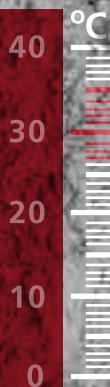


ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

ΣΕ ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΤΑΚ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Χαιρετισμός Προέδρου ΕΤΕΚ	01
Εισαγωγή	02
Καλές Πρακτικές	03
<i>Σχεδιασμός Μίγματος</i>	03
<i>Παραγωγή σκυροδέματος</i>	03
<i>Μεταφορά σκυροδέματος</i>	07
<i>Σκυροδέτηση</i>	07
<i>Συντήρηση σκυροδέματος</i>	10
Βιβλιογραφία	12
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1:	12
Νομογράφημα εκτίμησης του ρυθμού εξάτμισης	



Χαιρετισμός Προέδρου ΕΤΕΚ

Είναι με ιδιαίτερη ικανοποίηση που χαιρετίζω την έκδοση του «Συνοπτικού Οδηγού Σκυροδέτησης σε υψηλή θερμοκρασία Περιβάλλοντος», ο οποίος περιγράφει καλές πρακτικές παραγωγής, μεταφοράς, τοποθέτησης, και συντήρησης σκυροδέματος σε υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έχοντας ως ορίζοντα τη βελτίωση της ποιότητας, της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας των κατασκευών στο χρόνο, θεωρούμε πως ο εν λόγω Οδηγός θα αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο και υψίστης σημασίας βοήθημα για τον τεχνικό κόσμο της Κύπρου και, ειδικότερα, για τους μελετητές, επιβλέποντες μηχανικούς και εργολήπτες κατασκευαστικών έργων.

Ο τεχνικός αυτός Οδηγός αποκτά ιδιαίτερη σημασία ενόψει και των εξελίξεων που σχετίζονται με την τροποποίηση του σχετικού προτύπου CYS 300 και, ειδικότερα, σε σχέση με την αύξηση στη μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος κατά την παράδοση, καθώς και την περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε ιόντα χλωρίου, παρά τις σοβαρότατες επιφυλάξεις και συστάσεις του Επιμελητηρίου. Ενόψει και αυτής της εξέλιξης, οι Μηχανικοί θα πρέπει να σκώσουν το μέρος της ευθύνης που τους αναλογεί για διασφάλιση της ποιότητας του σκυροδέματος, μέσω της επιθεώρησης και του αποτελεσματικού έλεγχου της αλυσίδας παραγωγής του σκυροδέματος, η οποία επεκτείνεται και φτάνει μέχρι και τη χρήση του στις κατασκευές.

Επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όσους εργάστηκαν για την έκδοση του Οδηγού, τον Πρόεδρο και τα μέλη της Επιτροπής Αδρανών Υλικών του ΕΤΕΚ, οι οποίοι αποτελούν τη συντακτική του ομάδα, αλλά και των οποίων η παρούσα έκδοση αποτελεί πρωτοβουμία. Πολλές ευχαριστίες, επίσης, απευθύνω στους αγαπητούς συναδέλφους από την Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα στο Σύλλογο Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας που ευγενώς έδωσε τη συγκατάθεσή του για τη χρήση της αντίστοιχης δικής τους εργασίας ως βάση για τον Οδηγό.

Στέλιος Αχνιώτης, Πρόεδρος ΕΤΕΚ

Ιανουάριος 2014

Ευχαριστίες

Ο παρών Οδηγός έχει βασιστεί στην «Τεχνική Οδηγία 2: Σκυροδέτηση με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος» [1], του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος (Σ.Μ.Π.Ε.), κατόπιν εξασφάλισης σχετικής άδειας από το Επιστημονικό Τεχνικό Επιμελητήριο Κύπρου (ΕΤΕΚ).

Συντακτική Ομάδα

Σάββας Βραχίμης, Πολιτικός Μηχανικός
Δρ. Φλώρος Παντελή, Πολιτικός Μηχανικός
Δρ. Μιχάλης Πέτρου, Πολιτικός Μηχανικός
Δρ. Ιωάννης Ιωάννου, Πολιτικός Μηχανικός
Δημήτρης Βαττής, Μηχανικός Μεταλλείων
Χριστόδουλος Χατζηγεωργίου, Γεωλόγος
Μάρκος Μάρκου, Πολιτικός Μηχανικός.

