

Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών

Γενική Γραμματεία Υποδομών

Γενική Διεύθυνση Τεχνικής Υποστήριξης

Διεύθυνση Κανόνων και Ποιότητας

Τμήμα Ελέγχου Εφαρμογής Προγραμμάτων Ποιότητας Μελετών-Έργων και Επιμόρφωσης

Ημερίδα

Ο νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-2016), κύριος συντελεστής ποιότητας στα τεχνικά έργα.

23.11.2016

Υλικά παρασκευής σκυροδέματος – Σύνθεση σκυροδέματος

23.11.2016

Ιωάννα Πλέσσα
Διεύθυνση Κανόνων και Ποιότητας
Προϊσταμένη τμήματος Δομικών Υλικών

Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος

- Προδιαγράφει τις ελάχιστες απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να ικανοποιεί το σκυρόδεμα και η εκτέλεση των έργων από σκυρόδεμα.

➤ Υλικά παρασκευής σκυροδέματος


- Τσιμέντο
- Αδρανή υλικά
- Νερό
- Πρόσθετα (χημικά πρόσθετα)


Τσιμέντο (ΕΛΟΤ EN 197-1)


- Κύριοι τύποι τσιμέντου: CEMI, CEMII, CEMIII, CEMIV, CEMV
- Συνολικά: 34 τύποι τσιμέντου
 - 7 τύποι τσιμέντου ανθεκτικού σε θειικά (SR)
- Κατηγορίες αντοχής : 32,5 /42,5/52,5
- Κατηγορίες ανάπτυξης πρώιμων αντοχών: N, R, L
- Σήμανση CE
- Δήλωση επιδόσεων
- Έντυπο (δελτίο) δεδομένων ασφαλείας

Τσιμέντο (ΕΛΟΤ EN 197-1)

- Κύριοι τύποι τσιμέντου: CEMI, CEMII, CEMIII, CEMIV, CEMV
- Συνολικά: 34 τύποι τσιμέντου
 - 7 τύποι τσιμέντου ανθεκτικού σε θειικά (SR)
- Κατηγορίες αντοχής : 32,5 /42,5/52,5
- Κατηγορίες ανάπτυξης πρώιμων αντοχών: N, R, L
- Ονομασία τσιμέντων π.χ. CEM II/B-M(P-W-L) 42,5 R


τύπος


αντοχή


ανάπτυξη
πρώιμων
αντοχών

Αδρανή υλικά (ΕΛΟΤ EN 12620)

- Ο κανονισμός αναφέρεται σε «φυσικά αδρανή» με πυκνότητα κόκκων ρ_{rd}
 - $2.000\text{Kg/m}^3 < \rho_{rd} < 3.000\text{Kg/m}^3$
- Διακρίνονται σε
 - συλλεκτά
 - θραυστά
- Σήμανση CE
- Δήλωση επιδόσεων

Ονοματολογία αδρανών

- Κάθε κλάσμα αδρανούς χαρακτηρίζεται ως «κλάσμα d/D ».
- D = μέγιστος κόκκος αδρανούς
 - Χονδρόκοκκα ($D > 4\text{mm}$)
 - Λεπτόκοκκα ($D \leq 4\text{mm}$)
- Ο χαρακτηρισμός σχετίζεται με το μέγεθος των κόκκων.
- Κατηγορίες κοκκομετρικής διαβάθμισης
 - Χονδρόκοκκα: $G_c85/20$, $G_c90/15$
 - Λεπτόκοκκα: G_F85

Ονοματολογία αδρανών

- Απαιτήσεις για την κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς στα κόσκινα $2D$, $1,4D$, D , d , $d/2$ προκειμένου αυτό να χαρακτηριστεί ως d/D (Πίνακας B1-1, ΚΤΣ-2016) και για τα διαβαθμισμένα χονδρόκοκκα αδρανή υπάρχει επιπλέον απαίτηση για το διερχόμενο ποσοστό κόκκων στο κόσκινο $D/1,4$ ή $D/2$ (Πίνακας 3, ΕΛΟΤ EN 12620).

Ονοματολογία αδρανών

- Χονδρόκοκκο κλάσμα αδρανούς το οποίο χαρακτηρίζεται ως 8/31,5 πρέπει να έχει κοκκομετρική διαβάθμιση μέσα στα όρια του παρακάτω πίνακα.

