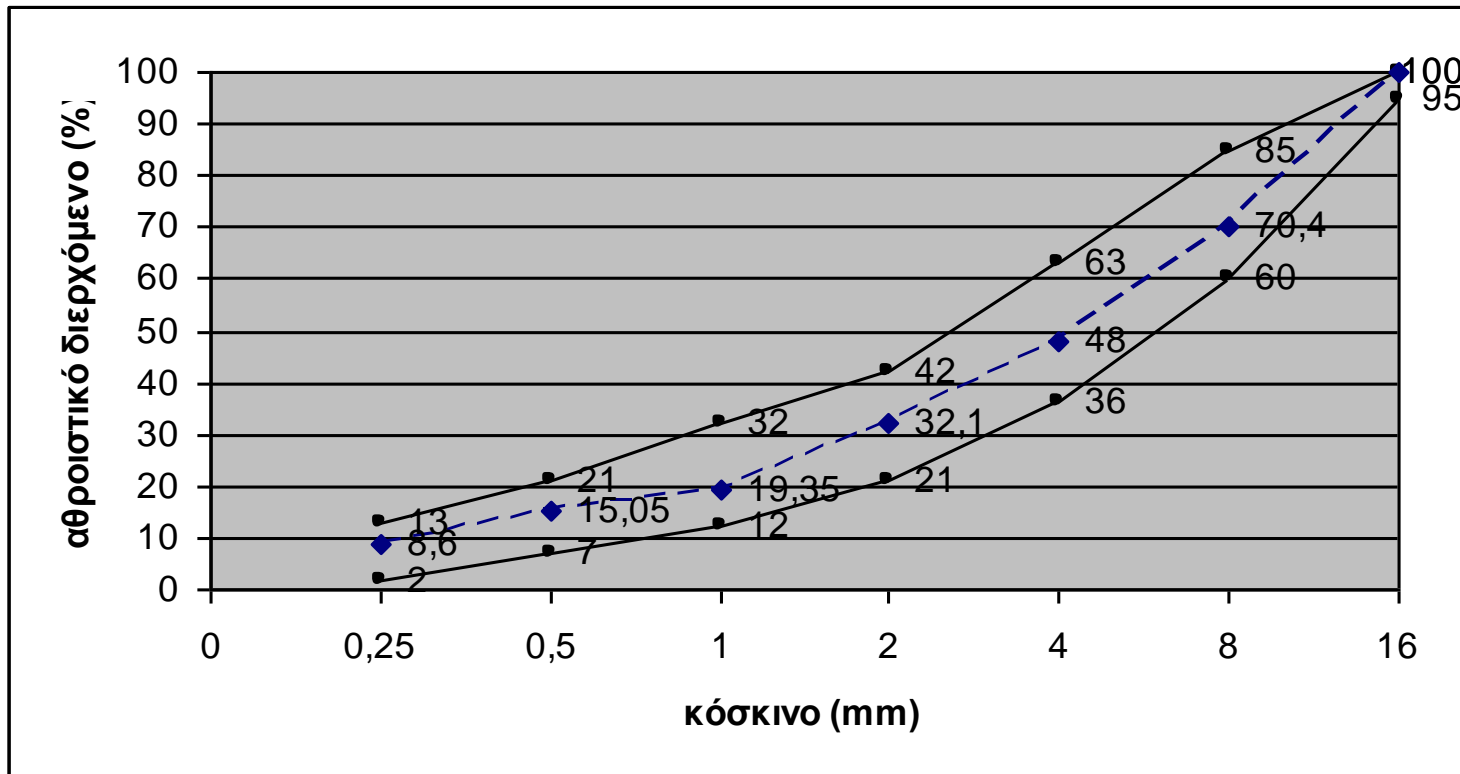
Αν χρησιμοποιήσουμε τις τιμές $A = 43\%$, $B = 20\%$ και $\Gamma = 37\%$ στις εξισώσεις (1) ως (8) θα προκύψει μια σειρά τιμών που θα πρέπει να προσεγγίζει τις ζητούμενες τιμές Σ. Υπολογίζουμε αυτές τις τιμές (σε παρένθεση η ζητούμενη τιμή):

- (1) $0,43 + 0,20 + 0,37 = 1$ (1)
- (2) $100 \cdot 0,43 + 100 \cdot 0,20 + 100 \cdot 0,37 = 100$ (100)
- (3) $100 \cdot 0,43 + 100 \cdot 0,20 + 20 \cdot 0,37 = 70,4$ (72,5)
- (4) $100 \cdot 0,43 + 25 \cdot 0,20 = 48$ (49,5)
- (5) $70 \cdot 0,43 + 10 \cdot 0,20 = 32,1$ (31,5)
- (6) $45 \cdot 0,43 = 19,35$ (22)
- (7) $35 \cdot 0,43 = 15,05$ (14)
- (8) $20 \cdot 0,43 = 8,6$ (7,5)



Μέθοδος γραμμικών εξισώσεων (7 από 7)

Τις τιμές που προκύπτουν τις προβάλλουμε στην ιδανική περιοχή των προδιαγραφών:



Το διάγραμμα επιβεβαιώνει ότι η λύση μας είναι μέσα στα όρια των προδιαγραφών.



