

ΥΛΙΚΑ ΑΔΙΑΒΡΟΧΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΣΒΕΣΤΟ

Μαρία Στεφανίδου

Λέκτορας, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ
stefan@civil.auth.gr

Κάτια Ματζιάρη

PhD, Γεωλόγος Α.Π.Θ, uzin@otenet.gr

Λέξεις κλειδιά : ασβεστοκονιάματα, αδιαβροχοποίηση, φυσικές ιδιότητες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η υγρασία είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες φθοράς στα δομικά υλικά. Οι διάφορες μορφές με τις οποίες η υγρασία μπορεί να εισέλθει στη δομή των υλικών καθιστά δύσκολη την αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος. Στην περίπτωση των κονιαμάτων η πορώδης φύση τους καθιστά περισσότερο προβληματική την προστασία τους στον κίνδυνο της υγρασίας.

Στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ έγινε μια προσπάθεια εφαρμογής δύο διαφορετικών υλικών με υδρόφοβες ιδιότητες, στην επιφάνεια κονιαμάτων βασισμένων στην άσβεστο με σκοπό να μειωθεί η τάση των κονιαμάτων να προσροφούν υγρασία.

Για το σκοπό αυτό παρασκευάστηκαν κονιάματα με τρεις διαφορετικές συνδυαστικές κονίες και εφαρμόστηκαν δύο υλικά αδιαβροχοποίησης μετά από 28 ημέρες συντήρησης των δοκιμίων σε κατάλληλες συνθήκες. Στα κονιάματα πραγματοποιήθηκε έλεγχος φυσικών ιδιοτήτων όπως τριχοειδούς αναρρόφησης, απορροφητικότητας, μέτρηση γωνίας επαφής σταγόνας νερού με την επεξεργασμένη επιφάνεια καθώς και έλεγχος της μικροδομής των επεξεργασμένων κονιαμάτων με σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των υλικών αυτών .

Σκοπός είναι η εφαρμογή υλικού με υδρόφοβες ιδιότητες το οποίο να βελτιώνει την ανθεκτικότητα των κονιαμάτων που βασίζονται στην άσβεστο σε σχέση με την διάβρωση που μπορεί να υποστούν από την έκθεση στην υγρασία.

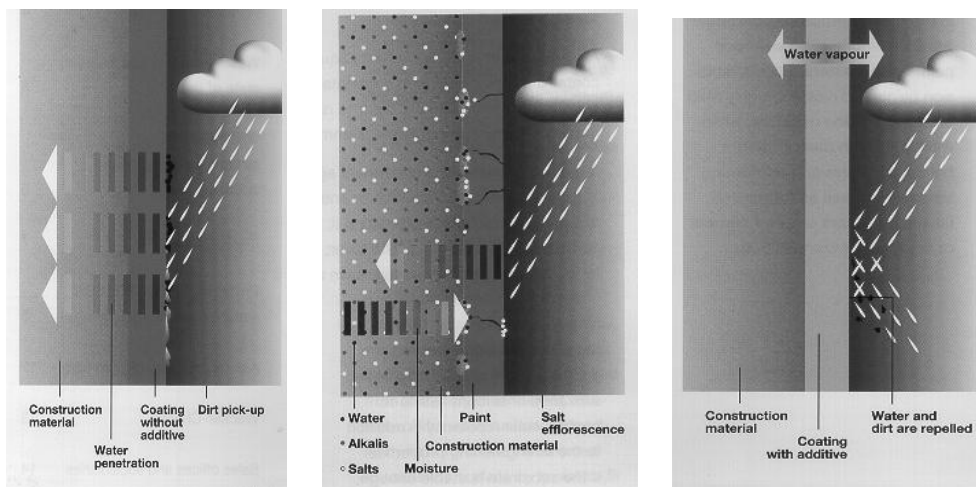
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τόσο οι ιστορικές κατασκευές όσο και οι νεότερες εμφανίζουν προβλήματα παθολογίας που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την υγρασία. Οι πιο συνηθισμένες μορφές παθολογίας είναι η εμφάνιση αλάτων, οι αποκολλήσεις των επιχρισμάτων (εικόνα1), οι βιολογικές αλλοιώσεις, τα φουσκώματα της τοιχοποιίας, η καταστροφή των υπαρχόντων τοιχογραφιών ιστορικών τοιχοποιιών.