1. Εισαγωγή

Η ετοιμασία του παρόντος συνοπτικού Οδηγού κρίθηκε αναγκαία λόγω της απουσίας Κυπριακού Προτύπου που να καθοδηγεί τους Μηχανικούς σε καλές πρακτικές παραγωγής, μεταφοράς, τοποθέτησης και συντήρησης σκυροδέματος, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Τα ισχύοντα Πρότυπα για το σκυρόδεμα, CYS EN 206-1 [2] και CYS 300 [3], δεν περιέχουν αναφορές σε καταστάσεις σκυροδέτησης σε συνθήκες χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Κατά τη σκυροδέτηση σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να προκληθούν προβλήματα στην ποιότητα του σκυροδέματος. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται σε αυξημένη απαίτηση νερού ανάμιξης, απώλεια κάθισης, μείωση τελικής αντοχής, γρήγορη πήξη, αυξημένη τάση ρηγμάτωσης από πλαστική συστολή ή και συστολή ξήρανσης, ανεπιθύμητους ψυχρούς αρμούς, ταχεία εξάτμιση ελεύθερου νερού και αύξηση διαπερατότητας του σκυροδέματος.

1.1. Σκοπός

Σκοπός του Οδηγού είναι να συνοψίσει τις βασικές καλές πρακτικές παραγωγής, τοποθέτησης και συντήρησης του σκυροδέματος που πρέπει να ακολουθούνται όταν επικρατεί υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του σκυροδέματος.

Η εφαρμογή των πρακτικών που περιγράφονται πιο κάτω είναι ευθύνη όλων των συντελεστών παραγωγής, μεταφοράς, τοποθέτησης και συντήρησης του σκυροδέματος, στους οποίους απευθύνεται ο παρών Οδηγός.

1.2. Υψηλή Θερμοκρασία Περιβάλλοντος.

Ως «υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος» θεωρείται η κατάσταση κατά την οποία ο ρυθμός εξάτμισης του νερού από το νωπό σκυρόδεμα και ο ρυθμός ενυδάτωσης του τσιμέντου αυξάνονται, σε βαθμό που να επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητά του. Αυτό μπορεί να προκληθεί αν επικρατεί μία από τις παρακάτω συνθήκες, ή/και συνδυασμός αυτών:

- υψηλή θερμοκρασία αέρα,
- υψηλή θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος,
- χαμηλή σχετική υγρασία,
- υψηλή ταχύτητα αέρα.

2. Καλές Πρακτικές

Όταν η θερμοκρασία στο χώρο σκυροδέτησης αναμένεται να είναι ίση ή να υπερβεί τους 27°C, ή όταν ο ρυθμός επιφανειακής εξάτμισης στο χώρο σκυροδέτησης (μικροκλίμα κατασκευής) αναμένεται να πλησιάσει το όριο του 1 kg/m²/h, (βλ. Νομογράφημα στο Παράρτημα 1), συστήνεται όπως λαμβάνονται τα μέτρα που αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους για τη διασφάλιση καλής ποιότητας σκυροδέματος.

Όταν ισχύει τουλάχιστον μία από τις παρακάτω συνθήκες, συστήνεται να αναβλήθεται ή/και να διακόπτεται η σκυροδέτηση:

- Θερμοκρασία στο χώρο σκυροδέτησης (μικροκλίμα κατασκευής) $\geq 35^{\circ}\text{C}$,
ή
- Θερμοκρασία σκυροδέματος $\geq 32^{\circ}\text{C}$,
ή
- Ρυθμός επιφανειακής εξάτμισης στο χώρο σκυροδέτησης (μικροκλίμα κατασκευής) $\geq 1 \text{ kg/m}^2/\text{h}$.