Άνοιγμα οπής κοσκίνου (mm)		Διερχόμενο ποσοστό κόκκων (%)	Κατηγορία κοκκομετρικής διαβαθμισης G _c 90/15
2D	63	100	
1,4D	45	98 - 100	
D	31,5	90 - 99 (ή 100)	
D/2	16	25 - 70	
d	8	0 - 15	
d/2	4	0 - 5	

Ονοματολογία αδρανών

- Λεπτόκοκκο κλάσμα αδρανούς (άμμος) το οποίο χαρακτηρίζεται ως 0/4 πρέπει να έχει κοκκομετρική διαβάθμιση μέσα στα όρια του παρακάτω πίνακα.

Άνοιγμα οπής κόσκινου (mm)		Διερχόμενο ποσοστό κόκκων (%)	Κατηγορία κοκκομετρικής διαβαθμισης G _F 85
2D	8	100	
1,4D	5,6	95 - 100	
D	4	85 - 99 (ή 100)	

- Η κοκκομετρική διαβάθμιση της άμμου 0/4 περιλαμβάνει και τα κόσκινα 1/0,25/0,063.

Επιτρεπόμενες ανοχές

- Επιτρεπόμενες ανοχές ως προς την κοκκομετρική διαβάθμιση που δηλώνει ο παραγωγός αδρανών υλικών:
 - χονδρόκοκκα αδρανή: παράρτημα Α ΕΛΟΤ EN 12620
 - λεπτόκοκκα αδρανή: παράρτημα Γ ΕΛΟΤ EN 12620
- Προϋπόθεση: Πρέπει πάντα να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΚΤΣ για οριακές τιμές στην κοκκομετρική διαβάθμιση και στην περιεχόμενη παιπάλη των αδρανών.

Απαιτήσεις για τα αδρανή υλικά

- Γεωμετρικές
- Φυσικές
- Χημικές

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Κοκκομετρική διαβάθμιση	Χονδρόκοκκα		$G_{c85/20}, G_{c90/15}$
	Λεπτόκοκκα		G_F85
Περιεκτικότητα παιπάλης	Χονδρόκοκκα		$\leq 1,5\%$
	Λεπτόκοκκα	Θραυστά	$\leq 16\%$
		Συλλεκτά	$\leq 3\%$
Ποιότητα παιπάλης	Λεπτόκοκκα	Θραυστά (από θραύση πετρωμάτων)	$SE > 70$ ή $SE \geq 60$ και $MB \leq 1g/kg$ ή $MB \leq 0,80g/kg$
		Θραυστά (από θραύση χονδρόκοκκων συλλεκτών αδρανών)	$MB \leq 0,80g/kg$ ή $SE \geq 60$ και $MB \leq 1g/kg$
		Συλλεκτά	$MB \leq 0,80g/kg$ ή $SE > 70$ και $MB \leq 1g/kg$
Σχήμα αδρανών	Χονδρόκοκκα		$FI \leq 35$
Κελύφη (μόνο για αδρανή θαλάσσιας προέλευσης)	Χονδρόκοκκα		$SC \leq 10\%$

Φυσικά χαρακτηριστικά

Πυκνότητα Υδαταπορροφητικότητα	Χονδρόκοκκα Λεπτόκοκκα	Δήλωση τιμής $2.000\text{Kg/m}^3 < \rho_{rd} < 3.000\text{Kg/m}^3$ για τον παρόντα κανονισμό
Ανθεκτικότητα στο θρυμματισμό	Χονδρόκοκκο	$LA \leq 40$ $LA \leq 22$ ή 25 ή 27 (για σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά)
Ανθεκτικότητα στον παγετό (μόνο για σκυρόδεμα ανθεκτικό στον παγετό)	Χονδρόκοκκο	$WA_{24} \leq 1\%$ ή Εάν $WA_{24} > 1\%$ τότε $MS \leq 18\%$ ή 25% (ανάλογα με την κατηγορία έκθεσης του σκυροδέματος)
Ορυκτολογική σύσταση		Σε περίπτωση ύπαρξης ορυκτολογικών συστατικών που περιέχουν άμορφο πυρίτιο ή ύπαρξης δολομίτη γίνεται έλεγχος για αλκαλοπυριτική ή αλκαλοανθρακική αντίδραση και τίθενται όρια αποδοχής (παρ. B1.3.3.5 ΚΤΣ-2016), εκτός εάν υπάρχει τεκμηριωμένη πολυετής εμπειρία

