ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®

PENETRON®

ADVANCED WATERPROOFING & PROTECTION SYSTEMS

Πλεονεκτήματα του Ολοκληρωμένου Συστήματος Στεγανοποίησης PENETRON® με επίκεντρο το PENETRON ADMIX®

TOTAL CONCRETE PROTECTION

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή…….. 4
2. Προβλήματα που σχετίζονται με την στεγανοποίηση του σκυροδέματος…….. 4
2.1. Διάβρωση…….. 4
2.2. Ενανθράκωση……... 6
2.3. Ρωγμάτωση……... 6
2.3.1. Ρωγμάτωση πλαστικής συρρίκνωσης…… 6
2.3.2. Συρρίκνωση λόγω ξήρανσης…… 6
2.3.3. Θερμικές ρωγμές…… 7
2.3.4. D-cracking……... 7
2.4. Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (ASR) …… 8
2.5. Φθορά λόγω των κύκλων πήξης – τήξης…… 9
2.6. Αποσάθρωση του σκυροδέματος λόγω χημικής προσβολής……... 10
2.7. Προσβολή από θειικά…….. 11
2.8. Κατασκευές από σκυρόδεμα σε θαλάσσια περιβάλλοντα…… 11
3. Στεγανοποίηση με PENETRON ADMIX®…… 12
3.1. Τρόπος λειτουργίας…… 12
3.2. Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του PENETRON ADMIX®…… 13
3.2.1. Μόνιμη προστασία σκυροδέματος…….. 13
3.2.2. Σκυρόδεμα που «αυτοεπιδιορθώνεται» …… 14
3.2.3. Αντιδιαβρωτική προστασία του οπλισμού με PENETRON ADMIX®…… 15
3.2.4. Προστασία από την διείσδυση χλωριούχων…….. 17
3.2.5. Προστασία από την ενανθράκωση…… 19
3.2.6. Ικανότητα γεφύρωσης ρωγμών του PENETRON®……... 19
3.2.7. Αυξημένη αντοχή σε θλίψη……... 22
3.2.8. Αντοχή σε υψηλή πίεση νερού…… 22
3.2.9. Χημική αντοχή…… 25
3.2.10. Αντοχή σε κύκλους πήξης – τήξης…….. 28
3.2.11. Συμβατότητα με συνήθεις συνθέσεις σκυροδέματος (PENETRON ADMIX®).. 28
3.2.12. Πρόληψη της Αλκαλοπυριτικής Αντίδρασης (ASR) …… 29
3.2.13. Περιορισμοί…….... 29
3.2.13.1. Αρμοί διακοπής σκυροδέτησης…… 30
3.2.13.2. Ενεργές διαρροές……... 30
3.2.13.3. Ατέλειες σκυροδέματος…….. 30
3.2.13.4. Δομικές ρωγμές…….. 30
3.2.13.5. Εκτεθειμένες κατασκευές από σκυρόδεμα (θερμικές ρωγμές) …….. 30
4. Με μια ματιά – ανασκόπηση οφέλων…… 31
5. Σύγκριση των προϊόντων Penetron με άλλα συστήματα στεγανοποίησης…… 32
5.1. Σύγκριση ανάμεσα στα Penetron και υδροφοβικά εμφρακτικά πόρων……... 34
6. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON ADMIX®……... 35
6.1. Περιγραφή……..... 35
6.2. Δοσολογία……..... 36

6.3. Ανάμιξη..... 36
6.3.1. Βιομηχανία έτοιμου σκυροδέματος – Παραγωγή ξηρού μίγματος..... 36
6.3.2. Βιομηχανία έτοιμου σκυροδέματος – Παραγωγή κεντρικού μίγματος..... 36
6.3.3. Βιομηχανία προκατασκευών σκυροδέματος..... 36
6.3.4. Τεχνικές υπηρεσίες..... 37
6.4. Χρόνος ωρίμανσης και αντοχή..... 37
6.5. Περιορισμοί..... 37
7. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON®..... 37
7.1 Περιγραφή..... 37
7.2. Κατανάλωση..... 38
7.2.1. Πλάκες κατασκευών..... 38
7.2.2. Κατασκευαστικοί αρμοί..... 38
7.2.3. Σκυρόδεμα καθαριότητας..... 38
7.3. Προετοιμασία επιφάνειας..... 38
7.4. Ανάμιξη..... 38
7.5. Εφαρμογή..... 39
7.5.1. Υδαρής μορφή..... 39
7.5.2. Μορφή ξηρής σκόνης (μόνο για οριζόντιες επιφάνειες) 39
7.6. Μετεπεξεργασία..... 39
8. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON® PLUS..... 39
8.1. Περιγραφή..... 39
8.2. Κάλυψη..... 39
8.3. Διαδικασίες εφαρμογής..... 40
8.4. Ωρίμανση..... 40
8.5. Τεχνικές υπηρεσίες..... 41
9. Επικοινωνία και Όροι Χρήσης..... 41

Πίνακας Σχεδιαγραμμάτων

Εικόνα 1.	Στάδια Διάβρωσης	5
Εικόνα 2.	Παράδειγμα ρωγμών πλαστικής συρρίκνωσης	8
Εικόνα 3.	Παράδειγμα ρωγμών λόγω ξήρανσης	8
Εικόνα 4.	Παράδειγμα θερμικής ρωγμάτωσης	8
Εικόνα 5.	Παράδειγμα D-cracking	8
Εικόνα 6.	Εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ενός σωματιδίου αδρανούς από πυριτικό σχιστόλιθο με πολυάριθμες εσωτερικές ρωγμές εξαιτίας της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης (ASR), οι ρωγμές εκτείνονται και στην παρακείμενη τσιμεντόπαστα	9
Εικόνα 7.	Λεπτομέρεια αδρανούς που δείχνει αλκαλοπυριτική γέλη να εκβάλλεται σε ρωγμές μέσα στο σκυρόδεμα. Επίσης παρουσιάζεται εττρινγκίτης σε κάποιες ρωγμές	9
Εικόνα 8.	Παραδείγματα φθοράς από αλκαλοπυριτική αντίδραση (ASR)	9
Εικόνα 9.	Παράδειγμα φθοράς από κύκλους πήξης – τήξης σε δρόμους και καταστρώματα γεφυρών	10
Εικόνα 10.	Παράδειγμα φθοράς σε σκυρόδεμα που προκλήθηκε από χημική προσβολή	11
Εικόνα 11.	Πώς δουλεύει το PENETRON®	13
Εικόνα 12.	Φωτογραφία από Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης των κρυστάλλων του PENETRON®	13
Εικόνα 13.	Δοκιμή, MFPA Λειψία, Γερμανία, 2006	14
Εικόνα 14.	Ροή νερού μέσα από ρωγμή 0,2 mm σε πιέσεις νερού 0,1, 0,5 και 1,0 bar	15
Εικόνα 15.	Ροή νερού μέσα από ρωγμή 0,25 mm σε πιέσεις νερού 0,1, 0,5 και 1,0 bar	15
Εικόνα 16.	Απόσπασμα: Διαπερατότητα του σκυροδέματος με PENETRON ADMIX® σε σχέση με το δείγμα ελέγχου (ENCO, 2006)	17
Εικόνα 17.	Απόσπασμα: Διαπερατότητα χλωριούχων του PENETRON ADMIX® (AASHTO-T-277: Shimel and Sor, USA, 2005)	18
Εικόνα 18.	Απόσπασμα: Αποτελέσματα της δοκιμής γρήγορης διείσδυσης χλωριούχων στο Sardar Patel, Ινδία, 2009	18
Εικόνα 19.	Παράκτιο τείχος με PENETRON ADMIX®, Portocel, Aracruz, Βραζιλία	19
Εικόνα 20.	The Capri, Miami Bay, USA. Υπόγεια κατασκευή με PENETRON ADMIX®	19
Εικόνα 21.	Εικόνα Οπισθοσκεδαζομένων Ηλεκτρονίων (BEI) των κρυστάλλων Penetron που σχηματίζονται σε μια ρωγμή	20
Εικόνα 22.	Βελονοειδής μορφής, επιμηκυμένος σχηματισμός κρυστάλλων Penetron σε ρωγμές	20
Εικόνα 23.	Απόσπασμα: Αποτελέσματα διαπερατότητας σε ραγισμένα δείγματα σκυροδέματος με PENETRON®	21
Εικόνα 24.	Δείγμα OFI (PENETRON® “σύστημα τύπου sandwich”)	21
Εικόνα 25.	Απόσπασμα: Αποτελέσματα δοκιμών του PENETRON ADMIX® υπό πίεση νερού 20 bar, Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, Ιταλία, 2005	25
Εικόνα 26.	Πανεπιστήμιο της Μπολόνια: Δοκιμή χημικής αντοχής – Δημιουργία δοκιμής	26
Εικόνα 27.	Πανεπιστήμιο της Μπολόνια: Δοκιμή χημικής αντοχής – Αποτελέσματα	27
Εικόνα 28.	Νότιες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Μιλάνου, Ιταλία	28
Εικόνα 29.	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων SABESP, Βραζιλία	28

1. Εισαγωγή

Τα ολοκληρωμένα συστήματα στεγανοποίησης σκυροδέματος PENETRON® χρησιμοποιούνται για πάνω από τρεις δεκαετίες για να στεγανοποιήσουν και να προστατέψουν αποτελεσματικά κατασκευές από σκυρόδεμα σε όλο τον κόσμο. Αυτό το έγγραφο επεξηγεί τα πιο κοινά προβλήματα που σχετίζονται με την κατασκευή από σκυρόδεμα όταν έρχεται σε επαφή με νερό και κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Επιπλέον το κείμενο περιγράφει πώς να αναγνωρισθούν και να προληφθούν αυτά τα προβλήματα με την βοήθεια των ολοκληρωμένων συστημάτων στεγανοποίησης σκυροδέματος PENETRON® ώστε να αυξήσουμε την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος και να προστατέψουμε αποτελεσματικά τις κατασκευές.