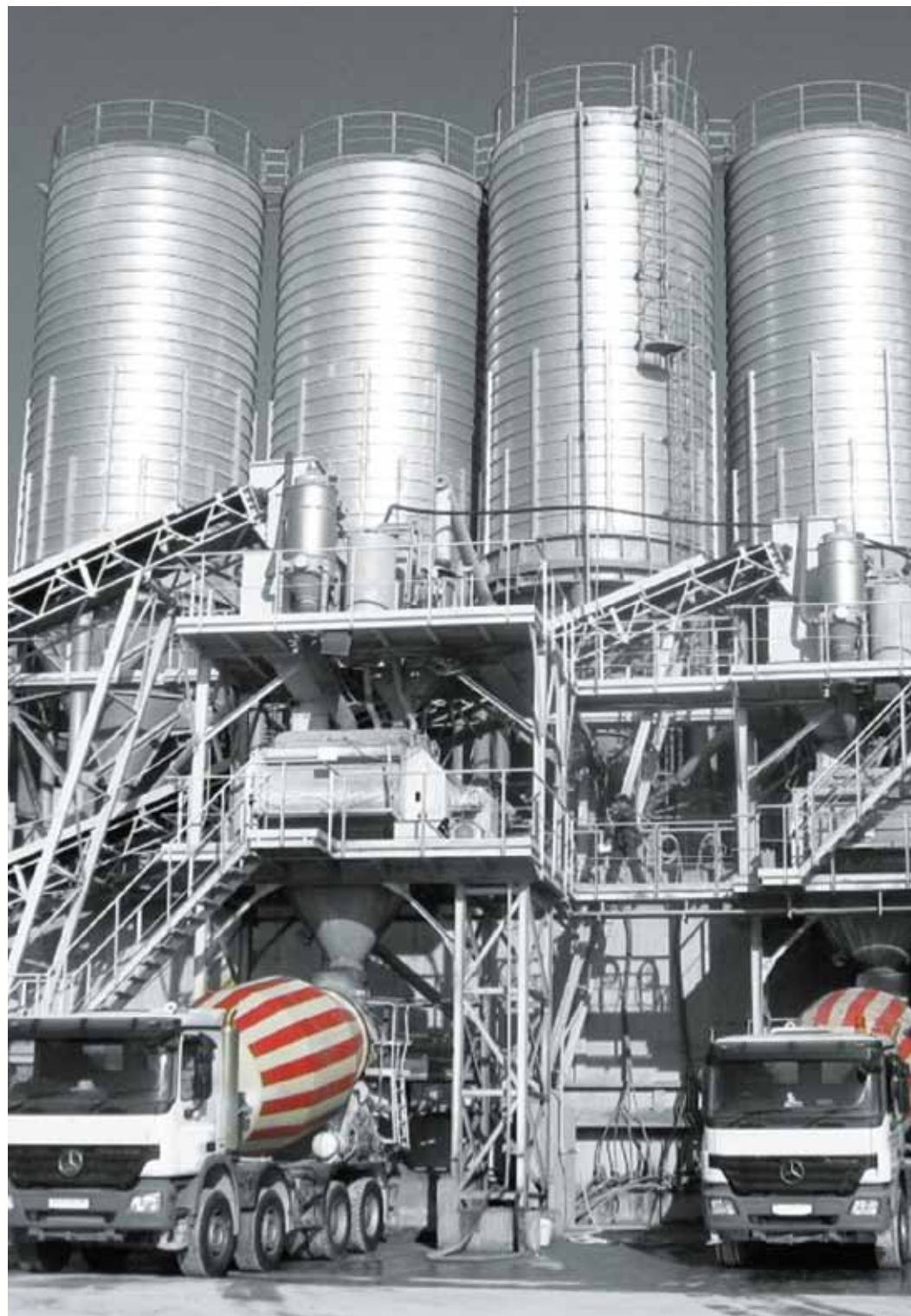
2.1 Σχεδιασμός Μίγματος

Κατά το σχεδιασμό του μίγματος ενδείκνυται να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Μείωση της ποσότητας του τσιμέντου στο μίγμα (ιδιαίτερα σε υψηλές κατηγορίες αντοχής), με παράλληλη μείωση της αντίστοιχης ποσότητας νερού, ούτως ώστε να μην επηρεάζεται η ποιότητα του σκυροδέματος.
- Χρήση τσιμέντων χαμηλού ρυθμού ενυδάτωσης, τύπου II, III ή IV. Σημειώνεται ότι θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη σωστή συντήρηση τέτοιων σκυροδεμάτων.
- Χρήση των παρακάτω κατηγοριών προσμίκτων ή συνδυασμός τους (π.χ. υπερρευστοποιητής με επιβραδυντή):
 1. Μειωτές Νερού / Επιβραδυντές / Ρευστοποιητές (CYS EN 934-2 [4], Πιν. 10)
 2. Μειωτές Νερού Υψηλής Δραστικότητας / Επιβραδυντές / Υπερρευστοποιητές (CYS EN 934-2 [4], Πιν. 11.1 & 11.2)
 3. Μειωτές Νερού Υψηλής Δραστικότητας / Υπερρευστοποιητές (CYS EN 934-2 [4], Πιν. 3.1 & 3.2)
- Επιλογή κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών, η οποία να βελτιώνει την εργασιμότητα του μίγματος.

2.2 Παραγωγή σκυροδέματος

Στη διαδικασία παραγωγής του σκυροδέματος ενδείκνυται να λαμβάνονται μέτρα που στοχεύουν στην προστασία των πρώτων υλών από τις υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και μέτρα που στοχεύουν στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος σε χαμηλά επίπεδα κατά την παραγωγική διαδικασία.