Χημικά χαρακτηριστικά

Χλωριόντα	Δήλωση τιμής
Θειϊκά διαλυτά σε οξέα	0,8%
Ολικό θείο	1,0%
Ελαφρές οργανικές προσμίξεις	0,5% λεπτόκοκκα 0,1% χονδρόκοκκα ή όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για την εμφάνιση της επιφάνειας του σκυροδέματος 0,25% λεπτόκοκκα 0,05% χονδρόκοκκα
Οργανικές ή άλλες προσμίξεις	Αρνητικό αποτέλεσμα με χρωματομετρικές δοκιμές. Σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος περαιτέρω έλεγχος με συγκριτικούς ελέγχους δοκιμίων κονιάματος.

Νερό ανάμιξης (ΕΛΟΤ EN 1008)

- Πόσιμο νερό
- Νερό που ανακτάται από διάφορες διεργασίες στη μονάδα παραγωγής σκυροδέματος
- Υπόγειο νερό
- Επιφανειακό νερό
- Θαλασσινό νερό ή υφάλμυρο νερό
- Νερό βιομηχανικών αποβλήτων (απαγορεύεται η χρήση του)
- Νερό αποχετεύσεων (απαγορεύεται η χρήση του)

- Απαγορεύεται η χρήση θαλασσινού νερού για την παραγωγή οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος.
- Επιτρέπεται η χρήση του μόνο για την παραγωγή εργοταξιακού άοπλου σκυροδέματος και υπό προϋποθέσεις (παράρτημα ΠΒ1-2, ΚΤΣ-2016)

Νερό ανάμιξης

- Το νερό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή σκυροδέματος πρέπει να ελέγχεται και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 1008.
- Αποδεδειγμένα πόσιμο νερό (δίκτυο ύδρευσης) δεν χρειάζεται έλεγχο.
- Οι απαιτήσεις του προτύπου αφορούν σε
 - φυσικές ιδιότητες του νερού (χρώμα, οσμή, pH, περιεχόμενα οργανικά υλικά, αιωρούμενα σωματίδια, λιπαρές ουσίες, απορρυπαντικά)
 - χημικές ιδιότητες (χλωριόντα, θειικά, αλκάλια σε περίπτωση χρήσης αδρανών ύποπτων για αλκαλοπυριτική αντίδραση, επιβλαβή συστατικά)
 - συγκριτικές δοκιμές χρόνου πήξης και αντοχής σε δοκίμια σκυροδέματος ή κονιάματος

Πρόσθετα σκυροδέματος (ΕΛΟΤ ΕΝ 934-1, ΕΛΟΤ ΕΝ 934-2)

- Σήμανση CE
- Δήλωση επίδοσης
- Έντυπο δεδομένων ασφαλείας
- Οικογένειες προσθέτων
 - Ρευστοποιητές / μειωτές νερού
 - Επιβραδυντές
 - Αερακτικά
 - Επιταχυντές
 - Πρόσθετα συγκράτησης νερού
 - Ρυθμιστές ιξώδους
- Συνολικά 12 τύποι προσθέτων

Πρόσθετα σκυροδέματος

- Απαγορεύεται η χρήση χλωριούχου ασβεστίου και προσθέτων που βασίζονται σε χλωριούχες ενώσεις για παραγωγή σκυροδέματος οπλισμένου ή προεντεταμένου ή σκυροδέματος στο οποίο θα ενσωματωθούν μεταλλικά ενθέματα που προσβάλλονται από τα χλωριόντα.

Μελέτη σύνθεσης

- Σκοπός της μελέτης σύνθεσης είναι η παραγωγή σκυροδέματος με
 - ομοιογένεια
 - εργασιμότητα
 - αντοχή, ανθεκτικότητα, πρόσθετες ιδιότητες που αναφέρονται στην προδιαγραφή του σκυροδέματος
- Εργαστηριακή μελέτη σύνθεσης υποχρεωτική για κάθε τύπο σκυροδέματος.
- Τύπος σκυροδέματος
 - κατηγορία αντοχής
 - κατηγορία έκθεσης
 - κατηγορία συνεκτικότητας
 - κατηγορία περιεκτικότητας σε χλωριόντα
 - μέγιστος κόκκος σκυροδέματος
 - πρόσθετα χαρακτηριστικά που περιγράφονται στην προδιαγραφή του σκυροδέματος

