

Αξιοποίηση απορριπτόμενων υλικών από μονάδες έτοιμου σκυροδέματος και κονιαμάτων: Πρώτη προσέγγιση

Μόνικα Ζερβάκη

*Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Τ.Κ. 157 73, Αθήνα*

Λέξεις κλειδιά: Απορριπτόμενο έτοιμο σκυρόδεμα, Νερό έκπλυσης, Επικίνδυνα υλικά, Αξιοποίηση στα δομικά υλικά

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη προσέγγιση σε σχετική διδακτορική διατριβή. Στόχος της είναι: ι) η, μέσα από τρέχουσες μελέτες και εργασίες, θεωρητική ανασκόπηση των προσπαθειών για την αξιοποίηση τόσο του απορριπτόμενου νερού σκυροδέματος που προέρχεται από τις μονάδες έτοιμου σκυροδέματος, όσο και του νερού έκπλυσης των οχημάτων διακίνησης στον τομέα των δομικών υλικών και ιι) η υποβολή εναλλακτικών προτάσεων για μελλοντική έρευνα στον τομέα αυτό. Τα υλικά αυτά (απορριπτόμενο έτοιμο σκυρόδεμα και νερό έκπλυσης) έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνα απόβλητα από τις διεθνείς περιβαλλοντικές νομοθεσίες και ως εκ τούτου οι εγκεκριμένοι χώροι απόθεσής τους αναμένεται να μειωθούν, γεγονός που καθιστά την ανάγκη αξιοποίησής τους ακόμα μεγαλύτερη.

Utilization of wastes from ready-mix concrete and mortar plants: first approach

Monika Zervaki

*Laboratory of Inorganic and Analytical Chemistry, School of Chemical Engineers NTUA, 9 Iroon
Polytechniou str, Zografou Campus, 157 73, Athens*

Keywords: Waste ready-mix concrete, wash water, Hazardous wastes, Utilization in the construction materials field

ABSTRACT: The target of this study, which consist the first step of a relative PhD, is: i) a theoretical approach to the utilization of ready-mix concrete waste as well as mixing trucks wash water in the field of construction materials through current studies and ii) suggestion of alternative proposals for future research in this area of application. Both ready-mix concrete waste and wash water are classified as hazardous waste by world environmental legislation and as a consequence the disposal of these materials is highly regulated. The availability of landfills authorized for the disposal of waste ready-mix concrete and wash water will be significantly reduced in the future, making the need of their utilization even greater.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μονάδες έτοιμου σκυροδέματος και κονιαμάτων προκύπτει καθημερινά μία μεγάλη ποσότητα παραπροϊόντων τα οποία είτε απορρίπτονται είτε συγκεντρώνονται σε ειδικούς χώρους αποθήκευσης. Τα παραπροϊόντα αυτά είναι κυρίως το επιστρεφόμενο νώπο σκυρόδεμα και το νερό έκπλυσης των ειδικών σιλοφόρων οχημάτων μεταφοράς έτοιμου σκυροδέματος.

Το επιστρεφόμενο νώπο σκυρόδεμα προκύπτει όταν ένα σημαντικό ποσοστό του νωπού διακινούμενου σκυροδέματος που προέρχεται και διακινείται από τις μονάδες έτοιμου σκυροδέματος απορρίπτεται στο τέλος του ημερήσιου προγράμματος των ειδικών οχημάτων μεταφοράς γεγονός που αποδίδεται κυρίως στη σημαντική απώλεια κάθισης κατά την μεταφορά καθώς και στη περιττή παραγγελία σκυροδέματος που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Επιπροσθέτως σπαταλώνονται μεγάλες ποσότητες νερού για την έκπλυση του σταθερού και κινητού εξοπλισμού παραγωγής, μεταφοράς και άντλησης σκυροδέματος, το οποίο αποτίθεται σε δεξαμενές ή λάκους. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται καθημερινά για να ξεπλένεται το εσωτερικό των οχημάτων μεταφοράς σκυροδέματος είναι περίπου 1500 L νερού ανά φορτηγό, ενώ η αναξιποίητη (και συνεπώς απορριπτόμενη) ποσότητα κονιάματος μπορεί να φθάσει και τα 300 kg (Paolini & Khurana, 1998).

Το γεγονός αυτό επιφέρει μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα αφού το απορριπτόμενο έτοιμο σκυρόδεμα καθώς και το νερό έκπλυσης των φορτηγών έχει χαρακτηριστεί ως επικίνδυνο απόβλητο στις ΗΠΑ από την EPA (Environmental Protection Agency) και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι τα απορριπτόμενα αυτά υλικά έχουν pH 11,5 ή και μεγαλύτερο, γεγονός που τα χαρακτηρίζει επικίνδυνα από τους διεθνείς κανονισμούς (Sealy, Phillips & Hill, 2001), καθώς και από σχετικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες. (Environment Agency, 1999).