Επίλυση με χρήση Η/Υ (1 από 2)

Το πλεονέκτημα της μεθόδου των γραμμικών εξισώσεων είναι ότι στην περίπτωση που η καμπύλη που προκύπτει είναι εκτός των ορίων ή δε μας ικανοποιεί, μπορούμε να επαναλάβουμε την επίλυση επιλέγοντας κάποιες άλλες λύσεις.

Οι πολλές πράξεις που απαιτούνται, όμως, κάνουν δύσκολη την πολλαπλή επανάληψη της λύσης και γι' αυτό η μέθοδος δε χρησιμοποιούνταν εύκολα στο παρελθόν, αλλά η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις μέρες μας έχει λύσει αυτό το πρόβλημα, χάρη στην ικανότητα τους να επαναλαμβάνουν πολλές φορές και γρήγορα τις ίδιες πράξεις με διαφορετικά νούμερα.



Επίλυση με χρήση Η/Υ (2 από 2)

Έτσι, με τη χρήση ενός απλού υπολογιστικού προγράμματος (SPSS, Matlab, MS Excel) είναι δυνατή η επίλυση του συστήματος των εξισώσεων με διαφορετικές λύσεις και η προβολή της προκύπτουσας καμπύλης στο διάγραμμα των ιδανικών κοκκομετρικών καμπυλών, έτσι ώστε να προκύψει με μικρές διορθώσεις η βέλτιστη λύση.

Επίσης, με τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων στο σύστημα των εξισώσεων, ώστε να βρεθεί απευθείας η ακριβέστερη λύση.



Ειδικές κατηγορίες αδρανών

1. Κίσηρη (ελαφρόπετρα)-Θηραϊκή γη.
2. Περλίτης.
3. Μπετονίτης.
4. Αμίαντος.
5. Σκουριές υψικαμίνων.
6. Σκληρά αδρανή.



Βιβλιογραφία/ πηγές (1 από 2)

BPR (USA Bureau of Public Roads Manual), 1950, The identification of Rock Types.

Βιάζης Γ.Α, (1995), Τεχνολογία Δομικών Υλικών, Αθήνα.

Λεγάκις Α.Α., (1992), Δομικά Υλικά, том 1, ίδρυμα Ευγενίδου, Βιβλιοθήκη του Τεχνικού, Αθήνα.

Σίδερης Κ.Κ., (1984), Τεχνολογία Δομικών Υλικών, том. Α, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.

Wenderhorst R., (1975), Baustoffkunde, Verlag, Hannover.

Χ. Λαγγιώτης, (1960), “Τεχνολογία Υλικών Οδοποιίας - Αδρανή Υλικά” Αθήνα.



Βιβλιογραφία/ πηγές (2 από 2)

Ε. Σταθάκη-Χ. Λαγγιώτη, (1967), “Τα δομικά υλικά και οι εφαρμογές τους”, Αθήνα.

“Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος” ΦΕΚ 315 Β / 17-4-1 997.

ΤΕΕ “Σεμινάριο Τεχνολογίας Μαρμάρου” Αθήνα, 1992.

P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, 2006, Σκυρόδεμα: μικροδομή, ιδιότητες και υλικά, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Τρίτη Αμερικάνικη Έκδοση, Μετάφραση/επιστημονική επιμέλεια: Ιωάννα Παπαγιάννη, Καθηγήτρια ΑΠΘ.

Αθ. Νικολαΐδης, (2002), “Οδοποιία , Οδοστρώματα - Υλικά , Έλεγχος Ποιότητας”, Θεσσαλονίκη, 2^η έκδοση, ISBN 960-91849-0-1.

Α. Τσιραμπίδης, (1995), “Τα ελληνικά μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά πετρώματα”, Θεσσαλονίκη.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ι. Παπαγιάννη, Ν. Οικονόμου, Μ. Στεφανίδου. «Δομικά Υλικά Ι. Ενότητα 2. Πετρώματα- φυσικοί λίθοι- μάρμαρα-αδρανή υλικά» Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS178/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

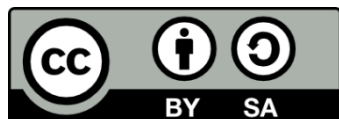
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Μαυρίδου Σοφία>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό εξάμηνο 2013-2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