2.2.1 Μέτρα προστασίας των πρώτων υλών

2.2.1.1 Τσιμέντο

Συστήνεται η αποφυγή χρήσης «φρέσκου / ζεστού» τσιμέντου. Προτείνεται η χρήση τσιμέντου με παραλαβή προηγούμενης μέρας. Αυτό μπορεί να γίνει επιτόχω χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία με την εγκατάσταση στο εργοστάσιο δύο σιλό αποθήκευσης τσιμέντου. Τα σιλό συστήνεται να είναι βαμμένα με ειδικά αντανakηλαστικά χρώματα.

2.2.1.2 Αδρανή Υλικά

Αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό κατ' όγκο και κατά μάζα του σκυροδέματος και επομένως η μείωση της θερμοκρασίας τους έχει μεγάλη συμβολή στη μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος. Μέτρα προστασίας των αδρανών από υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να αποτελέσουν τα ακόλουθα:

- Σκίαση σε υπόστεγα,
- Υποβολή σε ψυχρά ρεύματα αέρα,
- Διαβροχή κατά διαστήματα με κατάλληλο κρύο νερό. Σε αυτή την περίπτωση είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνεται συνεχής έλεγχος της υγρασίας των αδρανών πριν την προσθήκη τους στο μίγμα.

2.2.1.3 Νερό

Η μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος επιτυγχάνεται πιο αποτελεσματικά με μέτρα μείωσης της θερμοκρασίας του νερού. Τέτοια μέτρα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Θερμική προστασία των δεξαμενών αποθήκευσης νερού και των σχετικών σωληνώσεων (π.χ. υπόγειες ή μονωμένες δεξαμενές και σωληνώσεις),
- Σκίαση επιφανειακών δεξαμενών νερού και βάψιμο με αντανakηλαστικό χρώμα,
- Χρήση ψυκτών για το νερό,
- Αντικατάσταση νερού με θρυμματισμένο πάγο.

2.2.2 Μέτρα κατά τη διαδικασία παραγωγής

Κριτήριο για το είδος και το εύρος των μέτρων που θα ληφθούν κατά την παραγωγική διαδικασία είναι η θερμοκρασία του σκυροδέματος που επιδιώκεται.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του σκυροδέματος με βάση τις θερμοκρασίες των πρώτων υλών, μπορούν να εφαρμοσθούν οι πιο κάτω σχέσεις [3&5]:

Χωρίς Προσθήκη Πάγου:

$$T = \frac{0,22 (Ta*Wa + Tc*Wc) + Tw*Ww + Ta*Wwa}{0,22 (Wa+Wc) + Ww + Wwa}$$

Με Προσθήκη Πάγου:

$$T = \frac{0,22 (Ta*Wa + Tc*Wc) + Ww*Tw + Ta*Wwa - 79,6 Wi}{0,22 (Wa+Wc) + Ww + Wi + Wwa}$$

Όπου:

T = Θερμοκρασία σκυροδέματος (°C)

Ta = Θερμοκρασία αδρανών (°C)

Tc = Θερμοκρασία τσιμέντου (°C)

Tw = Θερμοκρασία νερού ανάμιξης (°C)

Wa = Μάζα αδρανών (kg)

Wc = Μάζα τσιμέντου (kg)

Ww = Μάζα νερού που προστίθεται για ανάμιξη (kg)

Wwa = Μάζα νερού αδρανών (kg)

Wi = Μάζα πάγου (kg)

Τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος περιλαμβάνουν:

- Προσθήκη θρυμματισμένου πάγου μέσα στον αναμικτήρα, με ανάλογη μείωση της ποσότητας του νερού,
- Χρήση ειδικής σύνθεσης σκυροδέματος, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 2.1,
- Βαφή του αναμικτήρα με αντανάκλαστικό χρώμα ή/και ψεκασμός του εξωτερικά με κρύο νερό ή/και επικάλυψη του με βρεγμένη λινάτσα,
- Ψεκασμό του μίγματος στον αναμικτήρα παρασκευής σκυροδέματος με υγρό άζωτο (ενδείκνυται σε ειδικές περιπτώσεις όταν δεν είναι δυνατή η χρήση άλλης μεθόδου μείωσης της θερμοκρασίας).