Εξαιτίας του γεγονότος τούτου, η απόθεση παρόμοιας φύσης υλικών είναι αυστηρά τυποποιημένη από διαφορετικές περιβαλλοντικές νομοθεσίες, με αποτέλεσμα να αναμένεται στο μέλλον αισθητή μείωση της διαθεσιμότητας εγκεκριμένων χώρων απόθεσης απορριπτόμενου έτοιμου σκυροδέματος και νερού έκπλυσης. Απόρροια των προηγούμενων είναι η αναμενόμενη αύξηση του κόστους απόρριψης των υλικών αυτών

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η θεωρητική προσέγγιση για την αξιοποίηση τόσο του απορριπτόμενου έτοιμου σκυροδέματος, όσο και του νερού έκπλυσης στον τομέα των δομικών υλικών μέσα από τρέχουσες μελέτες και εργασίες, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα στον τομέα αυτό.

2. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Στο πλαίσιο της αιφόρου ανάπτυξης αλλά και της εξοικονόμησης χώρων διαχείρισης με μείωση του όγκου των απορρίψεων, μερικές μονάδες παρασκευής έτοιμου νωπού σκυροδέματος παγκοσμίως αλλά και στην Ελλάδα, επαναχρησιμοποιούν τα επιστρεφόμενα υλικά τους και το νερό έκπλυσης σε διάφορες εφαρμογές στον ίδιο τον χώρο της μονάδας.

Συγκεκριμένα, συνηθισμένη είναι η πρακτική ανακύκλωσης του επιστρεφόμενου έτοιμου σκυροδέματος, ύστερα από αποθήκευση, ξήρανση και θραύση (crushed returned concrete) ως αδρανές για παρασκευή νέου σκυροδέματος. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή το θραυσμένο επιστρεφόμενο σκυρόδεμα χωρίζεται σε κλάσματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λεπτόκοκκο και χονδρόκοκκο αδρανές και η χρήση του επιφέρει μικρή μείωση των αντοχών του σκυροδέματος (Obla, Kim & Lobo, 2007).

Σε ελάχιστες περιπτώσεις έχει αναφερθεί η συγκέντρωση του επιστρεφόμενου σκυροδέματος στα κοντινότερα συνεργαζόμενα εργοστάσια τσιμέντου, όπου μετά από κατάλληλη επεξεργασία επαναχρησιμοποιείται (www.csrhellas.org).

Όσον αφορά το νερό έκπλυσης, αυτό συχνά φυλάσσεται σε δεξαμενές από όπου, μετά από σχετική επεξεργασία, χρησιμοποιείται για το πλύσιμο του εξωτερικού των οχημάτων και για άρδευση των δένδρων και άλλων φυτών που συμβάλλουν στη βελτιωμένη αισθητική των μονάδων (www.csrhellas.org). Η πρακτική αυτή μπορεί να επιφέρει τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα αφού, όπως αναφέρεται παραπάνω, το νερό αυτό έχει πού υψηλό pH και μπορεί να προσβάλει τον υδροφόρο ορίζοντα.

3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1. Χημικός καθαρισμός οχημάτων

Κατόπιν βιβλιογραφικής μελέτης (Paolini & Khurana, 1998) έχει βρεθεί ότι, με κατάλληλα πρόσμικτα, μπορεί να επιτευχθεί σε συνδυασμό η προσωρινή διακοπή της πήξης του σκυροδέματος, λίγες ώρες μετά την προσθήκη του νερού και η επανεργοποίηση της αρκετές ώρες, ή και λίγες μέρες, μετά. Στην βιομηχανική πρακτική, το πρόσμικτο που σταματάει την ενυδάτωση, ο σταθεροποιητής, προστίθεται κατά την παρασκευή του σκυροδέματος όταν αυτό αναμένεται να χρειαστεί να παραμείνει ρευστό για μεγαλύτερο, από το συνηθισμένο, χρονικό διάστημα.

Η λειτουργία του σταθεροποιητή βασίζεται στην παρεμπόδιση του σχηματισμού των φάσεων του CSH και του πορτλαντίτη και δρα σε όλα τα συστατικά του τσιμέντου (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF). Βασικό πλεονέκτημα του σταθεροποιητή είναι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος υπερδοσολογίας που μπορεί να οδηγήσει σε αχρηστοποίηση του σκυροδέματος. Θεωρητικά, λοιπόν, μπορεί να προστεθεί και μετά την έναρξη της ενυδάτωσης και να διατηρήσει το σκυρόδεμα σε μία σταθερή ρευστή κατάσταση.