Εικόνα1. Αποκολλήσεις επιχρισμάτων από υγρασία

Η υγρασία με την μορφή ανερχόμενης υγρασίας, βροχή, συμπύκνωση υδρατμών ή παγετού ευθύνεται για την αλλοίωση των παλαιών δομικών υλικών όσο και των νέων υλικών επισκευής μέσω πολλαπλών και αλληλοεπηρεαζόμενων φαινομένων (εικόνα2).



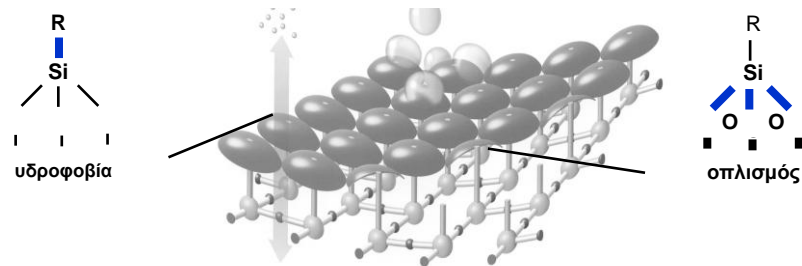
Εικόνα2. Μηχανισμός διάβρωσης δομικών υλικών (Wacher Chemie)

Τα κονιάματα χαρακτηρίζονται από πορώδη δομή αφού σε ασβεστοκονιάματα τυπικές τιμές ανοιχτού πορώδους είναι 20-30% (Στεφανίδου Μ. 2000). Η δομή αυτή επιτρέπει τη διέλευση της υγρασίας με αποτέλεσμα τα ασβεστοκονιάματα να μην συγκρατούν στο εσωτερικό τους υψηλά ποσοστά υγρασίας. Παρόλα αυτά γίνονται φορείς της υγρασίας η οποία μεταβαίνει σε άλλα δομικά υλικά όπως οι λίθοι και οι πλίνθοι. Αποτέλεσμα είναι να προσβάλετε η τοιχοποιία από υγρασία με τις συνέπειες που αυτό επιφέρει (Henriques F.M.A. 1992), (Villegas R. et.al 1992). Η εφαρμογή υδρόφοβων προϊόντων σε λίθους έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει θετικά αποτελέσματα λόγω της φύσης και της συμπαγούς δομής των λίθων (Muller U. et al. 2006), (Wheeler G. 2005) ενώ η επιστήμη των πολυμερών έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών (Παναγιώτου 1996), (Tsakalof A. et al. 2007).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ελεγχθεί η συμπεριφορά των κονιαμάτων βασισμένων στην άσβεστο όταν σε αυτά εφαρμοστούν υδρόφοβα προϊόντα.

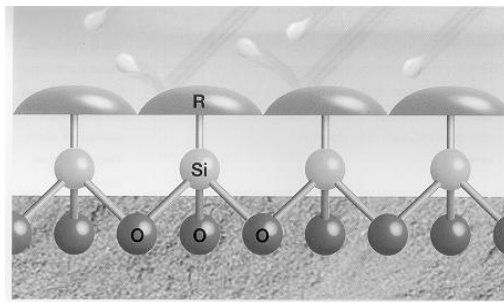
Στην πορώδη δομή των κονιαμάτων βασισμένων σε ασβέστη εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικά υδρόφοβα προϊόντα. Πρόκειται για ένα συμπύκνωμα αδιάλυτης σιλικόνης που βασίζεται σε σιλάνια και σιλοξάνια διαλυμένα σε οργανικούς διαλύτες (αναλογία 1:15 κ.β. με πετρελαϊκό αιθέρα) γνωστό με το εμπορικό όνομα SIRLES BS 290 και ένα υδατοδιαλυτό γαλάκτωμα αλκυλοαλκοξύ σιλανίου και σιλοξανίου χωρίς οργανικούς διαλύτες. Περιέχει μίγμα σταθεροποιημένων σιλανίων/σιλοξανίων τα οποία είναι ευεπηρεάστα σε υδρόλυση. Το

εμπορικό όνομά του είναι SIRLES BS1001. Ο μηχανισμός δράσης των δύο υλικών φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (εικόνα3, 4).