2.3 Μεταφορά σκυροδέματος

Μέτρα τα οποία μπορούν να ληφθούν κατά τη μεταφορά του σκυροδέματος είναι:

- Αποφυγή μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις ή με συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης (π.χ. επιλογή εργοστασίου ετοιμού σκυροδέματος σε κοντινή απόσταση από το εργοτάξιο, επιλογή της κατάλληλης ώρας σκυροδέτησης κτλ.).
- Ο μέγιστος χρόνος μεταφοράς σκυροδέματος να είναι πολύ μικρότερος από αυτόν που προνοείται για συνθήκες καιρικές συνθήκες. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ενδεικτικά:
 - > ενσωμάτωση επιβραδυντών στο ανάμιγμα,
 - > τύπος και ποσότητα τσιμέντου,
 - > θερμοκρασία σκυροδέματος,
 - > απώλεια κάθισης συναρτήσει του χρόνου για δεδομένη θερμοκρασία αέρα.

Συνήθως, ο χρόνος μεταφοράς για ζεστό καιρό, αρχίζει να καθίσταται κρίσιμος όταν παρέλθουν περισσότερα από 45 λεπτά. Σε κάθε περίπτωση, ο χρόνος μεταφοράς πρέπει να ορίζεται και να συμφωνείται μεταξύ εργοταξίου και παραγωγού σκυροδέματος.

- Επιλογή σκυροδέματος με μεγάλη εργασιμότητα (π.χ. κάθιση κατηγορίας S4).
- Επιλογή αυτοκινητών μεταφοράς ανοιχτόχρωμης απόχρωσης (λευκό) ή ακόμη και το τύλιγμα του τυμπάνου με βρεγμένη διπλή λινάτσα.
- Πρόνοια ώστε να μην υπάρχει αναμονή στο έργο (είτε π.χ. γιατί δεν είναι έτοιμο το συνεργείο, είτε γιατί υπάρχει συμφόρηση αυτοκινήτων κ.λ.π.).

2.4 Σκυροδέτηση

Κατά τη σκυροδέτηση συστήνονται τα ακόλουθα μέτρα:

2.4.1 Χρόνοι σκυροδέτησης

Η οργάνωση της διαδικασίας σκυροδέτησης έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται ο χρόνος ολοκλήρωσής της.

Η σκυροδέτηση να γίνεται σε χρόνο της ημέρας όπου οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου και σχετική υγρασία) είναι οι βέλτιστες. Αυτό συνεπάγεται, να προγραμματίζεται η σκυροδέτηση μετά τη δύση του ηλίου ή πολύ νωρίς το πρωί.

2.4.2 Θερμοκρασία οπλισμών, καλουπιών και εξοπλισμού σε επαφή με το σκυρόδεμα

Η θερμοκρασία των οπλισμών και των καλουπιών πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (π.χ. με σκίαση ή/και με διαβροχή). Το ίδιο θα πρέπει να ισχύει και για οποιοδήποτε τμήμα του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά και την τοποθέτηση του σκυροδέματος.



2.4.3 Απώλεια κάθισις

Πριν, αλλή και κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης, θα πρέπει να προστατεύεται το σκυρόδεμα έναντι απώλειας της κάθισις λόγω εξάτμισης του περιεχόμενου νερού.

Επισημαίνεται ότι τα Πρότυπα CYS EN 206-1 [2] και CYS 300 [3] δεν επιτρέπουν προσθήκη νερού στο σκυρόδεμα μετά την απομάκρυνση από το εργοστάσιο παραγωγής. Η επανάκτηση της απολεσθείσας εργασιμότητας του σκυροδέματος από την παραγωγή έως το έργο μπορεί να επιτευχθεί με εισαγωγή στο μίγμα αμέσως πριν από τη σκυροδέτηση κατάλληλου χημικού πρόσμικτου (π.χ. υπερρρευστοποιητή), μόνο εάν η χρήση του πρόσμικτου έχει ληφθεί υπόψη στον αρχικό σχεδιασμό του μίγματος. Η προσθήκη πρόσμικτου στο αυτοκίνητο μεταφοράς θα πρέπει να ακολουθείται από επανανάμιξη του μίγματος, σύμφωνα με τις υπάρχουσες οδηγίες (π.χ. 3 λεπτά) για ομογενοποίησή του.