Παράδειγμα: C25/30-ΧC3-S3-Cl 0,40-D_{max}31,5

Κατηγορίες σκυροδέματος

Κατηγορία αντοχής σε θλίψη	Ελάχιστη χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου, (N/mm ²)	Ελάχιστη χαρακτηριστική αντοχή κυβικού δοκιμίου, (N/mm ²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

Παράδειγμα: C25/30-XC3-S3-CI 0,40-D_{max}31,5

Κατηγορίες έκθεσης

Είδος περιβαλλοντικών δράσεων	Σύμβολο	Δραστικότητα περιβαλλοντικών δράσεων				
Κανένας κίνδυνος διάβρωσης ή προσβολής	X0	X0	----	----	----	----
Διάβρωση λόγω ενανθράκωσης	XC	---	XC1	XC2	XC3	XC4
Διάβρωση λόγω χλωριόντων από το θαλασσινό νερό	XS	---	XS1	XS2	XS3	----
Διάβρωση λόγω χλωριόντων που δεν προέρχονται από το θαλασσινό νερό	XD	---	XD1	XD2	XD3	----
Προσβολή από ψύξη/ απόψυξη	XF	---	XF1	XF2	XF3	XF4
Χημική προσβολή	XA	---	XA1	XA2	XA3	----
Προσβολή σε τριβή/απότριψη	XM	---	XM1	XM2	XM3	----

Παράδειγμα: C25/30-XC3-S3-Cl 0,40-D_{max}31,5

Κατηγορίες συνεκτικότητας

Κάθιση	S1	S2	S3	S4	S5	--
Χρόνος Vebe	V0	V1	V2	V3	V4	--
Βαθμός συμπυκνωσιμότητας	C0	C1	C2	C3	---	--
Εξάπλωση	F1	F2	F3	F4	F5	F6

Κατηγορίες κάθισης

Κατηγορία	Ονομασία	Κάθιση, mm
S1	Ελάχιστα πλαστικό	10 - 40
S2	Μέτρια πλαστικό	50 - 90
S3	Πλαστικό	100 - 150
S4	Ημίρρευστο	160 - 210
S5	Ρευστό	> 220

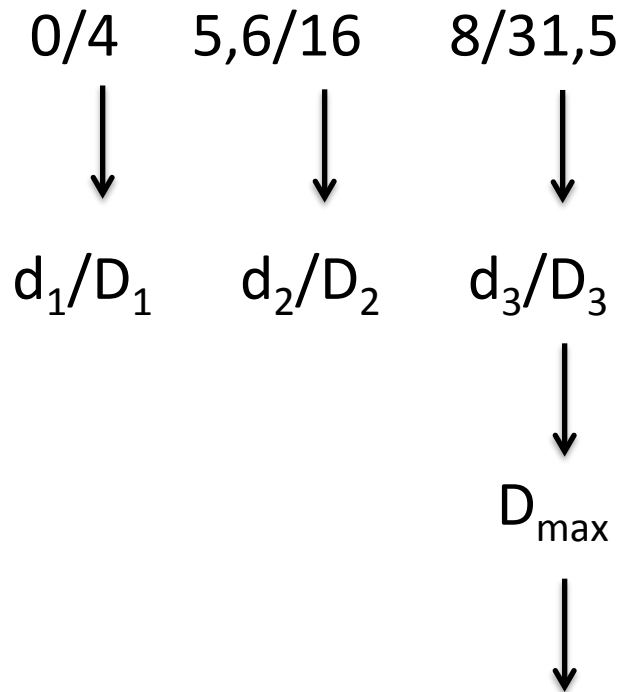
Παράδειγμα: C25/30-ΧC3-S3-Cl 0,40-D_{max}31,5

Κατηγορίες περιεκτικότητας σε χλωριόντα

Χρήση σκυροδέματος	Κατηγορία	Μέγιστη περιεκτικότητα Cl ⁻ , % κ.β. ως προς το τσιμέντο
Άοπλο	Cl 1,5	1,5
Οπλισμένο	Cl 0,40	0,4
Προεντεταμένο	Cl 0,10	0,1