Εικόνα3. Σχηματική αναπαράσταση μηχανισμού προστασίας σιλανών (Wacker Silicone)

Δημιουργούν ανθεκτικά υδατοαπωθητικά στρώματα σε δομικά υλικά, σχηματίζοντας ένα πλέγμα οργανο-πυριτικών ρητινών που λειτουργεί ως υδρόφοβη ομπρέλα και «οπλίζει» την επιφάνεια του δομικού υλικού. Έτσι η αδιαβροχοποίηση λειτουργεί σαν αόρατη ασπίδα προστασίας των ορυκτών υποστρωμάτων. Βέβαια ο τρόπος με τον οποίο τα δύο υλικά αντιδρούν στην υγρασία είναι διαφορετικός αφού στην περίπτωση του BS 290 μετά την εφαρμογή του αντιδρά με την ατμοσφαιρική υγρασία ή με το νερό που περιέχεται στους πόρους, ελευθερώνοντας τις ενεργές ομάδες συστατικών που μειώνουν δραστικά την υδατοαπορροφητικότητα της επιφάνειας αποβάλλοντας την αλκοόλη. Το προϊόν BS1001 μετά την εφαρμογή υδρολύεται απελευθερώνοντας αλκοόλη και το γαλάκτωμα μετατρέπεται σε ρητίνη σιλικόνης που αδιαβροχοποιεί την επιφάνεια. Το υλικό χρησιμοποιήθηκε χωρίς αραιώση.



Εικόνα4. Σχηματική απεικόνιση αδιαβροχοποίησης (Wacker Silicone)

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η σύσταση των κονιαμάτων στα οποία εφαρμόστηκαν τα δύο προϊόντα αδιαβροχοποίησης φαίνεται στον πίνακα1.

Πίνακας1. Σύσταση κονιαμάτων

	Ασβέστης	Ποζολάνη	Λευκό τσιμέντο	Άμμος (0-4mm)	N/K
A	1	-	-	3	0.64
Π	1	1	-	6	0.8
T	1	0.8	0.2	6	0.675

Τα κονιάματα παρασκευάστηκαν με “παραδοσιακές” κονίες και φυσική άμμο ποταμού ενώ η εργασιμότητά τους ελέγχθηκε με τράπεζα εξάπλωσης και ήταν 14 ± 1 cm. Συντηρήθηκαν σε ελεγχόμενες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και σε ηλικία 28 ημερών θερμάνθηκαν στους 60°C μέχρι σταθερού βάρους και στη συνέχεια εμβάπτιστηκαν στα διαλύματα των υδρόφοβων προϊόντων. Η εμβάπτιση έγινε για δύο λεπτά. Ελέγχθηκε το ποσό του απορροφούμενου προϊόντος το οποίο φαίνεται στον πίνακα2 ενώ παράλληλα έγιναν έλεγχοι που αφορούν στο ανοιχτό πορώδες (πίνακας3), την τριχοειδή απορρόφηση σε δείγμα στο οποίο δεν εφαρμόστηκε υδρόφοβο υλικό(μ) και σε δείγματα στα οποία εφαρμόστηκαν το BS 290 (s) και το BS1001 (w) (εικόνες 5,6,7).

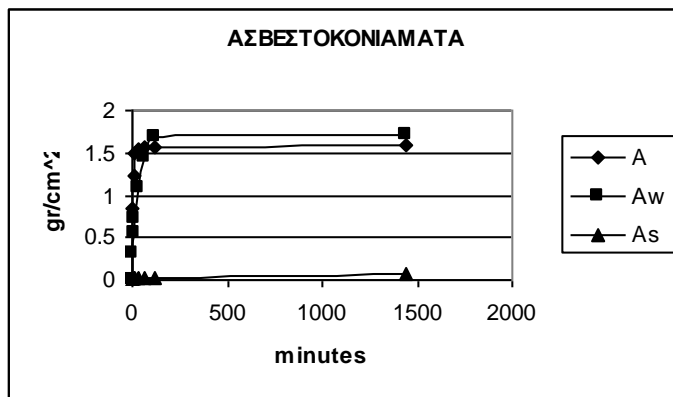
Πίνακας2. Ποσοστό% απορρόφησης των προϊόντων s και w από τα κονιάματα.(μέσος όρος 5 δειγμάτων)