2.4.4 Αρμοί εργασίας

Στην περίπτωση μεγάλων επιφανειών προς σκυροδέτηση, θα πρέπει να μελετάται ένα συγκεκριμένο πλάνο σκυροδέτησης και η θέση των αρμών διακοπής εργασίας, όπου απαιτούνται, να αποφασίζεται εκ των προτέρων, έτσι ώστε να μην υπάρχουν κίνδυνοι δημιουργίας ψυχρών αρμών, λόγω πρόωρης πήξης του σκυροδέματος. Για να ελαχιστοποιηθεί ο απαιτούμενος χρόνος διάστρωσης και να αποφευχθούν ανεπιθύμητοι αρμοί εργασίας, θα πρέπει να ληφθούν μια σειρά από μέτρα, ανάμεσα στα οποία είναι π.χ. ο διπλάσιασμός των χρησιμοποιούμενων δοντηών και των αντλιών σκυροδέματος.

Γενικά, οι επιφάνειες σκυροδέτησης θα πρέπει να «κλείνουν» σε όλο τους το πάχος, έτσι ώστε, αν συμβεί ψυχρός αρμός, αυτός να συμβεί εγκάρσια και όχι οριζόντια. Οι σκυροδετήσεις υποστρωμάτων – δοκών και πλάκας σε μια σκυροδέτηση θα πρέπει να αποφεύγονται. Συνιστάται να γίνεται πρώτα η σκυροδέτηση των υποστρωμάτων και στη συνέχεια (σε διαφορετική ημερομηνία) η σκυροδέτηση δοκών και πλάκων.

2.4.5 Αρμοί συστολής

Το βασικότερο είναι η σωστή οργάνωση και πρόβλεψη των αρμών συστολής, πριν τη σκυροδέτηση. Για παράδειγμα, στην περίπτωση πλάκων επί εδάφους ή οδοστρωμάτων, όπου απαιτείται η δημιουργία αρμών ελέγχου με κοπή, αυτή θα πρέπει να προγραμματισθεί εκ των προτέρων, ώστε να αρχίσει π.χ. 2-4 ώρες μετά τη λήξη της σκυροδέτησης.

2.5 Συντήρηση σκυροδέματος

Σκοπός της συντήρησης είναι η συγκράτηση του ελεύθερου νερού μέσα στο νωπό σκυρόδεμα.

Κατά την περίοδο συντήρησης, τόσο το νωπό σκυρόδεμα όσο και ο ξυλότυπος πρέπει να διατηρούνται σε όσο το δυνατόν σταθερή θερμοκρασία και υγρασία, έτσι ώστε το σκυρόδεμα να αποκτήσει τη μέγιστη δυνατή αντοχή και ανθεκτικότητα. Επειδή το νερό εξατμίζεται γρήγορα, απαιτείται συνεχής και επιμελής συντήρηση, η εφαρμογή της οποίας θα πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της σκυροδέτησης και να διατηρεί τις πιο πάνω συνθήκες σταθερότητας για επτά (7) τουλάχιστον ημέρες.

Η συντήρηση μπορεί να διακριθεί σε:

- υγρή συντήρηση (πόντιση, καταιονισμός, διαβροχή με νερό, κάλυψη με υγρή άμμο ή με υγρές λινάτσες), και
- συντήρηση με τη χρήση αντισταθμιστικών μέσων.

Για επίπεδες επιφάνειες, συστήνεται η πόντιση με νερό με περιμετρικό καλούπωμα, ή ο καταιονισμός τύπου σπρέι ή η κάλυψη με άμμο/λινάτσα που διατηρείται κορεσμένη σε νερό.

Για όλες τις υπόλοιπες επιφάνειες, συστήνεται η διαβροχή με νερό. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να υπάρχει σχεδιασμός για το πώς θα γίνεται η διαβροχή των επιφανειών σκυροδέματος και ανά ποια χρονικά διαστήματα, ώστε το σκυρόδεμα να είναι συνεχώς υγρό κατά τη διάρκεια της συντήρησής του. Η διαβροχή πρέπει να γίνεται σε όλες τις επιφάνειες και όχι μόνον στην εκτεθειμένη επιφάνεια του σκυροδέματος. Μπορεί δε να γίνεται με αυτόματα συστήματα ψεκασμού.

Γενικά, για τη συντήρηση του σκυροδέματος πρέπει να χρησιμοποιείται νερό, η θερμοκρασία του οποίου δεν πρέπει να διαφέρει παραπάνω από 10°C από αυτή του σκυροδέματος (για αποφυγή συστολών και διαστολών). Επίσης θα πρέπει να αποφεύγονται οι κύκλοι εναλλαγής ξήρανσης – ύγρυνσης των υπό συντήρηση επιφανειών.