2. Προβλήματα που σχετίζονται με την στεγανοποίηση του σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα είναι το πιο κοινό, ανθρωπογενές, δομικό υλικό στον κόσμο. Διαθέτει μια σχετικά καλή αντοχή στο νερό και τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα μπορούν να διαμορφωθούν αρκετά εύκολα σε διάφορα σχήματα και μεγέθη. Παρά την ανθεκτικότητά του, το σκυρόδεμα – ακόμα και τα υψηλής ποιότητας σκυροδέματα – είναι ένα πορώδες υλικό. Το πλεονάζον εξατμιζόμενο νερό στο στάδιο ενυδάτωσης του σκυροδέματος θα δημιουργήσει εκατομμύρια πόρους και τριχοειδή στο σκυρόδεμα. Επιπλέον, οι ενδιάμεσες ζώνες μετάβασης (ITZ) – ένα μέρος της μικροδομής του σκυροδέματος που περιγράφει την ζώνη, που υπάρχει ανάμεσα στην ενυδατωμένη τσιμεντόπαστα και σε μεγάλα σωματίδια αδρανούς – είναι επιρρεπείς στη ρωγμάτωση κατά το στάδιο ωρίμανσης του σκυροδέματος εξαιτίας της συρρίκνωσης, των θερμοκρασιακών τάσεων και των εξωτερικά εφαρμοζόμενων φορτίων. Αυτές οι μικρορωγμές στην ενδιάμεση ζώνη μετάβασης είναι συνήθως μεγαλύτερες από τις περισσότερες τριχοειδείς κοιλότητες που υπάρχουν στο σκυρόδεμα. Οι πόροι και οι μικρορωγμές (ειδικά εάν διασυνδέονται σε όλο το σκυρόδεμα) αυξάνουν το πορώδες της μήτρας σκυροδέματος και θα επιτρέψουν στον αέρα και στο νερό να εισέλθουν στο ωριμασμένο σκυρόδεμα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την διάβρωση του οπλισμού και άλλες φθορές του σκυροδέματος που προκαλούνται από άλατα και χημικά που συνεισφέρουν επίσης στην επιδείνωση και αποδυνάμωση της αντοχής του σκυροδέματος, επηρεάζοντας άμεσα την ανθεκτικότητά του.

Το νερό (θαλασσινό, υπόγειο, ποτάμιο, λιμναίο, χιόνι, πάγος και υδρατμός) είναι ο πρωταρχικός παράγοντας για την δημιουργία και την καταστροφή του σκυροδέματος – και εμπλέκεται βαθιά σχεδόν σε κάθε μορφή αποσάθρωσης του σκυροδέματος. Η εμπειρία στον τομέα δείχνει ότι, κατά σειρά φθίνουσας σημασίας, οι πρωταρχικές αιτίες της επιδείνωσης είναι η διάβρωση του οπλισμού, η έκθεση σε κύκλους πήξης – τήξης, η αλκαλοπυριτική αντίδραση, και η χημική προσβολή.

Με κάθε μία από αυτές τις τέσσερις αιτίες της αποσάθρωσης του σκυροδέματος, η διαπερατότητα και η παρουσία του νερού εμπλέκονται στους μηχανισμούς της διόγκωσης και ρωγμάτωσης.

Το πρόβλημα του πορώδους και της ρωγμάτωσης του σκυροδέματος αυξάνεται σε κατασκευές που εκτίθενται συνεχώς σε διαφορετικά φορτία, ανακατανομή τάσεων και τεκτονικές σεισμικές επιρροές.

Το επόμενο κεφάλαιο εστιάζει στις μεγαλύτερες αιτίες αποσάθρωσης του σκυροδέματος.

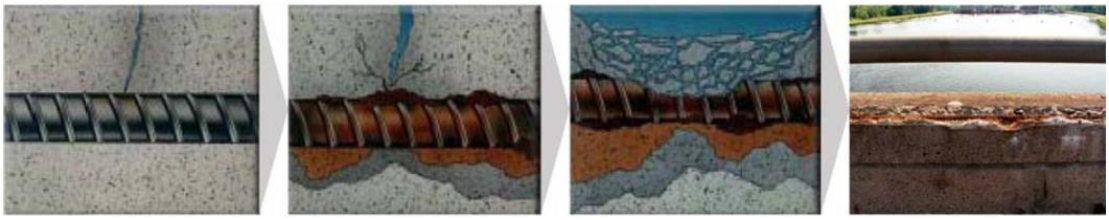
2.1. Διάβρωση

Η διάβρωση του οπλισμού είναι η πιο κοινή πηγή καταπόνησης στο σκυρόδεμα, ειδικότερα στο σκυρόδεμα που βρίσκεται κοντά ή κάτω από νερό. Η διάβρωση του χάλυβα είναι μια ηλεκτροχημική

διαδικασία και βασικά είναι η μεταμόρφωση του μεταλλικού σιδήρου σε σκουριά, που συνοδεύεται από μια αύξηση σε όγκο (που σε κάποιες περιπτώσεις – εξαρτάται από την κατάσταση της οξείδωσης – μπορεί να είναι έως και 600 τοις εκατό του αρχικού χάλυβα). Αυτή η διόγκωση του οπλισμού οδηγεί έπειτα σε διόγκωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος, που ακολουθείται από αποφλοίωση και τελικά σε ολοκληρωτική απώλεια της επικάλυψης σκυροδέματος. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι η αποδυνάμωση της αντοχής των κατασκευών και τελικά η αστοχία του.

Η διάβρωση μπορεί να συμβεί όταν δύο ανόμοια μέταλλα εμφυτεύονται στο σκυρόδεμα (όπως π.χ. χάλυβας και αλουμίνιο), επειδή κάθε μέταλλο έχει ένα μοναδικό ηλεκτροχημικό δυναμικό. Το σκυρόδεμα τότε γίνεται ουσιαστικά μια μπαταρία. Όταν τα μέταλλα βρίσκονται σε επαφή σε ένα ηλεκτρολύτη, το λιγότερο ενεργό μέταλλο διαβρώνεται.

Εάν βρίσκεται μόνο ένας τύπος χάλυβα στο σκυρόδεμα, η διάβρωση προκαλείται από διαφορές στην πυκνότητα των διαλυμένων ιόντων, όπως αλκάλια και χλωριούχα. Αυτά τα ιόντα εισάγονται στο σκυρόδεμα από το νερό που διεισδύει στους πόρους και στις μικρορωγμές.



Εμφυτευμένος οπλισμός σκυροδέματος. Χλωριόντα και αλκάλια εισέρχονται στο σκυρόδεμα μέσω ρωγμών και πόρων με την βοήθεια του νερού και φτάνουν στον οπλισμό.

Τα χλωριούχα μειώνουν την αλκαλικότητα του σκυροδέματος (χαμηλώνοντας τα επίπεδα του pH) και καταστρέφουν την προστατευτική επίστρωση του οπλισμού. Αυτό οδηγεί στην διόγκωση του μετάλλου του οπλισμού και στην περαιτέρω ρωγμάτωση.

Η προοδευτική διάβρωση οδηγεί στην αποφλοίωση και στην περαιτέρω ρωγμάτωση αυξάνοντας την διαπερατότητα του σκυροδέματος, μειώνοντας την αντοχή του και τελικά καταλήγοντας στην αστοχία της δομής.

Παράδειγμα φθοράς από διάβρωση.

Εικόνα 1. Στάδια Διάβρωσης

Το ενυδατωμένο τσιμέντο Portland περιέχει αλκάλια στα ρευστά των πόρων και επαρκή ποσότητα υδροξειδίου του ασβεστίου για να διατηρεί ένα επίπεδο αλκαλικότητας με τιμή pH πάνω από το 12. Σε ένα αλκαλικό περιβάλλον (τιμή pH πάνω από 11,5) ο κανονικός χάλυβας και ο σίδηρος σχηματίζουν ένα λεπτό, αδιαπέραστο και δυνατά προσκολλημένο φιλμ οξειδίου του σιδήρου που κάνει τα μέταλλα παθητικά στην διάβρωση. Ωστόσο, όταν τα αλκάλια και το περισσότερο από το υδροξείδιο του ασβεστίου έχουν είτε ανθρακωθεί είτε φιλτραριστεί, το pH του σκυροδέματος που περιβάλλει τον οπλισμό μπορεί να πέσει κάτω από το 11,5 καταστρέφοντας την παθητικότητα του χάλυβα και επιτρέποντας στην διαδικασία διάβρωσης να ξεκινήσει. Με την παρουσία χλωριόντων το παθητικό φιλμ καταστρέφεται ακόμα και σε τιμές pH πάνω από 11,5. Οι κύριες αιτίες των χλωριούχων στο σκυρόδεμα είναι τα πρόσμικτα, αδρανή μολυσμένα από άλατα και διείσδυση αντιψυκτικών αλατούχων διαλυμάτων και θαλασσινού νερού.

2.2. Ενανθράκωση

Η ενανθράκωση συμβαίνει όταν διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα διεισδύει στο σκυρόδεμα και αντιδρά με υδροξείδια, όπως το υδροξείδιο του ασβεστίου, σχηματίζοντας ανθρακικά άλατα. Στην αντίδραση με υδροξείδιο του ασβεστίου, σχηματίζεται το ανθρακικό ασβέστιο.

Η αντίδραση αυτή οδηγεί στη μείωση του pH του διαλύματος των πόρων χαμηλά στο 8,5 και σε αυτό το επίπεδο το παθητικό φιλμ οξειδίου του σιδήρου του χάλυβα δεν είναι σταθερό και θα ξεκινήσει η διάβρωση.

Η ενανθράκωση εξαρτάται αρκετά από την σχετική υγρασία του σκυροδέματος. Οι υψηλότερες τιμές ενανθράκωσης συμβαίνουν όταν η σχετική υγρασία διατηρείται ανάμεσα στο 50% και 75%. Κάτω από 25% σχετικής υγρασίας, ο βαθμός της ενανθράκωσης που συντελείται θεωρείται ασήμαντος. Πάνω από 75% σχετικής υγρασίας, η υγρασία στους πόρους περιορίζει την διείσδυση του CO2. Η διάβρωση που προκαλείται από ενανθράκωση συμβαίνει συχνά σε τμήματα προσόψεων κτιρίων που εκτίθενται σε βροχή, σκιάζονται από το φώς του ήλιου, και έχουν χαμηλή επικάλυψη σκυροδέματος στον οπλισμό.

Η ενανθράκωση του σκυροδέματος επίσης χαμηλώνει το ποσοστό των χλωριόντων που χρειάζονται για να προκληθεί διάβρωση. Σε νέο σκυρόδεμα με pH από 12 έως 13, χρειάζονται περίπου 7.000 έως 8.000 ppm χλωριούχων για να ξεκινήσει η διάβρωση στον οπλισμό. Εάν, ωστόσο, το pH χαμηλώσει σε μια κλίμακα από 10 έως 11, η συγκέντρωση των χλωριούχων για διάβρωση είναι σημαντικά χαμηλότερη – ίση ή κάτω από 100 ppm. Ωστόσο, όπως τα χλωριόντα, η ενανθράκωση καταστρέφει το παθητικό φιλμ του οπλισμού, αλλά δεν επηρεάζει τον βαθμό της διάβρωσης.

2.3. Ρωγμάτωση

Οι ρωγμές γενικά αυξάνουν το πορώδες του σκυροδέματος και επιτρέπουν στο νερό και σε άλατα του νερού και χημικά να εισέλθουν στο σκυρόδεμα και να επιταχύνουν την επιδείνωσή του. Η ρωγμάτωση του σκυροδέματος μπορεί να έχει έναν αριθμό αιτιών. Σε αυτό το έγγραφο θέλουμε να εστιάσουμε στους πιο κοινούς τύπους ρωγμών σε κατασκευές από σκυρόδεμα.