	BS 290 (s)	BS 1001(w)
A	4.15	1.43
Π	5.65	1.16
T	2.92	0.57

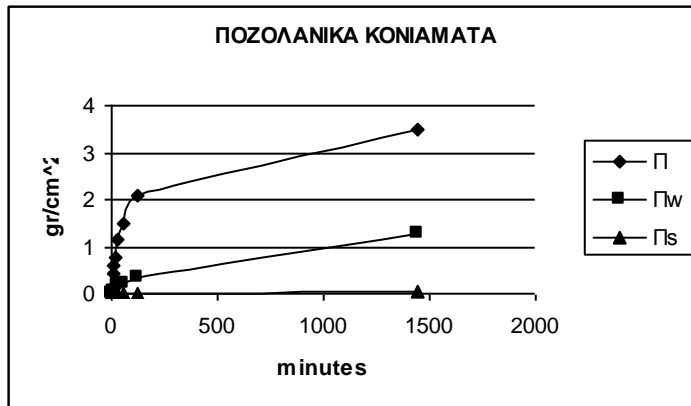
Δεδομένου ότι η εμβάπτιση έγινε με τον ίδιο τρόπο για τα δύο διαλύματα φαίνεται ότι το BS290 απορροφάτε περισσότερο σε σχέση με το BS 1001.

Πίνακας3. Προσδιορισμός ανοιχτού πορώδους με τη μέθοδο RILEM CPC11.3

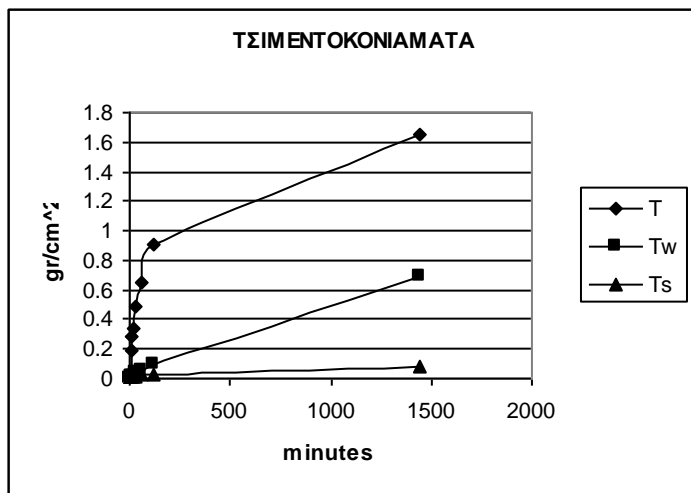
	Πορώδες %	Ειδικό βάρος
A	16.92	1.749
Aw	16.45	1.768
As	3.65	1.667
Π	21.37	1.625
Πw	21.33	1.626
Πs	9.24	1.641
T	18.81	1.695
Tw	18.06	1.770
Ts	8.28	1.685



Εικόνα5. Τριχοειδής απορρόφηση αμιγών ασβεστοκονιαμάτων με υδρόφοβα προϊόντα



Εικόνα6. Τριχοειδής απορρόφηση κονιαμάτων με ποζολάνη και υδρόφοβα προϊόντα



Εικόνα7. Τριχοειδής απορρόφηση κονιαμάτων με ποζολάνη, τσιμέντο και υδρόφοβα προϊόντα

Από τον έλεγχο του ανοιχτού πορώδους αλλά και από την τριχοειδή απορρόφηση προκύπτει ότι το προϊόν με κωδικό BS290 (w) αλλάζει τις ιδιότητες αφού μειώνει αισθητά το πορώδες και την απορρόφηση υγρασίας μέσω της τριχοειδούς ανύψωσης. Αντίθετα το προϊόν με κωδικό BS1001 (w) διατηρεί τις ιδιότητες των κονιαμάτων περιορίζοντας ταυτόχρονα την τριχοειδή ανύψωση.

Έλεγχος της περιεκτικότητας μιας σειράς κονιαμάτων σε υδατοδιαλυτά άλατα έδειξε ότι η επίδραση των προϊόντων υδροφοβίωσης προκαλεί μικρή αύξηση στα ποσοστά χλωρο-ιόντων και θειϊκών ιόντων (πίνακας4)

Πίνακας4. Περιεκτικότητα υδατοδιαλυτών αλάτων σε %κ.β.