Σημαντικά θέματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή της μεθόδου συντήρησης είναι τα ακόλουθα:

(α) Για αποφυγή της γρήγορης εξάτμισης, ειδικά στις περιπτώσεις, όπου εκτός από υψηλή θερμοκρασία, υπάρχουν και ισχυροί άνεμοι ή απ' ευθείας ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του σκυροδέματος, να χρησιμοποιούνται μέσα συγκράτησης του νερού στην επιφάνεια σκυροδέματος, όπως για παράδειγμα υγρές λινάτσες. Οι λινάτσες θα πρέπει να έχουν καθαριστεί από πιθανές επιβλαβείς ουσίες, ανάλογα και με την προηγούμενη χρήση τους, ενώ μπορούν να τοποθετηθούν σε διπλές στρώσεις, για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Η διαβροχή τους πρέπει να γίνεται σε συχνά διαστήματα, ώστε να διατηρούνται υγρές.

(β) Σύμφωνα με το ACI 305R.-10 [5], όταν η προβλεπόμενη επιφανειακή εξάτμιση πλησιάζει το όριο του $1 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, οι συνθήκες πλαστικής ρηγμάτωσης ευνοούνται (βλ. Νομογράφημα στο Παράρτημα 1). Στην περίπτωση που η επιφανειακή εξάτμιση πλησιάζει την εν λόγω τιμή, μια ενδεδειγμένη μορφή συντήρησης θα μπορούσε να είναι η εφαρμογή καταιονισμού μορφής σπρέι, για αναπλήρωση του επιφανειακού νερού που χάνεται.

(γ) Με δεδομένο ότι ένα ξηρό περιβάλλον οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού εξάτμισης λόγω της διαφοράς σχετικής υγρασίας μεταξύ εκτεθειμένης επιφάνειας νωπού σκυροδέματος και περιβάλλοντος, μια μέθοδος προστασίας είναι ο ψεκασμός νέφους νερού σε μικρο-σταγονίδια (σύστημα εκνέφωσης) πάνω από την επιφάνεια (κι όχι σε επαφή με αυτήν), ώστε να αυξάνεται η σχετική υγρασία της περιοχής αυτής.

Όπου δεν είναι εφικτή η χρήση συντήρησης με νερό, είναι απαραίτητη η χρήση πλαστικών φύλλων που να παρεμποδίζουν την απώλεια υγρασίας. Τα υλικά αυτά (π.χ. φύλλα νάιλον) πρέπει να είναι ανοικτού χρώματος για την ανάκλιση ακτινοβολίας και ανθεκτικά σε αυτή. Τα διαφανή φύλλα αποκλείονται γιατί οδηγούν στην ανάπτυξη συνθηκών θερμοκηπίου. Φύλλα νάιλον μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως αντανεμικά μέσα, αν ο χώρος επιτρέπει την κατάλληλη ανάρτησή τους. Η απομάκρυνση όποιων καλυμμάτων προστασίας πρέπει να γίνεται σταδιακά μετά το τέλος προστασίας για να μην ξηρανθεί γρήγορα το σκυρόδεμα.



Βιβλιογραφία

1. Σύλλογος Ποθ. Μηχ. Ελλάδος, Τεχνική Οδηγία 2: Σκυροδέτηση με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, Έκδοση 1^η, Σεπτέμβριος 2011.
2. CYS EN 206-1: Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity.
3. CYS 300: Συμπληρωματικό Κυπριακό Πρότυπο στο CYS EN 206-1:2000 Σκυρόδεμα – Μέρος 1: Προδιαγραφή, Επιτελεστικότητα, Παραγωγή και Συμμόρφωση.
4. CYS EN 934-2: Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling.
5. American Concrete Institute (ACI) 305R-10: «Guide to hot weather concreting» www.concrete.org (Oct/2010)
6. P. Uno, Plastic Shrinkage Cracking and Evaporation Formulas, ACI Materials Journal, v. 95, No.4, 1998, pp. 365-75.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Νομογράφημα εκτίμησης του ρυθμού εξάτμισης

Για τη πρόβλεψη του ρυθμού εξάτμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη σχέση^[6]:

$$E = 5 [(T_c + 18)^{2.5} - r (T_a + 18)^{2.5}] (V + 4) \times 10^{-6}$$

Όπου:

E = Ρυθμός εξάτμισης ($\text{kg/m}^2/\text{h}$)

T_a = Θερμοκρασία Σκυροδέματος ($^{\circ}\text{C}$)

T_a = Θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}\text{C}$)

r = Σχετική υγρασία (%)