Έτσι, με σωστή χρήση αυτού του ζεύγους προσμίκτων (σταθεροποιητή και ενεργοποιητή) μπορεί να σταματήσει η πήξη του επιστρεφόμενου σκυροδέματος, ακόμα και πέντε ώρες μετά την έναρξη της ενυδάτωσής του (προσεγγιστικά ο χρόνος που χρειάζεται το όχημα για να φτάσει στον τόπο του έργου και να αντλήσει την αναγκαία ποσότητα σκυροδέματος) και να επανενεργοποιηθεί την επόμενη μέρα. Ο ενεργοποιητής θα προστίθεται με μία ποσότητα νερού στο εσωτερικό των οχημάτων την επόμενη μέρα και στη συνέχεια θα τοποθετείται στο όχημα νέα ποσότητα σκυροδέματος που θα αναμειγνύεται με την παλιά.

Στο πλαίσιο αυτής της σειράς των πειραμάτων θα μελετηθούν οι ιδιότητες του νέου σκυροδέματος που προκύπτει από αυτήν την ανάμειξη. Ακόμη για τον έλεγχο της σωστής δράσης των προσμίκτων θα γίνει διερεύνηση της μεταβολής της θερμότητας ενυδάτωσης του σκυροδέματος, (μέσα από λεπτομερή καταγραφή των θερμοκρασιακών διαφορών στις πρώτες ώρες της ενυδάτωσης) του οποίου η πήξη έχει διακοπεί με σταθεροποιητή και η επανεκκίνησή του έχει λάβει χώρα με βοήθεια ενεργοποιητή. Στον αρχικό σχεδιασμό ως παράμετροι προβλέπεται να εξετασθούν διάφορα ζεύγη προσμίκτων, διάφορες αναλογίες, σε διάφορους χρόνους επανεργοποίησης κλπ.

3.2. Αξιοποίηση νερού έκπλυσης

Το νερό έκπλυσης των οχημάτων μπορεί να αξιοποιηθεί απευθείας στις μονάδες έτοιμου σκυροδέματος ως νερό ανάμειξης, όπως έχει καταδειχθεί με βάση πρόσφατες μελέτες στο εξωτερικό (Su, Miao & Liu, 2002; Chatveera, Lertwattanakul & Makul, 2006; Chatveera & Lertwattanakul, 2009). Για να χρησιμοποιηθεί το νερό αυτό ως νερό ανάμειξης στο σκυροδέμα θα πρέπει να τηρούνται οι προδιαγραφές του αντίστοιχου προτύπου (ASTM C1602), δηλαδή θα πρέπει να εξεταστούν, η συγκέντρωση του νερού σε Cl^- , SO_4^{2-} και αλκάλια ($Na_2O + K_2O$), το περιεχόμενό του σε συνολικά στερεά, καθώς και να μελετηθούν οι ιδιότητες του σκληρωμένου προκύπτοντος σκυροδέματος. Σε περίπτωση που το νερό είναι εκτός προδιαγραφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες αναλογίες ανάμειξης με πόσιμο νερό.

Σε κάθε περίπτωση, ανεξαρτήτως των ιδιοτήτων του νερού έκπλυσης ή του ανάμεικτου νερού (νερό έκπλυσης σε συνδυασμό με πόσιμο νερό), θα μελετηθούν οι ιδιότητες νερού και σκληρωμένου σκυροδέματος ώστε να πιστοποιηθεί πρακτικά η δυνατότητα χρήσης του συγκεκριμένου νερού ως νερό ανάμειξης.

4. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ASTM C 1602/C 1602M, 2006, "Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete", American Society for Testing and Materials
- Chatveera B., Lertwattanakul P. & Makul N., 2006, "Effect of sludge water from ready-mixed concrete plant on properties and durability of concrete", *Cement & Concrete Composites* 28, pp.441-450
- Chatveera B. & Lertwattanakul P., 2009, "Use of ready-mixed concrete plant sludge water in concrete containing an additive or admixture", *Journal of Environmental Management* 90, pp.1901-1908
- Environment Agency, 1999, "Special wastes: a technical guidance note on their definition and classification", London, UK
- Obla K., Kim H. & Lobo C., 2007, "Crushed Returned Concrete as Aggregates for New Concrete", RMC Research & Education Foundation Final Report
- Paolini M. & Khurana R., 1998, "Admixtures for Recycling of Waste Concrete", *Cement and Concrete Composites* 20, pp.221-229
- Sealy B.J., Phillips P.S. & Hill G.J., 2001, "Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry", *Resources, Conservation and Recycling* 32, pp.321-331

Su N., Miao B. & Liu F.-S., 2002, “Effect of wash water and underground water on properties of concrete”, *Cement and Concrete Research* 32, pp.777–782
www.csrhellas.org, 2008, Διαχείριση και Ανακύκλωση Επιστροφών Ετοιμού Σκυροδέματος