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
T	0,03	0,01	0,51
Ts	0,07	<0,01	0,51
Tw	0,09	<0,01	0,77

Ο έλεγχος της μικροδομής των επεξεργασμένων κονιαμάτων δείχνει ότι το προϊόν BS290 δημιουργεί μεμβράνη στην επιφάνειά τους ενώ το BS1001 απορροφάτε σε βάθος 1.5-2mm από την επιφάνεια (εικόνες 8, 9)



Εικόνα8 Ασβεστοκονίαμα με BS 290



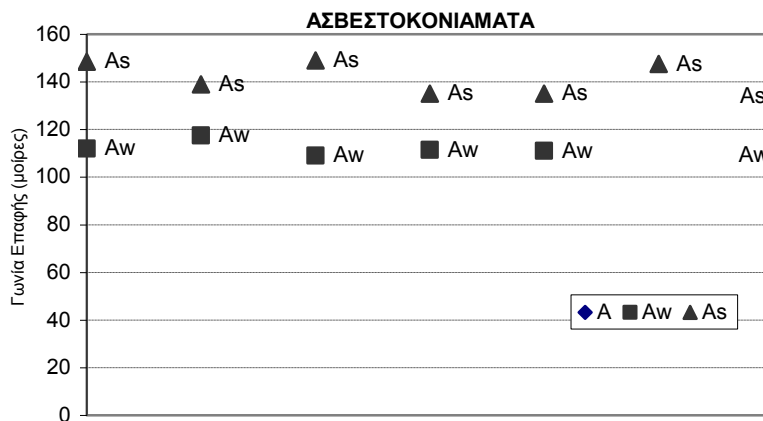
Εικόνα9 Ασβεστοκονίαμα με BS 1001

Η υδροφοβιοποίηση (hydrophobicity) των κονιαμάτων μετρήθηκε πειραματικά με χρήση οργάνου μέτρησης γωνίας επαφής «Kruss». Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των μετρήσεων για όλα τα δείγματα. Στα δοκίμια των κονιών που δεν υπέστησαν προστατευτική επίχριση δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί μέτρηση, λόγω του μεγάλου πορώδους των κονιών.

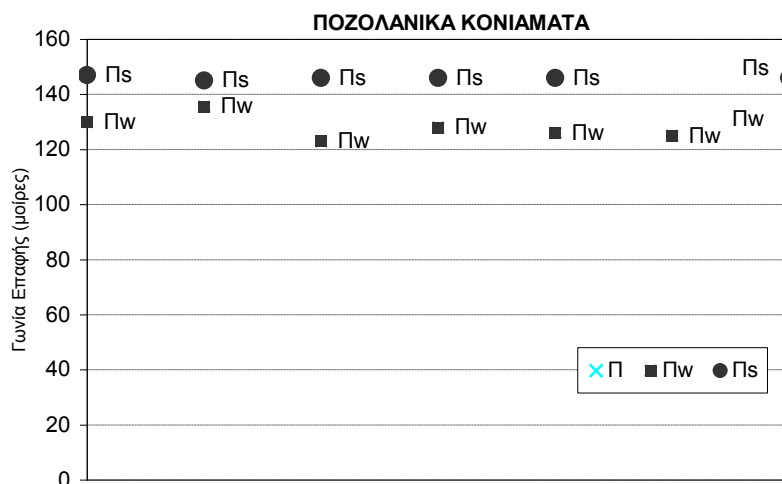
Πίνακας5. Μέτρηση γωνίας επαφής κονιαμάτων με σταγόνα νερού KRUSS

A/A	1	2	3	4	5	6	M.T.
A	-	-	-	-	-	-	-
Aw	112	117.5	109	111.5	111	-	112,2
As	148.5	139	149	135	135	147.5	142,3
Π	-	-	-	-	-	-	-
Πw	130	135.5	123	128	126	125	127,9
Πs	147	145	146	146	146	-	146,0
T	17	15	-	-	-	-	16,0
Tw	136.5	125	111	137.5	-	-	118,0
Ts	148	148	148	146	147	-	147,4