2.3.1. Ρωγμάτωση πλαστικής συρρίκνωσης

Οι ρωγμές πλαστικής συρρίκνωσης συμβαίνουν λόγω της ταχύτατης απώλειας νερού από την επιφάνεια του σκυροδέματος πριν αυτό ωριμάσει. Αυτό συμβαίνει όταν το ποσοστό εξάτμισης της επιφανειακής υγρασίας του φρέσκου σκυροδέματος υπερβαίνει το ποσοστό που μπορεί να αντικαταστήσει το νερό που διαφεύγει κατά την εξίδρωση. Εφελκυστικές τάσεις αναπτύσσονται στο αδύναμο, πλαστικό σκυρόδεμα που ωριμάζει ως αποτέλεσμα του περιορισμού που προκαλείται από το σκυρόδεμα κάτω από το επιφανειακό στρώμα που ξηραίνεται. Οι ρωγμές πλαστικής συρρίκνωσης είναι συνήθως ρηχές από την φύση τους και δεν διασταυρώνονται στην περίμετρο της πλάκας. Ωστόσο, όπως κάθε ρωγμή, παρέχουν ένα πιθανό σημείο εισόδου για το νερό και τα χημικά στην δομή του σκυροδέματος και έτσι ένα σημείο εκκίνησης για την διαδικασία αποσάθρωσης.

2.3.2. Συρρίκνωση λόγω ξήρανσης

Καθώς σχεδόν κάθε σύνθεση σκυροδέματος περιέχει περισσότερο νερό από όσο χρειάζεται για να ενυδατωθεί το τσιμέντο, πολύ από το νερό που απομένει εξατμίζεται, προκαλώντας την συρρίκνωση

του σκυροδέματος. Ο περιορισμός της συρρίκνωσης που παρέχεται από την στρώση έδρασης, τον οπλισμό ή οποιοδήποτε άλλο τμήμα της κατασκευής, προκαλεί την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων στο ωριμασμένο σκυρόδεμα. Ο περιορισμός από την συρρίκνωση λόγω ξήρανσης είναι η πιο κοινή αιτία ρωγμάτωσης του σκυροδέματος.

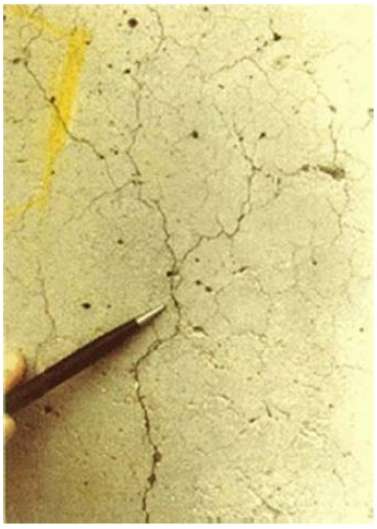
2.3.3. Θερμικές ρωγμές

Η θερμική ρωγμάτωση λαμβάνει χώρα όταν υπάρχει υπερβολική διαφορά θερμοκρασίας μέσα στην δομή του σκυροδέματος ή στα περίχωρά του. Αυτή η διαφορά στην θερμοκρασία προκαλεί μια μεγαλύτερη συστολή του ψυχρότερου μέρους επί των θερμότερων σημείων του σκυροδέματος. Αυτό περιορίζει την συστολή. Εάν ο περιορισμός προκαλέσει εφελκυστικές τάσεις που υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή του τοποθετημένου σκυροδέματος, θα προκληθούν θερμικές ρωγμές. Σε κάποιες κλιματικές ζώνες οι θερμικές ρωγμές μπορεί να προκληθούν ως αποτέλεσμα των διαφορών της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Κατά την διάρκεια της ημέρας οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν την θέρμανση και διόγκωση του σκυροδέματος. Την νύχτα η θερμοκρασία του αέρα πέφτει σημαντικά και οδηγεί σε συστολή της μάζας του σκυροδέματος. Αυτό μπορεί να προκαλέσει την ρωγμάτωση του σκυροδέματος. Λόγω της διόγκωσης και συστολής του σκυροδέματος σε διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας του αέρα αυτές οι ρωγμές μπορεί να διευρυνθούν με την πάροδο του χρόνου.

2.3.4. D-cracking

Το D-cracking είναι μια μορφή επιδείνωσης λόγω του κύκλου πήξης – τήξης και συχνά παρατηρείται σε οδοστρώματα από σκυρόδεμα (συνήθως λαμβάνει χώρα ανάμεσα στους αρμούς). Η συσσώρευση νερού στην βάση του σκυροδέματος διαβρέχει μέχρι κορεσμού ολοκληρωτικά το αδρανές. Όταν αρχίσουν οι κύκλοι πήξης – τήξης το αδρανές ξεκινάει να ραγίζει και επακόλουθα να ανοίγει το σκυρόδεμα. Αυτή η διαδικασία συνήθως ξεκινάει από το βάθος της πλάκας και προοδευτικά ανεβαίνει στην επιφάνεια.

Εικόνα 2. Παράδειγμα ρωγμών πλαστικής συρρίκνωσης



Εικόνα 3. Παράδειγμα ρωγμών συρρίκνωσης λόγω ξήρανσης

Εικόνα 4. Παράδειγμα θερμικής ρωγμάτωσης

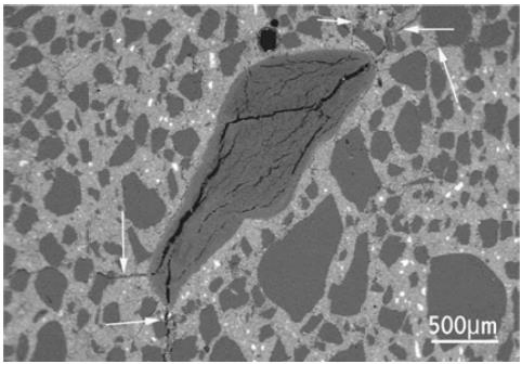
Εικόνα 5. Παράδειγμα D-cracking

2.4. Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (ASR)

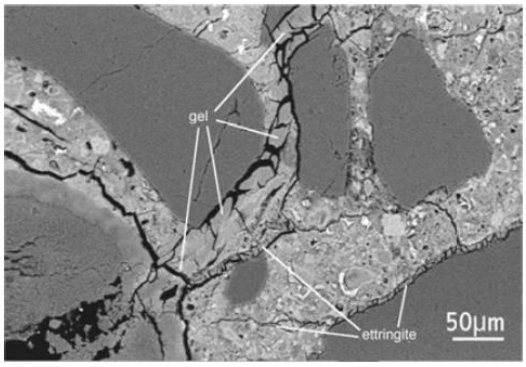
Η αλκαλοπυριτική αντίδραση (ASR) είναι η πιο κοινή μορφή χημικής αντίδρασης των αδρανών αλκαλικής βάσης (AAR) – μαζί με την λιγότερο κοινή μορφή της αλκαλοανθρακικής αντίδρασης ACR – και μπορεί να προκαλέσει σοβαρή διόγκωση και ρωγμάτωση στο σκυρόδεμα, έχοντας ως αποτέλεσμα σοβαρά δομικά προβλήματα και μερικές φορές αναγκαία κατεδάφιση. Η ASR προκαλείται από την αντίδραση ανάμεσα στα ιόντα υδροξυλίου στο αλκαλικό διάλυμα πόρων τσιμέντου στο σκυρόδεμα και σε δραστικές μορφές πυριτίου στο αδρανές (π.χ. κερατόλιθος, χαλαζίτης, οπάλιο, κατεργασμένοι κρύσταλλοι χαλαζία). Παράγεται μια γέλη, που αυξάνεται σε όγκο απορροφώντας νερό και επομένως ασκεί μια πίεση λόγω διόγκωσης, με αποτέλεσμα την αστοχία του σκυροδέματος. Αυτή η γέλη μπορεί να συμβεί σε ρωγμές ακόμα και μέσα στα σωματίδια του αδρανούς.

Για να πραγματοποιηθεί στο σκυρόδεμα η ASR, χρειάζεται για την αντίδραση, ένα αρκετά υψηλό αλκαλικό περιεχόμενο στο τσιμέντο (ή αλκάλια από άλλες πηγές), ένα δραστικό αδρανές (π.χ. κερατόλιθος ή χαλαζίτης) και στο τέλος νερό. Εάν δεν υπάρχει νερό στο σκυρόδεμα, καμία ASR δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί καθώς η δημιουργία της αλκαλοπυριτικής γέλης απαιτεί νερό.

Ο καλύτερος τρόπος για να αποφευχθεί η ASR είναι η χρήση μη δραστικών αδρανών, που δεν είναι πάντοτε διαθέσιμα. Σε αυτή την περίπτωση είναι ουσιαστικό για τον σχεδιαστή του μίγματος του σκυροδέματος να γνωρίζει το ισοδύναμο (σε %) του Na_2O για όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στην σύνθεση σκυροδέματος. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι το ισοδύναμο του Na_2O δεν υπερβαίνει το αποδεκτό ποσοστό ανά m^3 (συνήθως ορίζεται γύρω στα 3,5 kg/m^3).



Εικόνα 6. Εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ενός σωματιδίου αδρανούς από πυριτικό σχιστόλιθο με πολυάριθμες εσωτερικές ρωγμές εξαιτίας της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης (ASR), οι ρωγμές εκτείνονται και στην παρακείμενη τσιμεντόπαστα



Εικόνα 7. Λεπτομέρεια αδρανούς που δείχνει αλκαλοπυριτική γέλη να διαχέεται σε ρωγμές μέσα στο σκυρόδεμα. Επίσης παρουσιάζεται εττρινγκίτης σε κάποιες ρωγμές

Εικόνα 8. Παραδείγματα φθοράς από αλκαλοπυριτική αντίδραση (ASR)

2.5. Φθορά λόγω των κύκλων πήξης – τήξης

Σε ψυχρά κλίματα η φθορά σε οδοστρώματα από σκυρόδεμα, τοίχους αντιστήριξης, καταστρώματα γεφυρών και κιγκλιδώματα που οφείλεται στους κύκλους πήξης – τήξης είναι μια από τις μεγαλύτερες αιτίες για εργασίες επισκευής και συντήρησης. Τα μόρια του νερού είναι πολύ μικρά και επομένως ικανά να διεισδύσουν ακόμα και στους πιο λεπτούς πόρους και τριχοειδή του σκυροδέματος. Όταν το

νερό εισέλθει στο σύστημα τριχοειδών και το παγώσει θα διογκωθεί και θα διαστείλει τον πόρο ή την κοιλότητα του σκυροδέματος ασκώντας υδραυλική πίεση που παράγεται από την διόγκωση. Αυτή η πίεση θα διευρύνει σιγά, σιγά – σε διάστημα πολλαπλών κύκλων – τους πόρους ή τα τριχοειδή. Μόλις το νερό στους πόρους τηχθεί θα προχωρήσει βαθύτερα στο σκυρόδεμα όπου η διαδικασία θα επαναληφθεί όταν το νερό παγώσει ξανά και ούτω καθεξής. Οι φθορές που δημιουργούνται στο σκυρόδεμα από τους κύκλους πήξης – τήξης είναι συνήθως ρωγμές και αποφλοιώσεις του σκυροδέματος, εξαιτίας της προοδευτικής διόγκωσης της τσιμεντόπαστας. Το φαινόμενο του κύκλου πήξης-τήξης αυξάνεται δραστικά όταν η υγρασία και τα αντιψυκτικά άλατα – που χρησιμοποιούνται στην συντήρηση των δρόμων – είναι παρόντα, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη αποφλοίωση της επιφάνειας του σκυροδέματος. Η αποφλοίωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος θα εκθέσει στο τέλος τον οπλισμό στην διάβρωση εξαιτίας των χλωριδίων και της διείσδυσης νερού.