Μίγμα αδρανών για παραγωγή σκυροδέματος – μέγιστος κόκκος σκυροδέματος

- Παράδειγμα: κλάσματα αδρανών



μέγιστος κόκκος σκυροδέματος

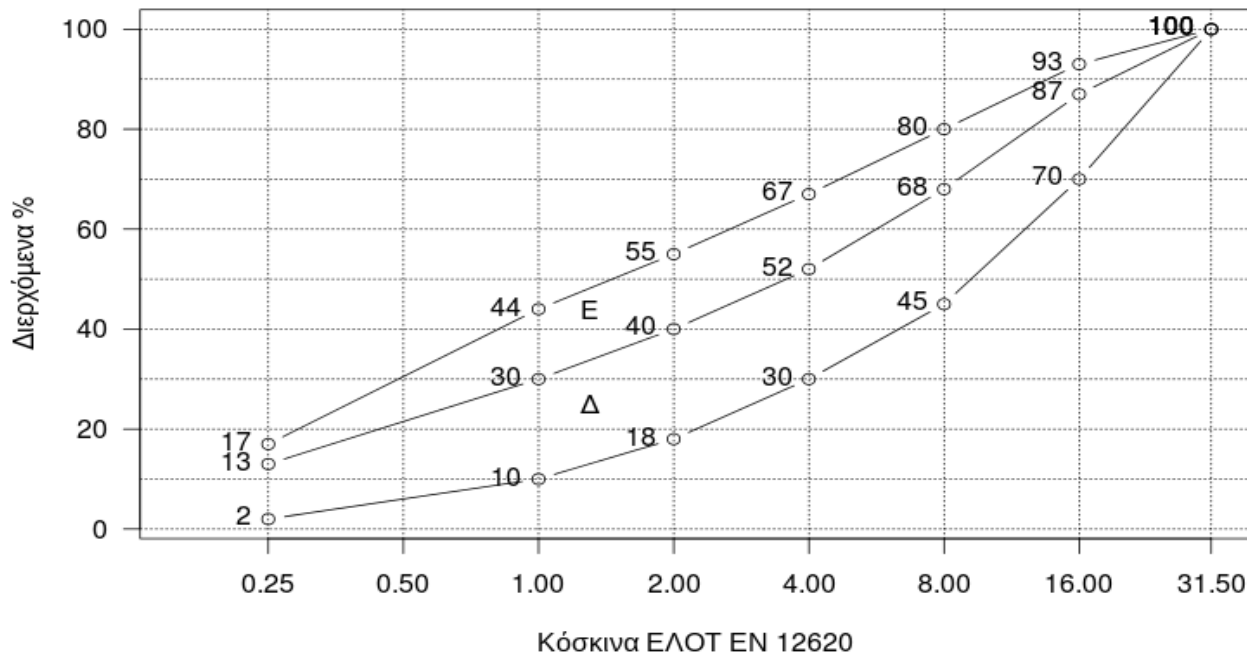
Αριθμός κλασμάτων αδρανών υλικών για την παραγωγή σκυροδέματος

$D_{\max} \leq 16\text{mm}$	οποιαδήποτε κατηγορία σκυροδέματος	Δύο (2) τουλάχιστον κλάσματα αδρανών
$D_{\max} > 16\text{mm}$	Κατηγορίες σκυροδέματος $< \text{C20/25}$	Δύο (2) τουλάχιστον κλάσματα αδρανών
	Κατηγορίες σκυροδέματος $\geq \text{C20/25}$	Τρία (3) τουλάχιστον κλάσματα αδρανών

Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών υλικών

- Η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών υλικών συνιστάται να είναι συνεχής και να βρίσκεται στην υποζώνη Δ ή Ε (κατά ένα τμήμα της) των διαγραμμάτων του Παραρτήματος ΠΒ1-1.

Διάγραμμα για αδρανή μέγιστου κόκκου 31,5mm



Ελάχιστες απαιτήσεις (Πίνακας B2-7, ΚΤΣ-2016)

- Αναφέρονται σε σκυρόδεμα που θα ενσωματωθεί σε κατασκευές με επιδιωκόμενη διάρκεια ζωής σχεδιασμού 50 χρόνια.

Διάβρωση λόγω ενανθράκωσης

Κατηγορία έκθεσης	XC1	XC2	XC3	XC4
Max N/T	0,65	0,60	0,55	0,50
Min κατηγορία αντοχής	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37
Min περιεκτικότητα σε τσιμέντο, kg/m ³	280	300	300	320
Min επικάλυψη για ανθεκτικότητα, mm	25	25	35	35

- Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στην ποσότητα του τσιμέντου για επιχρισμένο ή ανεπίχριστο σκυρόδεμα.