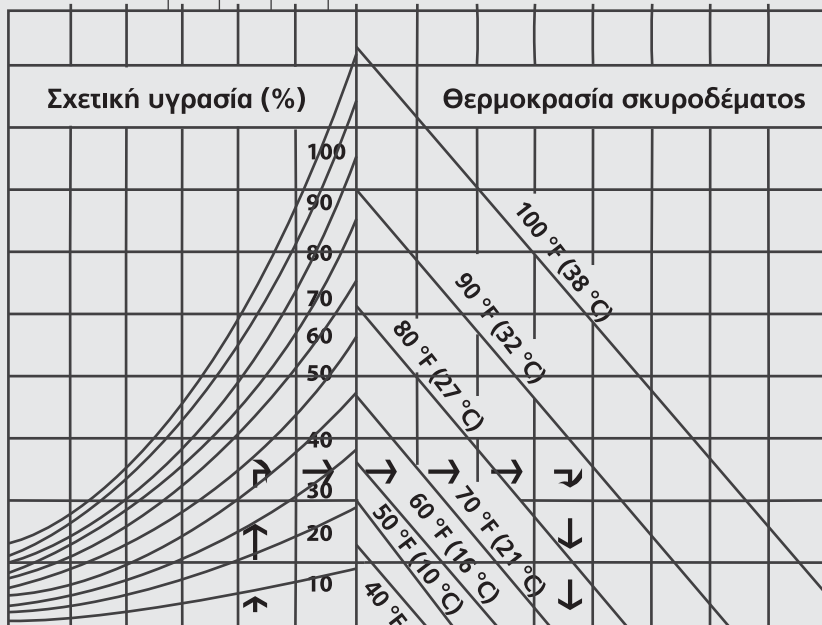
V = Ταχύτητα ανέμου (km/h)

Η παραπάνω σχέση απεικονίζεται προσεγγιστικά στο πιο κάτω νομογράφημα, για διαφορετικούς συνδυασμούς της θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος (μετρώνται σε ύψος 120 έως 180 εκ. επάνω από την εκτεθειμένη επιφάνεια), της θερμοκρασίας του σκυροδέματος και ταχύτητας του ανέμου (μετράται σε ύψος 50 εκ. επάνω από την εκτεθειμένη επιφάνεια). Σύμφωνα με το ACI 305R.10 [5], όταν η προβλεπόμενη επιφανειακή εξάτμιση πλησιάσει την προσεγγιστική τιμή ρυθμού εξάτμισης του σκυροδέματος, περί το $1\text{kg/m}^2/\text{h}$, οι συνθήκες πηλαστικής ρηγμάτωσης ευνοούνται.



Θερμοκρασία αέρα (°C)

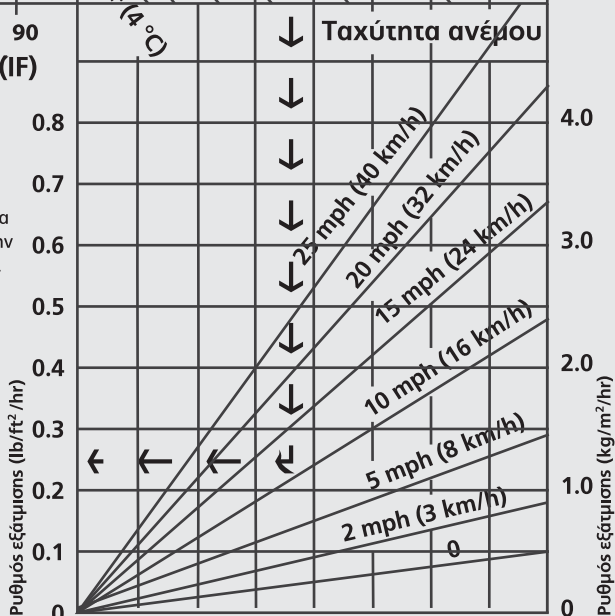
5 15 25 35



40 50 60 70 80 90
Θερμοκρασία αέρα (°F)

Χρήση διαγράμματος

1. Για συγκεκριμένη θερμοκρασία αέρα κινθείτε καθώς έως την επικρατούσα σχετική υγρασία.
2. Κινθείτε προς τα δεξιά έως τη θερμοκρασία του σκυροδέματος
3. Κινθείτε προς τα κάτω έως την επικρατούσα ταχύτητα του ανέμου
4. Κινθείτε προς τα αριστερά και αναγνώστε στον κατακόρυφο άξονα την προσεγγιστική τιμή του ρυθμού εξάτμισης.



ΕΤΕΚ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Τ.Θ. 21826, 1513, Λευκωσία, Κύπρος

Τηλ. + 357 22 877 644

Φαξ. + 357 22 730 373

www.etek.org.cy

E-mail: cyprus@etek.org.cy