Εικόνα 9. Παράδειγμα φθοράς από πήξη – τήξη σε δρόμους και καταστρώματα γεφυρών

2.6. Αποσάθρωση του σκυροδέματος λόγω χημικής προσβολής

Μια καλά ενυδατωμένη τσιμεντόπαστα παρέχει ένα πολύ αλκαλικό περιβάλλον στο σκυρόδεμα με τιμές pH που κυμαίνονται από 12,5 έως 13,5. Ως αποτέλεσμα της επαφής των όξινων περιβαλλοντικών συνθηκών με το σκυρόδεμα αυτό το αλκαλικό περιβάλλον διαταράσσεται και οδηγεί σε μείωση του επιπέδου pH. Ανάλογα με την οξύτητα της χημικής προσβολής το σκυρόδεμα αποσαθρώνεται πιο αργά ή γρηγορότερα. Οι επιδράσεις στα σκυροδέματα που δέχονται χημική προσβολή πάντα έχουν ως αποτέλεσμα μια αύξηση του πορώδους και της διαπερατότητας, ρωγμάτωση και αποφλοίωση και κατά επέκταση απώλεια της αντοχής. Ο συνδυασμός της φυσικής αποσάθρωσης και της συνεχούς έκθεσης στην χημική προσβολή συνεχίζει και επιταχύνει με το πέρασμα του χρόνου την αποσάθρωση του σκυροδέματος.

Οι χημικές προσβολές περιλαμβάνουν προσβολές από όξινα διαλύματα, προωθώντας τον σχηματισμό διαλυτών αλάτων του ασβεστίου, αδιάλυτων και μη διογκούμενων αλάτων του ασβεστίου και διαλυμάτων που περιέχουν άλατα του μαγνησίου. Στο παρακάτω πλαίσιο αυτό το έγγραφο θα εστιάσει σε άλλες χημικές προσβολές που εμπλέκονται στον σχηματισμό διογκούμενων προϊόντων (εξαιτίας εσωτερικής πίεσης), όπως προσβολές από θειικά, καθυστερημένος σχηματισμός εττρινγκίτη, χημική αντίδραση των αδρανών αλκαλικής βάσης (AAR) και διάβρωση.

Εικόνα 10. Παράδειγμα φθοράς σε σκυρόδεμα που προκλήθηκε από χημική προσβολή

2.7. Προσβολή από θειικά

Οι προσβολές από θειικά μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα είτε την διόγκωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος ή να οδηγήσουν στην βαθμιαία μείωση της αντοχής σε θλίψη.

Η ρωγμάτωση και η αποφλοίωση επιτρέπουν στο δραστικό και διαβρωτικό (υπόγειο) νερό να διεισδύσει πιο εύκολα σαν άμεσο αποτέλεσμα της αυξημένης διαπερατότητας, που θα επιταχύνει αποτελεσματικά την αποσάθρωση του προσβλημένου σκυροδέματος. Αυτό είναι επίσης γνωστό ως εξωτερική προσβολή από θειικά.

Μια αποδυνάμωση του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με την αποκόλληση της τσιμεντόπαστας από τα αδρανή, όπως αυτή προκαλείται από τον καθυστερημένο σχηματισμό εττρινγκίτη (DEF), που συνήθως θεωρείται ως εσωτερική προσβολή από θειικά καθώς αφορά θειικά ιόντα που περιέχονται στο σκυρόδεμα (π.χ. τσιμέντο που περιέχει μια ασυνήθιστα υψηλή περιεκτικότητα σε θείο). Ο DEF προκαλεί ρωγμές στην τσιμεντόπαστα και στο ενδιάμεσο του αδρανούς και της τσιμεντόπαστας που προκαλούνται από διόγκωση λόγω του σχηματισμού του εττρινγκίτη γύρω από τα αδρανή. Ο DEF συμβαίνει στα ύστερα χρόνια του σκυροδέματος όταν τα θειικά ιόντα που απελευθερώνονται από την αποσύνθεση του εττρινγκίτη απορροφώνται από το ένυδρο πυριτικό ασβέστιο. Μόλις τα θειικά ιόντα εκροφηθούν, ο ανασχηματισμός του εττρινγκίτη προκαλεί διόγκωση που οδηγεί σε ρωγμάτωση.

2.8. Κατασκευές από σκυρόδεμα σε θαλάσσια περιβάλλοντα

Σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον το σκυρόδεμα εκτίθεται σε έναν συνδυασμό αποσαθρωτικών επιδράσεων. Αυτές περιλαμβάνουν πρωταρχικά την χημική αντίδραση του θαλασσινού νερού με το σκυρόδεμα, την διείσδυση αλάτων και χλωριούχων κατά την διάρκεια συνθηκών διαβροχής/ξήρανσης, κύκλων πήξης – τήξης σε ψυχρά κλίματα, διάβρωση του οπλισμού και φυσική διάβρωση από την

δράση των κυμάτων. Εξαιτίας της ανάμιξης αυτών των επιδράσεων οι κατασκευές από σκυρόδεμα σε θαλάσσια περιβάλλοντα φέρουν υψηλά ρίσκα αποσάθρωσης και ειδικές προβλέψεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα αυτών των κατασκευών.

3. Στεγανοποίηση με PENETRON ADMIX®

Το PENETRON ADMIX®, ενισχυτικό, πρόσμικτο σκυροδέματος 3ης γενιάς με ανάπτυξη κρυστάλλων, είναι η πιο εξελιγμένη φόρμουλα για την αποτελεσματική στεγανοποίηση κατασκευών από σκυρόδεμα. Εξαλείφει προβλήματα που σχετίζονται με τα πρόσμικτα 1ης και 2ης γενιάς όπως η απώλεια της αντοχής σε θλίψη και οι ασυνήθιστα μεγάλες καθυστερήσεις του χρόνου ωρίμανσης.

Το PENETRON ADMIX® μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε σύνθεση σκυροδέματος που χρησιμοποιείται στην κατασκευαστική βιομηχανία του σήμερα. Δεν έχει καμία γνωστή ασυμβατότητα με τα άλλα ενισχυτικά πρόσμικτα εργασιμότητας όπως οι επιβραδυντές και οι υπερπλαστικοποιητές και δεν υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά την αναλογία νερού / τσιμέντου στο σκυρόδεμα όπου θα χρησιμοποιηθεί. Με αναλογίες δόσεων χαμηλές από 0,8% (κατά βάρος τσιμέντου) δεν είναι μόνο μια από τις πιο αποτελεσματικές σε σχέση με το κόστος και οικονομικές στεγανοποιητικές επιλογές, αλλά και μια αποτελεσματική φόρμουλα που έχει αποδειχτεί σε πολλές διεθνείς εργαστηριακές δοκιμές σε αμέτρητα έργα παγκοσμίως.

Το PENETRON ADMIX® είναι ένα μη τοξικό προϊόν και είναι εγκεκριμένο για χρήση σε έργα που αφορούν πόσιμο νερό (έγκριση NSF 61, Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Άδεια). Το PENETRON ADMIX® δεν περιέχει πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και χρησιμοποιείται σε «πράσινα» έργα που απαιτούν σημεία πιστοποίησης LEED.

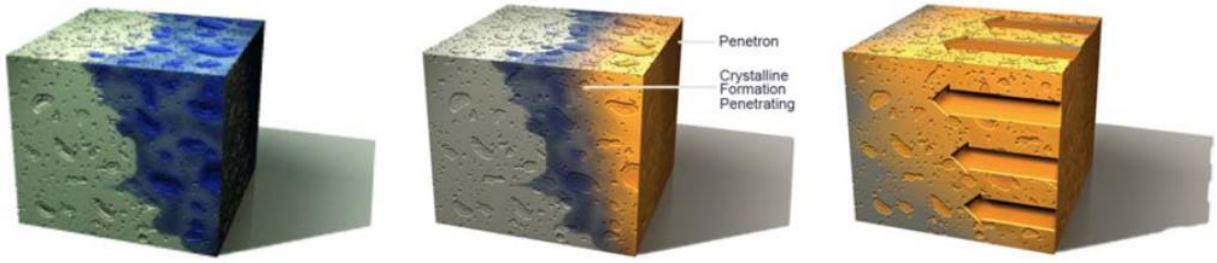
Όταν εφαρμόζεται στο σκυρόδεμα, το PENETRON ADMIX® βοηθά στην διαδικασία ενυδάτωσης δρώντας σαν καταλύτης για τα άνυδρα σωματίδια τσιμέντου που ήδη υπάρχουν στο σκυρόδεμα. Αυτό, ήδη, συμβαίνει στα πρώιμα στάδια της αντίδρασης του τσιμέντου με αποτέλεσμα την ανάπτυξη εσωτερικής αντοχής αποζημιώνοντας σε κάποιο βαθμό για την δημιουργία ρωγμών συρρίκνωσης καθώς και την αύξηση της αντοχής σε θλίψη. Την ίδια στιγμή παρέχεται μεγαλύτερη εργασιμότητα του νωπού σκυροδέματος.

3.1. Τρόπος λειτουργίας

Το PENETRON ADMIX® προστίθεται στην σύνθεση του σκυροδέματος την στιγμή της δοσομέτρησης της παρτίδας σε αναλογίες μεταξύ 0,8 – 1% κατά βάρος τσιμέντου (εναλλακτικά το PENETRON ADMIX® μπορεί να προστεθεί στην βαρέλα στο εργοτάξιο πριν την σκυροδέτηση). Τα ενεργά χημικά του PENETRON ADMIX® αντιδρούν με το νερό, το υδροξείδιο του ασβεστίου και το αλουμίνιο καθώς και με άλλα μεταλλικά οξείδια που περιέχονται στο σκυρόδεμα για να σχηματίσουν ένα δίκτυο αδιάλυτων κρυστάλλων. Αυτοί οι κρύσταλλοι σφραγίζουν όλα τα υπάρχοντα τριχοειδή, μικρορωγμές και κενά μέχρι 0,4 mm σε όλη την διάρκεια ζωής του σκυροδέματος. Μόλις δημιουργηθούν, οι σχηματισμοί των κρυστάλλων θα εμποδίσουν το νερό, τα άλατα του νερού, και ένα ευρύ φάσμα χημικών να εισέλθουν και να μετακινηθούν στο σκυρόδεμα και θα το προστατέψουν μόνιμα. Ακόμη, επιτρέπεται στον αέρα να περάσει ανάμεσα από τους κρυσταλλικούς σχηματισμούς επιτρέποντας στο σκυρόδεμα να «αναπνέει» και να αποφεύγει την αύξηση της τάσης ατμών.