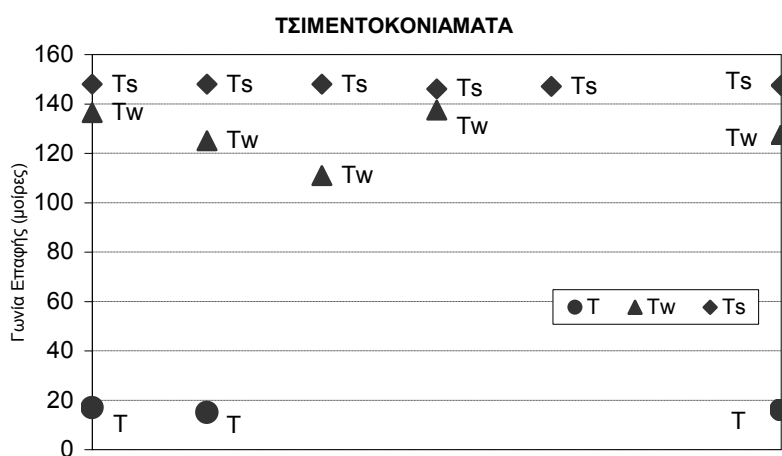
Από τις τιμές που προέκυψαν φαίνεται στις εικόνες 10, 11, 12 η διακύμανση της προστατευτικής ικανότητας των δύο υλικών. Σημειώνεται ότι στα αμιγή ασβεστοκονιάματα και στα ποζολανικά κονιάματα δεν ήταν δυνατή η μέτρηση της γωνίας επαφής της σταγόνας με το μη επεξεργασμένο δείγμα λόγω μεγάλης απορρόφησης.



Εικόνα10. Διακύμανση γωνίας επαφής σε ασβεστοκονιάματα χωρίς και με χρήση προστατευτικής επίστρωσης.



Εικόνα11. Διακύμανση γωνίας επαφής σε ποζολανικά κονιάματα χωρίς και με χρήση προστατευτικής επίστρωσης

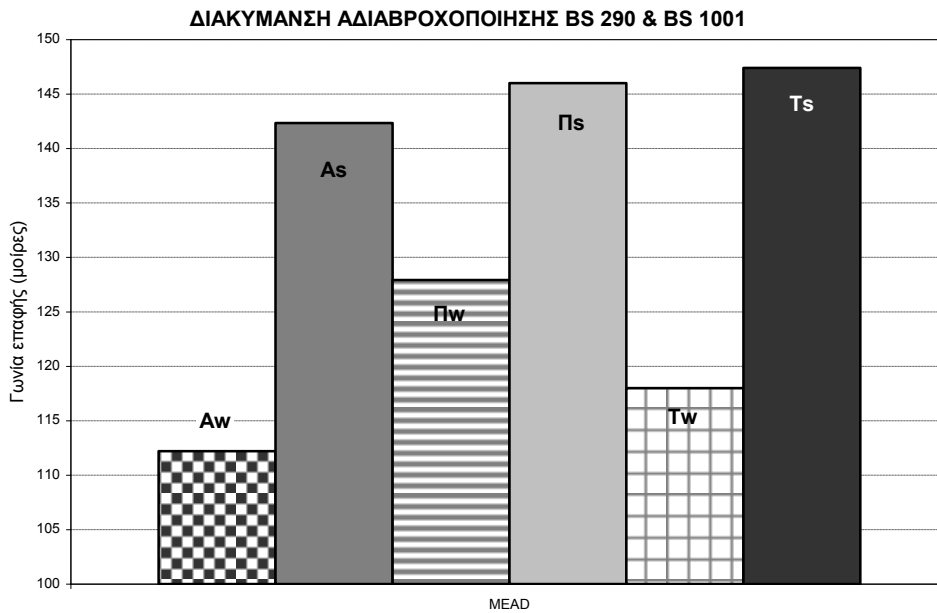


Εικόνα12. Διακύμανση γωνίας επαφής σε τσιμεντοκονιάματα χωρίς και με χρήση προστατευτικής επίστρωσης

Συμπερασματικά ο έλεγχος της γωνίας επαφής σταγόνας νερού με την επιφάνεια των κονιαμάτων έδειξε πως:

1. Τα δύο προϊόντα προσέφεραν προστασία έναντι της απορρόφησης υγρασίας σε όλα τα κονιάματα

2. Το προϊόν BS 290 επέδειξε υψηλότερες τιμές υδροφοβίωσης των επιφανειών σε όλες τις κατηγορίες κονιαμάτων έναντι του BS1001 όπως φαίνεται στην εικόνα13. Παρόλα αυτά οι αλλαγές που προκλήθηκαν στις φυσικές και μικροδομικές ιδιότητες των κονιαμάτων μετά την εφαρμογή του BS290 ήταν σημαντικές.