Ελάχιστες απαιτήσεις

- Οι min περιεκτικότητες τσιμέντου του πίνακα B2-7 αφορούν αδρανή με μέγιστο κόκκο 31,5mm.
- Για αδρανή με μέγιστο κόκκο 63mm οι περιεκτικότητες αυτές ελαττώνονται κατά 20kg/m³.
- Για αδρανή με μέγιστο κόκκο 16mm οι περιεκτικότητες αυτές αυξάνονται κατά 20kg/m³.
- Για αδρανή με μέγιστο κόκκο 8mm οι περιεκτικότητες αυτές αυξάνονται κατά 40kg/m³.
- Λόγος N/T:
 - N= ποσότητα ενεργού νερού στο κυβικό μέτρο σκυροδέματος
 - T= ποσότητα τσιμέντου στο κυβικό μέτρο σκυροδέματος
- Ενεργό νερό = διαθέσιμο νερό για την ενυδάτωση του τσιμέντου.
- Προκύπτει αν από όλη την ποσότητα νερού που περιέχεται στο νωπό σκυρόδεμα αφαιρέσουμε το νερό που απορροφάται από τα αδρανή υλικά.

Στοιχεία μελέτης σύνθεσης

- Μελέτη σύνθεσης γίνεται με δείγματα από τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή του σκυροδέματος
- Συνεκτικότητα (προδιαγράφεται από τον μελετητή)
- Απαιτούμενη αντοχή σχεδιασμού παραγωγής (εξαρτάται από την κατηγορία σκυροδέματος, η οποία προδιαγράφεται από τον μελετητή)
- Κατηγορία έκθεσης (προδιαγράφεται από τον μελετητή)
- Μέγιστος κόκκος σκυροδέματος (πρέπει να είναι $\leq 1/3$ του πάχους του στοιχείου που θα κατασκευασθεί από αυτό το σκυρόδεμα)
- Κατηγορία περιεκτικότητας σε χλωριόντα
- Πρόσθετες ιδιότητες, αντοχές ή άλλα στοιχεία που προδιαγράφει ο μελετητής

Πότε γίνεται η μελέτη σύνθεσης

- Μελέτη σύνθεσης κάθε τύπου σκυροδέματος γίνεται πριν την έναρξη της παραγωγής του και επαναλαμβάνεται όταν:
 - Αλλάζει ο προμηθευτής των αδρανών
 - Αλλάζει το πιστοποιητικό CE ή η δήλωση επίδοσης
 - Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών έχει αποκλίσεις από την κοκκομετρική διαβάθμιση της μελέτης σύνθεσης που υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες ανοχές (παρ.B1.3.6.3)
 - Αλλάζει ή ο τύπος του τσιμέντου ή η κατηγορία αντοχής του ή ο παραγωγός του
 - Αλλάζουν τα πρόσθετα (άλλο εργοστάσιο ή/και άλλη εμπορική ονομασία)
 - Παρουσιάζονται προβλήματα (όπως τάσεις απόμιξης του μίγματος, μετρούμενη κάθιση εκτός της κατηγορίας κάθισης), μολονότι τηρούνται οι αναλογίες της μελέτης σύνθεσης.
- Υπεύθυνος για τη διενέργεια της μελέτης σύνθεσης είναι ο παραγωγός σκυροδέματος.

Πού γίνεται η μελέτη σύνθεσης

- Οι μελέτες σύνθεσης γίνονται από
 - το Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων της Γενικής Γραμματείας Υποδομών
 - τα Εργαστήρια των Διευθύνσεων Τεχνικού Ελέγχου των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων
 - αναγνωρισμένα ιδιωτικά εργαστήρια (εργαστήρια που εποπτεύονται από το ΥΠΥΜΕ και εργαστήρια διαπιστευμένα κατά ΕΛΟΤ EN/ISO 17025, στις συγκεκριμένες δοκιμές που κάθε φορά ζητούνται)
- Ο παραγωγός εργοστασιακού σκυροδέματος μπορεί να διενεργεί τις δικές του μελέτες σύνθεσης στο δικό του εργαστήριο.