Επομένως, το PENETRON ADMIX® θα βελτιώσει τις ιδιότητες του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την αυξημένη αντοχή σε θλίψη και τις μειωμένες ρωγμές συρρίκνωσης.

Επιπλέον, το PENETRON ADMIX® θα οδηγήσει σε ένα σκυρόδεμα που «αυτοεπιδιορθώνεται». Σε απουσία υγρασίας τα ενεργά χημικά παραμένουν αδρανή για χρόνια στο σκυρόδεμα. Εάν κάποια στιγμή προκληθούν ρωγμές, τα συστατικά του PENETRON ADMIX® ενεργοποιούνται από οποιαδήποτε διεισδυτική υγρασία. Σαν αποτέλεσμα η χημική αντίδραση θα ενεργοποιηθεί αυτόματα και οι κρύσταλλοι που θα σχηματιστούν πρακτικά θα «αυτοεπιδιορθώσουν» την νέα ρωγμή, σφραγίζοντάς την ολοκληρωτικά.



Υγρασία στο τριχοειδές σύστημα του σκυροδέματος.

Το PENETRON® (εφαρμοσμένο με βούρτσα ή ψεκασμό από την θετική ή αρνητική πλευρά, ως πρόσμικτο (PENETRON ADMIX®) ή εν ξηρώ) θα διεισδύσει στα τριχοειδή, θα σχηματίσει αδιάλυτους κρυστάλλους και βαθμιαία θα στεγνώσει το σκυρόδεμα.

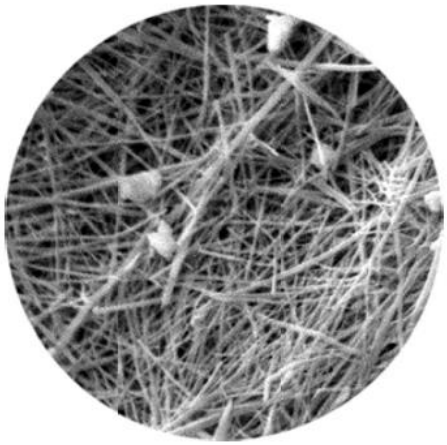
Το PENETRON® θα συνεχίσει να απλώνεται βαθύτερα στην δομή προστατεύοντας μόνιμα το σκυρόδεμα από την εισβολή του νερού και τις χημικές προσβολές.

Εικόνα 11. Πώς δουλεύει το PENETRON®

3.2. Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του PENETRON ADMIX®

3.2.1. Μόνιμη προστασία σκυροδέματος

Το PENETRON ADMIX® είναι μια μόνιμη εφαρμογή. Ενσωματώνεται στο σκυρόδεμα σχηματίζοντας αδιάλυτους κρυστάλλους στα τριχοειδή, στους πόρους και στις μικρορωγμές στο σκυρόδεμα μέχρι 0,4 mm. Μόλις αυτοί οι κρυσταλλικοί σχηματισμοί αναπτυχθούν στην μάζα του σκυροδέματος θα παραμείνουν εκεί για όλη την διάρκεια ζωής του σκυροδέματος μετατρέποντας το ίδιο το σκυρόδεμα σε υδροφραγές. Σε αντίθεση με άλλα προϊόντα φραγής (μεμβράνες, τσιμεντοειδείς επιστρώσεις) το σκυρόδεμα στο οποίο έχει εφαρμοστεί προϊόν Penetron θα διατηρήσει τις ιδιότητες στεγανοποίησης και προστασίας ακόμα και εάν η επιφάνεια έχει καταστραφεί. Το PENETRON ADMIX® δεν απαιτεί εκ νέου εφαρμογή.

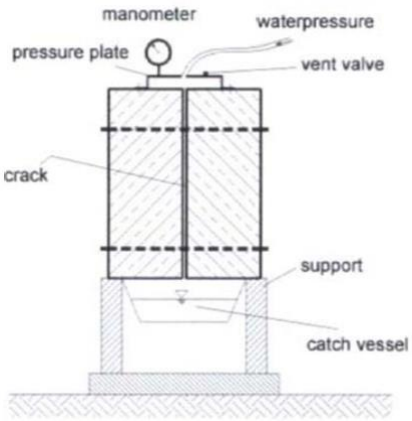


Εικόνα 12. Φωτογραφία από Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης των κρυστάλλων του PENETRON®

3.2.2. Σκυρόδεμα που «αυτοεπιδιορθώνεται»

Το PENETRON ADMIX® είναι ένα ενεργό στεγανοποιητικό πρόσμικτο που παρέχει στα έργα ένα σκυρόδεμα που «αυτοδιορθώνεται». Ως υδρόφιλο προϊόν το PENETRON ADMIX® αντιδρά με την υγρασία για να σχηματίσει κρυστάλλους στις ρωγμές και τα κενά του σκυροδέματος. Στην περίπτωση που νέο νερό εισέλθει από νεοσχηματισμένες ρωγμές στην δομή – ακόμα και μετά από χρόνια από την κατασκευή - η χημική αντίδραση του PENETRON ADMIX® θα ενεργοποιηθεί εκ νέου. Οι κρυσταλλικοί σχηματισμοί των προϊόντων PENETRON® θα αναπτυχθούν και τελικά θα σφραγίσουν και αυτές τις νέες ρωγμές.

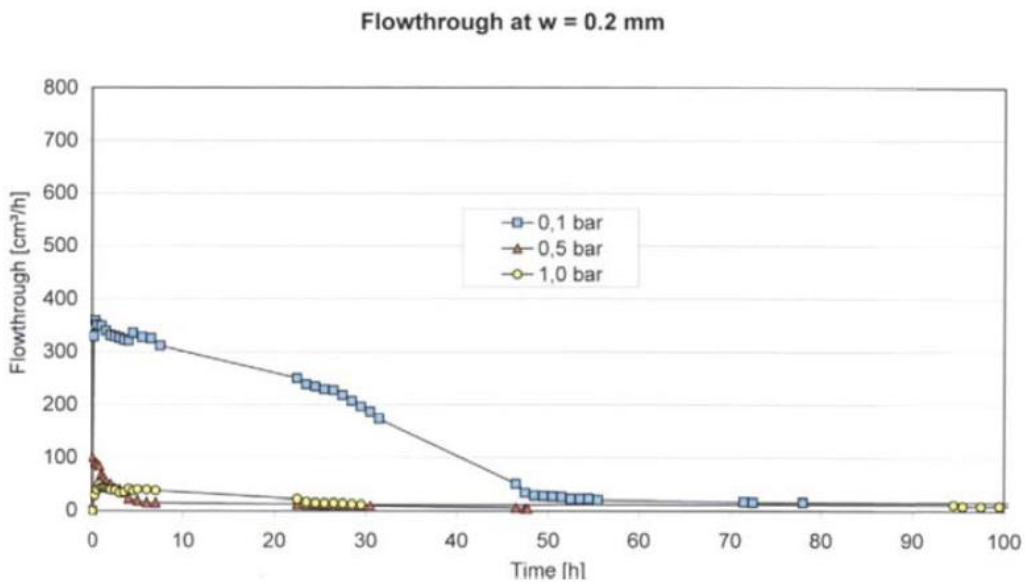
Μια δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στο MFPA στην Λειψία, Γερμανία[1], εξέτασε την συμπεριφορά «αυτοεπιδιόρθωσης» του σκυροδέματος στο οποίο είχε εφαρμοστεί το PENETRON ADMIX®. Για την προσομοίωση των αποτελεσμάτων του φαινομένου της «αυτοεπιδιόρθωσης» παράχθηκαν κύβοι από σκυρόδεμα που περιείχαν ρωγμές τοποθετώντας νέο σκυρόδεμα στο οποίο είχε εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® (που περιείχε 1% PENETRON ADMIX® κατά βάρος τσιμέντου) σε ήδη ωριμασμένο σκυρόδεμα (που περιείχε 1% PENETRON ADMIX®). Αφού ωρίμασαν τα δυο μισά διαχωρίστηκαν με σφήνες για να σχηματίσουν έναν αρμό 0,2 mm, 0,25 mm. Εφαρμόστηκε πίεση νερού 0,1 bar (1 m στήλης νερού) σε κάθε έναν από τους αρμούς και η ροή του νερού ανάμεσα και στους δυο αρμούς μετρήθηκε (βλέπε Εικόνα 13). Παρατηρήθηκε ότι η ροή του νερού ανάμεσα στους αρμούς μειωνόταν συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου. Όταν η ροή του νερού έφτασε σε μια τιμή λιγότερο από 5 κυβικά εκατοστά ανά ώρα, η πίεση αυξήθηκε σε 0,5 bar (5 m στήλη νερού) και μετρήθηκε η ροή του νερού μέσα στον αρμό. Όταν η ροή μειώθηκε σε λιγότερο από 5 κυβικά εκατοστά ανά ώρα, η πίεση αυξήθηκε στο 1,0 bar (10 m στήλη νερού). Και στις δυο περιπτώσεις παρατηρήθηκε σφράγιση των αρμών.



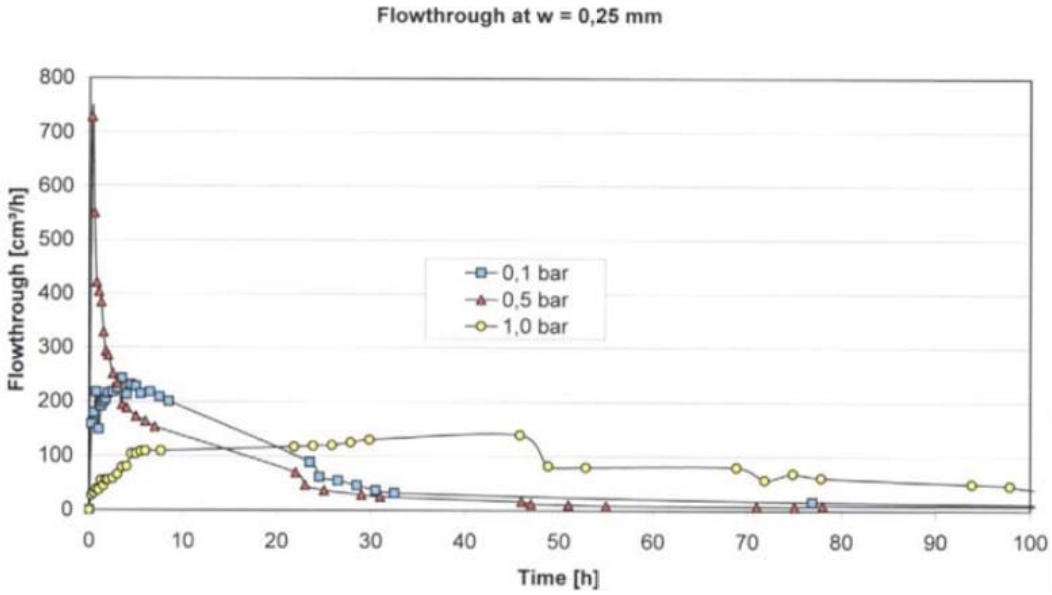
Εικόνα 13. Δοκιμή, MFPA Λειψία, Γερμανία, 2006

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν την ροή του νερού ανάμεσα στους αρμούς σε διαφορετικές πιέσεις νερού (0,1 bar, 0,5 bar, 1,0 bar).