Εικόνα13. Σύγκριση προστατευτικής ικανότητας στα διάφορα δείγματα κονιαμάτων για τα δύο προϊόντα BS 290 & BS 1001

Οι παραπάνω παρατηρήσεις ερμηνεύονται από τη δομή και τη φύση των υλικών προστασίας που επιλέχθηκαν σε συνδυασμό με την υφή και τις ιδιαιτερότητες των ορυκτών υποστρωμάτων. Το προϊόν BS 290 έχει πιο μικρομοριακή δομή, είναι διαλυμένο σε πετρελαϊκό αιθέρα που δεν εμφανίζει μεγάλη πολικότητα, με αποτέλεσμα να παραμένει κυρίως στην επιφάνεια, σχηματίζοντας την ασπίδα προστασίας.

Σε αντίθεση το BS1001 πλεονεκτεί περιβαλλοντικά, επειδή έχει διαλύτη το νερό, αλλά λόγω της πολικότητας του νερού έλκεται έντονα από τα τριχοειδή με αποτέλεσμα να χάνεται στους πόρους και σαν σύνολο φαινόμενο όσο μεγαλύτερο είναι το πορώδες του υποστρώματος, τόσο πιο αδύναμη να γίνεται η προστατευτική ικανότητα του επιχρίσματος.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κονιάματα που βασίζονται στην άσβεστο χαρακτηρίζονται από πορώδη δομή με αποτέλεσμα να απορροφούν και να μεταφέρουν σημαντικά ποσά υγρασίας. Στην παρούσα εργασία η προσπάθεια της υδροφοβίωσης των κονιαμάτων αυτών έγινε με τη μέθοδο της επιφανειακής προστασίας τους δημιουργώντας υδατοαπωθητικά στρώματα.

Τα δύο προϊόντα που ελέγχθηκαν προσέφεραν αδιαβροχοποίηση στα κονιάματα βάσει των αποτελεσμάτων των ιδιοτήτων που μετρήθηκαν. Το προϊόν BS290 φαίνεται να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά σε σχέση με την υδροφοβίωση που παρέχει αφού απορροφάται και περισσότερο λόγω της φύσης του. Παρόλα αυτά όμως οι αλλοιώσεις που προκαλούνται στη δομή των κονιαμάτων (μεταβολή του πορώδους και των ιδιοτήτων που σχετίζονται με αυτό) καθιστούν προβληματική την εφαρμογή του.

Το προϊόν BS1001 δεν φαίνεται να αλλοιώνει τις ιδιότητες των κονιαμάτων ενώ ταυτόχρονα προσφέρει ικανοποιητική προστασία από την υγρασία. Η πιλοτική εφαρμογή του υλικού αυτού σε τοιχοποιία που είναι εκτεθειμένη σε καιρικές συνθήκες αναμένεται να δώσει ασφαλή συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα του προϊόντος.

4. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Henriques F.M.A. “Water repellents for masonry surfaces: A comparative analysis of performance tests” 7th International Congress on Deterioration and Conservation of stones pp. 631-640 Lisbon Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (1992)

Muller U. & F. Weise, S. Grell “The long term effects of a water repellent treatment on a volcanic tuff” pp777-784 Heritage, Weathering and Conservation, ISBN 0-415-41272-2 Editors Fort, Alvarez de Buergo, Gomez-Heras & Vasquez-Calvo (2006)

Παναγιώτου Κ., *Επιστήμη και Τεχνολογία Πολυμερών*, Θεσσαλονίκη (1996)

Στεφανίδου Μ. “Μελέτη μικροδομής και μηχανικών χαρακτηριστικών παραδοσιακών κονιαμάτων” Διδακτορική Διατριβή (υπό την επίβλεψη της Καθ. Ι. Παπαγιάννη), Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη (2000)

Tsakalof Andreas, Panagiotis Manoudis, Ioannis Karapanagiotis, Ioannis Chryssoulakis and Costas Panayiotou, “Assessment of synthetic polymeric

coatings for the protection and preservation of stone monuments”, Journal of Cultural Heritage, Volume 8, Issue 1, p.p.69-72, January-March (2007)

Villegas P., J.F.Vale “Evaluation of the behaviour of water repellent treatments for stone” 7th International Congress on Deterioration and Conservation of stones pp. 1253-1262, Lisbon Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (1992)

Wacker Silicone, *Wacker BS - Protecting facades with silicones*, Technical data sheet

Wheeler G., Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone, p.p. 55-59, Getty Conservation Institute (2005)