[1] *MFPA Leipzig GmbH, Germany – Department of Structural Engineering: "Application – technology tests on concrete test specimens with and without adding the sealing agent Penetron Admix (May 31, 2007)"*



Εικόνα 14. Ροή νερού μέσα από ρωγμή 0,2 mm σε πιέσεις νερού 0,1, 0,5 και 1,0 bar



Εικόνα 15. Ροή νερού μέσα από ρωγμή 0,25 mm σε πιέσεις νερού 0,1, 0,5 και 1,0 bar

Οι ιδιότητες «αυτοεπιδιόρθωσης» του σκυροδέματος στο οποίο έχει εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® εμποδίζουν την διείσδυση του νερού, των χημικών και άλλων διαβρωτικών παραγόντων στο να εισέλθουν στο σκυρόδεμα μέσα από ρωγμές που σχηματίζονται στα ύστερα στάδια ζωής της δομής.

3.2.3. Αντιδιαβρωτική προστασία του οπλισμού με PENETRON ADMIX®

Σφραγίζοντας τα τριχοειδή, τους πόρους και τις μικρορωγμές του σκυροδέματος με αδιάλυτους κρυσταλλικούς σχηματισμούς, το PENETRON ADMIX® εμποδίζει την διαπερατότητα του σκυροδέματος

και αρνείται την είσοδο στην δομή του σκυροδέματος στο νερό και στα διαβρωτικά χημικά. Εμποδίζει τα άλατα του νερού, τα χλωριούχα και τα άλλα χημικά να φτάσουν στον οπλισμό και να ξεκινήσουν την διάβρωση καταστρέφοντας (μειώνοντας τα επίπεδα pH) το αλκαλικό περίβλημα του σκυροδέματος και της προστατευτικής επικάλυψης του χάλυβα.

Μια δοκιμή που πραγματοποιήθηκε από το γνωστό Εργαστήριο ENCO[2] δείχνει ξεκάθαρα μια μείωση της διείσδυσης του νερού (μείωση της διαπερατότητας) στο σκυρόδεμα στο οποίο έχει εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου του σκυροδέματος.

Στη δεύτερη σειρά αυτής της δοκιμής, δείγματα σκυροδέματος που περιείχαν 1% PENETRON ADMIX® (κατά βάρος τσιμέντου) ωρίμασαν σε νερό για 10 ημέρες. Τα δείγματα έπειτα υποβλήθηκαν σε πίεση νερού 9 atm (9 bar) (10 ημέρες για τα δείγματα με λόγο νερού/τσιμέντου 0,65 και 20 ημέρες για τα δείγματα με λόγο νερού/τσιμέντου 0,43). Κατόπιν τα δείγματα τοποθετήθηκαν και πάλι σε νερό για ακόμα 10-20 ημέρες μέχρι την έναρξη των πραγματικών δοκιμών διαπερατότητας με πίεση 5 atm (5 bar).

Τα δείγματα στα οποία είχε εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® (w/c = 0,65) δείχνουν μια σημαντική καλυτέρευση στην διείσδυση νερού σε σχέση με το δείγμα ελέγχου. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα λεπτομερή αποτελέσματα.

[2] *Evaluation of the efficacy of the additives Penetron Admix and Penetron in porous and cracked concretes (second test series); ENCO Laboratory, Italy, 2006*

Table 6: R_c and water permeability measurements on test cubes subjected to various curing conditions

A) Series of R_c and water permeability measurements on test cubes cured for 50 days in water at atmospheric pressure

Mix no.	w/c	Cement	Additive	Permeability H2O UNI EN 12390/8 (max/mean mm)			ΔP_{mean} %	R_c (N/mm^2)	ΔR_c %
				Test pc1	Test pc 2	Mean			
595	0.65	CEM II/A-LL 32.5R Barbetti	Control	>100	>100	>100	\	18.2	\
600			1% Admix	55/25	50/22	53/24	-76	24.0	31.9
598	0.43	CEM IV/A 42.5R Holcim	Control	36/12	38/14	37/13	\	58.4	\
601			1% Admix	11/11	11/10	11/11	-15	63.2	8.3

B) Series of R_c and water permeability measurements on test cubes cured in water for 10 days then subjected to the forced penetration of water at 9atm (approx. 10 days per w/c=0.65, 20 days for w/c=0.45) then placed in water once more for 10-20 days until the performing of the R_c and water permeability tests at 5 atm.

Mix no.	w/c	Cement	Additive	Permeability H2O UNI EN 12390/8 (max/mean mm)			ΔP_{mean} %	R_c (N/mm^2)	ΔR_c %
				Test pc1	Test pc 2	Mean			
595	0.65	CEM II/A-LL 32.5R Barbetti	Control	>100	>100	>100	\	17.9	\
600			1% Admix	45/20	48//23	47/22	-78	24.4	36.3
598	0.43	CEM IV/A 42.5R Holcim	Control	25/10	23/8	24/9	\	59.9	\
601			1% Admix	10/5	11/4	11/5	-44	63.4	5.8

Series of R_c and water permeability measurements on test cubes cured in water for 10 days then cracked and replaced in water for 40-50 days until execution of the performing of the R_c and water permeability tests at 5 atm.: TESTS SUSPENDED

Εικόνα 16. Απόσπασμα: Διαπερατότητα του σκυροδέματος με PENETRON ADMIX® σε σχέση με το δείγμα ελέγχου (ENCO, 2006)

Εκτός από το να απομονώνει τον οπλισμό από το εξωτερικό περιβάλλον, το ωριμασμένο PENETRON® (τα προϊόντα PENETRON® βασίζονται σε τσιμέντο Portland) έχει αλκαλικότητα γύρω στο 11 pH και έτσι εμποδίζει την διάβρωση του χάλυβα προσθέτοντας περισσότερη αλκαλικότητα στην σύνθεση. Επιπλέον, εμποδίζοντας στα διαλυτά αλκαλικά άλατα (υδροξείδιο του ασβεστίου) να απομακρυνθούν από το σκυρόδεμα εξαιτίας της μετανάστευσης του νερού και πυκνώνοντας την μάζα του σκυροδέματος για να μειωθεί η διασπορά του αερίου του διοξειδίου του άνθρακα, (τα προϊόντα PENETRON® θα βοηθήσουν να διατηρηθεί το αλκαλικό περιβάλλον που είναι αναγκαίο για την προστασία του οπλισμού.

3.2.4. Προστασία από την διείσδυση χλωριούχων

Τα χλωριούχα είναι ο κυριότερος παράγοντας για την καλπάζουσα διάβρωση στο σκυρόδεμα και συνήθως εισέρχονται στην μάζα του σκυροδέματος μέσω μετανάστευσης με το πέρασμα του χρόνου στο σύστημα τριχοειδών.

Ανεξάρτητοι έλεγχοι έχουν πιστοποιήσει ότι η περιεκτικότητα σε χλωριούχα του ίδιου του PENETRON ADMIX® είναι πολύ χαμηλή (<0,10% αδρανές[3]) και τα στεγανοποιητικά του αποτελέσματα δεν σχετίζονται με τα χλωριούχα. Το σκυρόδεμα στο οποίο έχει εφαρμοστεί προϊόν Penetron βρέθηκε να είναι ανθεκτικό σε όξινες και αλκαλικές συνθήκες που κυμαίνονται σε pH από 3 έως 11[4].

[3] *Electrochemical analysis of a concrete additive "PENETRON ADMIX" according to DIN V 18998 [1], MFPA Stuttgart, Germany, 2008*
[4] *Testing of Penetron Waterproofing Materials for Chemical Resistance; Shimel and Sor Testing Laboratories Inc., Report No. 93-3981, 1993*

Διεθνείς δοκιμές έχουν δείξει ότι τα σκυροδέματα στα οποία έχει χρησιμοποιηθεί το PENETRON ADMIX® μειώνουν σημαντικά την διείσδυση των χλωριόντων στο σκυρόδεμα. Σε μια δοκιμή σύμφωνα με το AASHTO-T-277 που διεξήχθη το 2005[5], το σκυρόδεμα στο οποίο είχε εφαρμοστεί το PENETRON ADMIX® μείωσε την διαπερατότητα των χλωριούχων περισσότερο από 80% σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου.

4. Rapid Chloride Permeability (AASHTO-T 277)

Mix I.D.	Charges Passed Coulombs	Chloride Permeability
No. –1: Control	4130	High
No. – 2: Penetron Treated	750	Very Low

(*)

- Test results are the average of duplicate specimens.
- See Attachment –3 for AASHTO- T277 interpretations of the test results.

Εικόνα 17. Απόσπασμα: Διαπερατότητα χλωριούχων του PENETRON ADMIX® (AASHTO-T-277: Shimel and Sor, USA, 2005)

Σε μια άλλη δοκιμή[6], το σκυρόδεμα στο οποίο είχε εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® δοκιμάστηκε για Γρήγορη Διείσδυσης Χλωριούχων (RCPT) σύμφωνα με το ASTM C1202. Τα παρακάτω αποτελέσματα δείχνουν μια ξεκάθαρη μείωσης της διείσδυσης των χλωριούχων πάνω από 45% μεταξύ του δείγματος ελέγχου και του δείγματος με PENETRON ADMIX®.

Figure 3.17 Comparison of Rapid Chloride Penetration Test

Table 3.18 Comparison of Rapid Chloride Penetration Test

Sample	Coulombs passed
Control	1425.6
Penetron Admix@0.8%	777.6

Εικόνα 18. Απόσπασμα: Αποτελέσματα της δοκιμής γρήγορης διείσδυσης χλωριούχων στο Sardar Patel, Ινδία, 2009

Όπως αποδεικνύεται στις παραπάνω αναφορές δοκιμών, τα προϊόντα PENETRON® μειώνουν σημαντικά την διείσδυση των χλωριόντων καθώς εμποδίζει την είσοδο των αλατούχων διαλυμάτων, που επιτρέπουν στα χλωριόντα να μεταναστεύουν μέσα στην δομή του σκυροδέματος (διασπορά).

Οι κατασκευές που εκτίθενται σε κυκλική διαβροχή και ξήρανση, όπως θαλάσσιες κατασκευές (γέφυρες, αποβάθρες, παράκτια τείχη, κλπ.) όπου μέσα που φέρουν άλατα βρίσκονται σε άμεση (ή έμμεση) επαφή με το σκυρόδεμα, είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην είσοδο χλωριόντων. Το PENETRON ADMIX® βοηθά στο να προστατευτούν αποτελεσματικά αυτές οι κατασκευές από την διείσδυση χλωριούχων και την είσοδο του νερού.

[5] *Laboratory Tests of Penetron Admix in Concrete, Sor Testing Laboratories, Inc., USA Report No. 05-4070A, 2005*
[6] *Performance evaluation of waterproofing products based on crystallization; Sardar Patel College of Engineering, Mumbai, India, 2009*

Εικόνα 19. Παράκτιο τείχος με PENETRON ADMIX®, Portocel, Aracruz, Βραζιλία

Εικόνα 20. The Capri, Miami Bay, USA. Υπόγεια κατασκευή με PENETRON ADMIX®

3.2.5. Προστασία από την ενανθράκωση

Ένας άλλος παράγοντας διάβρωσης είναι η ενανθράκωση.

Στην πράξη, το ατμοσφαιρικό περιβάλλον διεισδύει σιγά – σιγά στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Αυτή η διαδικασία ενανθράκωσης μειώνει προοδευτικά το pH του διαλύματος των πόρων στην περιοχή που έχει πληγεί. Όταν η ενανθράκωση προχωρεί βαθειά στην επιφάνεια του σκυροδέματος για να φτάσει στον οπλισμό, ξεκινά η διάβρωση του οπλισμού.

Ο ρυθμός με τον οποίο προχωράει η ενανθράκωση στο σκυρόδεμα εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της υγρασίας του σκυροδέματος, των συνθηκών έκθεσης, της ποιότητας και αντοχής του σκυροδέματος, τη συμπίεση και την ωρίμανση καθώς και τον λόγος νερού/τσιμέντου στην σύνθεση του σκυροδέματος. Ο λόγος νερού/τσιμέντου είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Η αύξηση του λόγου νερού/τσιμέντου από 0,45 σε 0,60 θα διπλασιάσει τον ρυθμό της ενανθράκωσης εξαιτίας του αυξημένου πορώδους. Σε σκυρόδεμα καλής ποιότητας, ο ρυθμός ενανθράκωσης μπορεί να είναι αμελητέος ενώ σε χαμηλής ποιότητας σκυροδέματα μπορεί να είναι 1 mm το χρόνο.

Το PENETRON® μειώνει δραστικά την ενανθράκωση μειώνοντας το πορώδες του σκυροδέματος και στενεύοντας τις τριχοειδείς διαδρομές. Παράγοντας ένα δυνατότερο, πυκνότερο σκυρόδεμα η διασπορά του αερίου του διοξειδίου του άνθρακα θα εμποδιστεί και καθώς η κρυσταλλική ανάπτυξη θα μπλοκάρει και θα γεμίζει τις τριχοειδείς διαδρομές το ποσοστό του αερίου που είναι ικανό να διεισδύσει στο σκυρόδεμα θα μειωθεί. Πρόσφατες μελέτες έχουν αποδείξει ότι ενώ οι κατασκευές με κρυσταλλική ανάπτυξη «αναπνέουν», η διασπορά του αερίου του διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκε κατά 42% όταν συγκρίθηκε με το σκυρόδεμα αναφοράς.

3.2.6. Ικανότητα γεφύρωσης ρωγμών του PENETRON®

Η ρωγμάτωση είναι ένα αναπόφευκτο αποτέλεσμα της διαδικασίας ωρίμανσης και αυξάνει την διαπερατότητα του σκυροδέματος. Όσο μεγαλύτερες οι ρωγμές τόσο πιο επιρρεπές γίνεται το σκυρόδεμα προς την είσοδο του νερού και των διαβρωτικών παραγόντων.

Το PENETRON® θα σφραγίσει τις ρωγμές συρρίκνωσης, τους πόρους και τα τριχοειδή μέχρι 0,4 mm εμποδίζοντας την δίοδο στο σκυρόδεμα και προστατεύοντας το από την διάβρωση και την επερχόμενη

αποσάθρωση. Εξαιτίας της ικανότητας «αυτοεπιδιόρθωσης» των προϊόντων PENETRON®, οι νέες ρωγμές επισκευάζονται αυτόματα μόλις εισέλθει η υγρασία.

Εικόνα 21. Εικόνα Οπισθοσκεδαζομένων Ηλεκτρονίων (BEI) των κρυστάλλων PENETRON® που σχηματίζονται σε μια ρωγμή[7]

Εικόνα 22. Βελονοειδής μορφής, επιμηκυμένος σχηματισμός κρυστάλλων PENETRON® σε ρωγμές

Για να παρουσιαστεί η ικανότητα σφράγισης ρωγμών του PENETRON® διεξήχθησαν δοκιμές στο εργαστήριο ENCO[8] στην Ιταλία.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε κύβους δοκιμών 10x10x10 cm με λόγο νερού/τσιμέντου ≤ 0,55 όπως κάτωθι:

- ωρίμανση για 5 ημέρες στους 20 °C και RH >95%
- ρωγμάτωση μέσω της Βραζιλιάνικης έμμεσης δοκιμής αντοχής σε εφελκυσμό και ενσωμάτωση σε κύβο δοκιμής 15x15x15 cm με υψηλής απόδοσης τσιμέντο σκυροδέματος “betoncino”
- ωρίμανση για 5 ημέρες στους 20 °C και RH >95%
- τρίψιμο και σφράγιση με πάστα νερό/PENETRON® = 0,45 εφαρμοσμένη κατά μήκος της ρωγμής και έπειτα σε ποσότητες 1 kg/m^2 σε όλη την επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στην διείσδυση νερού
- ωρίμανση στους 20 °C και RH >95% για 2 ημέρες, έπειτα σε νερό στους 20 °C για 60 ημέρες.

Στο τέλος των 60 ημερών και τα δύο ραγισμένα σφραγισμένα με PENETRON® κομμάτια δοκιμής και τα κομμάτια αναφοράς που προετοιμάστηκαν χρησιμοποιώντας το ίδιο μη ραγισμένο σκυρόδεμα, υπέστησαν δοκιμή αδιαπερατότητας στο νερό σύμφωνα με Πρότυπο UNI EN 12390-8 (3 ημέρες σε 5 atm.).

Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

[7] *Microscopic analysis of the concrete cores from retaining wall at Changi Airport Terminal 3; SETSCO Services Pte Ltd., Singapore, 2002*
[8] *Evaluation of the efficacy of the additives Penetron Admix and Penetron in porous and cracked concretes (first test series) C) Effect of Penetron treatment on the surface of structures of low porosity, cracked concrete; ENCO Laboratory, Italy, 2005*

Table 4: Compositions and performance of the C series mixes

Mix	binder		Gravel*	Fine gravel*	Sand**	Water	Additive		w/c	M_v	air	Slump (cm) at 20°C after:		Comments
No.	CEM Kg/m³	Type	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	type	% in weight		kg/m³	%	0°	40°	
586	334	CEM IV/A 42.5R Duracem	\	920	924	180	Premium RM10	0.4	0.54	2360	\	12	\	\

*Canzian Quarry

Mix no.	Compression resistance (N/mm²) 60 days (with permeability test)	Density (Kg/m³) 60 days (with permeability test)
601	30.3	2350

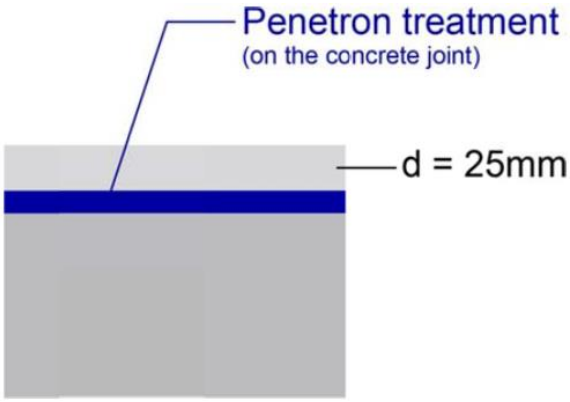
Mix no.	Permeability H2O UNI EN 12390/8 on 15x15 test pcs at 60 days			
586 (undamaged not treated)	40/35	45/30	45/30	44/32
586 cracked+Penetron superp.*	55/30	55/30	15/6	41/22

*cracked by means of the Brazilian indirect tensile strength test then resealed by means of encapsulation (see photo) and then treated both by injecting the cracks and surface treating with 1 kg/m2 of slurry Penetron/Water = 0.45.

Εικόνα 23. Απόσπασμα: Αποτελέσματα διαπερατότητας σε ραγισμένα δείγματα σκυροδέματος με PENETRON®

Η επεξεργασία της επιφάνειας με PENETRON® στο ραγισμένο κομμάτι δοκιμής αποκατέστησε ολοκληρωτικά την υδατοπερατότητα, βελτιώνοντας ακόμα και την απόδοση σε σύγκριση με τα μη επεξεργασμένα, μη κατεστραμμένα δείγματα ελέγχου.

Σε δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια OFI στην Βιέννη, Αυστρία[9] σε κύβους δοκιμής που περιείχαν οριζόντιους αρμούς εφαρμόστηκε επικάλυψη με PENETRON®. Μια επιπλέον στρώση σκυροδέματος 25 mm τοποθετήθηκε πάνω στην επικάλυψη PENETRON® (βλέπε Εικόνα 24). Έπειτα αυτά τα δείγματα υποβλήθηκαν σε πίεση νερού 7 bar. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διείσδυση νερού στην πάνω μη επεξεργασμένη με PENETRON® στρώση των 25 mm μετρήθηκε μόνο στα 22 mm. Εξαιτίας της ανάπτυξης κρυστάλλων στην πρόσθετη, ανώτερη στρώση σκυροδέματος το νερό που διείσδυσε σταμάτησε 3 mm πριν φτάσει στην πραγματική στρώση με PENETRON®.



Εικόνα 24. Δείγμα OFI (PENETRON® "σύστημα τύπου sandwich")

[9] *Water penetration of concrete specimen treated with "Penetron" following OENORM B 3303, 2002-09-01; Test Report No.: 303.897-1; OFI Technologie & Innovation GmbH, Vienna, Austria, 2005*

3.2.7. Αυξημένη αντοχή σε θλίψη

Όταν εφαρμόζεται το σύστημα PENETRON® (ειδικά το PENETRON ADMIX®) δημιουργείται μια πυκνότερη μάζα σκυροδέματος με την σφράγιση όλων των τριχοειδών και των κενών με αδιάλυτους κρυσταλλικούς σχηματισμούς. Αυτό συνήθως έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση της αντοχής σε θλίψη του σκυροδέματος στο οποίο έχει εφαρμοστεί.

Δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο Πανεπιστήμιο της Νέας Νότιας Ουαλίας[10] στην Αυστραλία έδειξαν ότι τα δείγματα στα οποία είχε εφαρμοστεί το PENETRON ADMIX® (1% κατά βάρος τσιμέντου) αύξησαν σημαντικά την αντοχή σε θλίψη σε σύγκριση με τα δείγματα ελέγχου.

Παρακάτω βρίσκονται τα λεπτομερή δείγματα που αποκτήθηκαν σε αυτή την δοκιμή σύμφωνα με τον Αυστραλιανά Πρότυπα AS1012.9:

Ηλικία Σκυροδέματος (ημέρα)	Αντοχή σε Θλίψη (MPa)		Αναλογία της Σύνθεσης-P προς τη Σύνθεση-C
	Σύνθεση-P (PENETRON ADMIX®)	Σύνθεση-C (δείγμα ελέγχου)	
3	23,0	16,7	1,37
7	31,4	24,2	1,30
28	42,5	33,2	1,28
91	46,8	38,2	1,22

Η αντοχή σε θλίψη της Σύνθεσης-P ήταν 1,22 έως 1,37 φορές αυτής της Σύνθεσης ελέγχου-C σε ηλικίες μεταξύ 3 ημερών έως 91 ημέρες παρά την κάθιση της Σύνθεσης-P (130 mm) που ήταν πολύ υψηλότερη από αυτή της Σύνθεσης-C (80 mm). Ήταν εμφανές ότι η χρήση του PENETRON ADMIX® στο σκυρόδεμα αύξησε σημαντικά την αντοχή του σκυροδέματος. Η αύξηση της αντοχής σε θλίψη με το PENETRON ADMIX® ήταν αναλογικά μεγαλύτερη στις πρώιμες ηλικίες των 3 και 7 ημερών. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της ταχύτατης πρώιμης αντοχής είναι η αφαίρεση των καλουπιών νωρίτερα και η επιτάχυνση της διαδικασίας κατασκευής.

Η αύξηση της αντοχής σε θλίψη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πορώδες του σκυροδέματος. Σε περισσότερο πορώδεις τύπους σκυροδέματος η αύξηση της αντοχής σε θλίψη αναμένεται συνήθως να είναι υψηλότερη από πιο πυκνούς τύπους σκυροδέματος. Επομένως η αλλαγή στην αντοχή σε θλίψη διαφέρει ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους σκυροδέματος. Σε οποιαδήποτε περίπτωση τα προϊόντα PENETRON® δεν θα επηρεάσουν αρνητικά την αντοχή σε θλίψη του σκυροδέματος.

3.2.8. Αντοχή σε υψηλή πίεση νερού

Τα προϊόντα PENETRON® σφραγίζουν αποτελεσματικά τους πόρους του σκυροδέματος, τα τριχοειδή και τις μικρορωγμές και τα καθιστούν αδιαπέραστα στην είσοδο του νερού και τις χημικές προσβολές. Το PENETRON® προστατεύει τις κατασκευές από σκυρόδεμα κάτω από ακραίες συνθήκες και στεγανοποιεί το σκυρόδεμα ακόμα και κάτω από υψηλές υδροστατικές πιέσεις.

[10] *The Australian Centre for Construction Innovation University of New South Wales: "Properties of type GP cement concrete modified with Penetron Admix"; ACCI Ref. No. 58324, 2002*

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®

Μια δοκιμή που εκτελέστηκε στα Εργαστήρια IPT στο Σάο Πάολο, Βραζιλία[11] εξέτασε την διείσδυση νερού υπό πίεση σε πορώδη δείγματα σκυροδέματος με PENETRON ADMIX® (20 MPa, w/c = 0,54, 1% PENETRON ADMIX® κατά βάρος τσιμέντου) σύμφωνα με το Βραζιλιάνικο Πρότυπο NBR 10.787/94.

Τα δείγματα σκυροδέματος σκυροδετήθηκαν και ωρίμασαν σε νερό για 28 ημέρες.

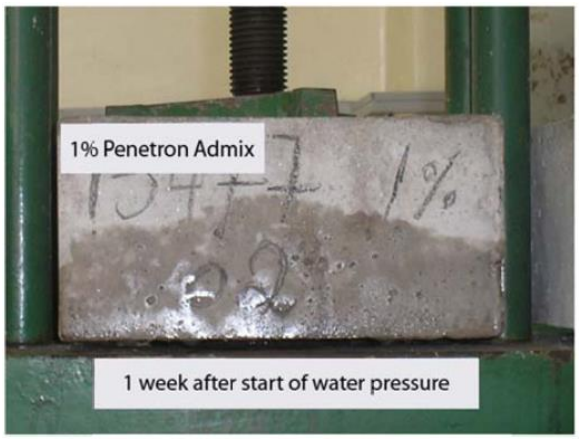
Εφαρμόστηκαν πιέσεις νερού κατά την διάρκεια μιας εβδομάδας:

Ημέρα 1-2: 0,1 MPa (1 bar)
Ημέρα 3: 0,3 MPa (3 bar)
Ημέρα 4-7: 0,7 MPa (7 bar)

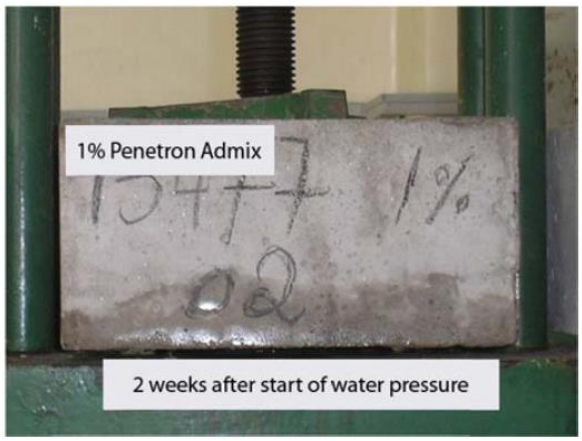
Μετά από την πρώτη εβδομάδα παρατηρήθηκε η διείσδυση του νερού στο δείγμα. Το δείγμα έπειτα στέγνωσε και η δοκιμή επαναλήφτηκε για δεύτερη, τρίτη και τέταρτη εβδομάδα. Μετά από τέσσερις εβδομάδες εφαρμογής πιέσεων νερού μέχρι 7 bar όλες οι μικρορωγμές, πόροι και τριχοειδή είχαν σφραγιστεί από το PENETRON ADMIX® και δεν ήταν δυνατό να διεισδύσει στα δείγματα επιπλέον νερό.

[11] *Penetration of water under pressure; Instituto de Pesquisas Tecnologicas (IPT), Sao Paulo, Brazil, 2007*

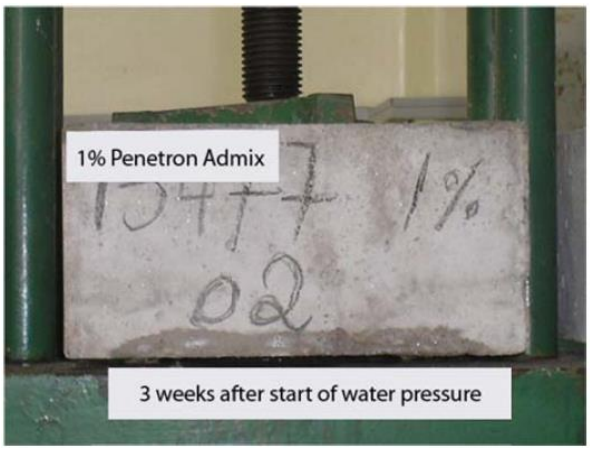
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®



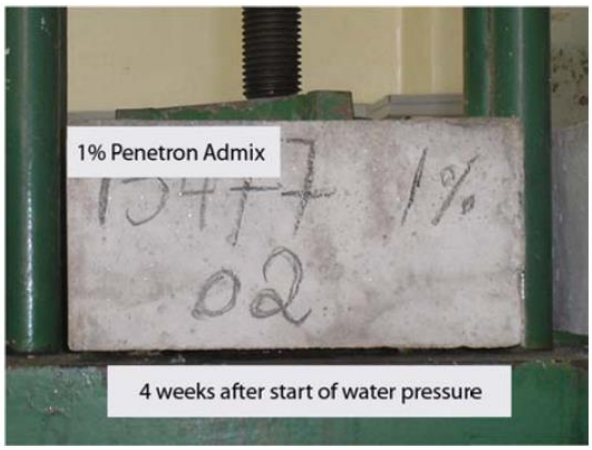
Μετά από μια εβδομάδα πίεσης νερού, μια διείσδυση νερού περίπου 75% μπορεί να παρατηρηθεί στο δείγμα. Αυτό είναι δυνατό, επειδή οι κρύσταλλοι στο δείγμα δεν έχουν σχηματιστεί πλήρως ακόμη. Το νερό στα τριχοειδή χρησιμοποιείται για να αναπτύξει περαιτέρω τους κρυστάλλους.



Μετά από δυο εβδομάδες μια σημαντική μείωση στην διείσδυση νερού μπορεί να παρατηρηθεί με τους κρυστάλλους να συνεχίζουν να σχηματίζονται μέσα στο σκυρόδεμα.



Μετά την τρίτη εβδομάδα, η διείσδυση του νερού στο δείγμα έχει μειωθεί πάλι κατά περίπου 50% σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης εβδομάδας.



Μετά την τέταρτη εβδομάδα εφαρμογής πίεσης νερού, καθόλου νερό δεν είναι ικανό να διεισδύσει στα τριχοειδή του σκυροδέματος στο οποίο έχει εφαρμοστεί PENETRON ADMIX®. Οι κρύσταλλοι τώρα έχουν σχηματιστεί πλήρως και σφραγίσει το σκυρόδεμα στο οποίο είχε ασκηθεί πίεση νερού.

Οι παραπάνω δοκιμές δείχνουν ότι το σκυρόδεμα στο οποίο έχει εφαρμοστεί PENETRON ADMIX® είναι εντελώς στεγνό υπό υδροστατικές πιέσεις μέχρι και 7 bar. Μια δοκιμή στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια[12], Ιταλία, το 2005 δοκίμασε το PENETRON ADMIX® σε πίεση νερού 2000 kPa (20 bar). Το δείγμα με σύστημα PENETRON® έδειξε σημαντική μείωση της διαπερατότητας (διείσδυση νερού) σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου.

Water absorption under pressure: table 2 shows the results for water absorption, expressed in mm of penetration at pressures of 700 kPa [6.91 atm] and 2000 kPa [19.74 atm].

Table 2

CAMPIONE	"Concrete B" WHITE concrete		"Concrete PA" concrete + PENETRON ADMIX	
	kPa = 700 mm	kPa = 2000 mm	kPa = 700 mm	kPa = 2000 mm
1	13	23	4,5	7,1
2	18	23	4,2	7,5
3	15	22	5,7	8,1
MEAN	**15,3**	**22,7**	**4,8**	**7,6**

Εικόνα 25. Απόσπασμα: Αποτελέσματα δοκιμών του PENETRON ADMIX® υπό πίεση νερού 20 bar, Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, Ιταλία, 2005

Η δυνατότητα να αντέχει υψηλή υδροστατική πίεση καθιστά το PENETRON ADMIX® μια αποτελεσματική λύση για κατασκευές από σκυρόδεμα όπως υδροηλεκτρικά φράγματα, μεγάλες δεξαμενές νερού, παράκτια τείχη, σήραγγες, κλπ.

3.2.9. Χημική αντοχή

Το σύστημα PENETRON® όχι μόνο στεγανοποιεί αποτελεσματικά τις κατασκευές από σκυρόδεμα, αλλά επίσης προστατεύει το σκυρόδεμα από χημικές προσβολές διαφόρων χημικών με pH από 3-11.

Ανάλογες δοκιμές διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια[13], Ιταλία, όπου δείγματα σκυροδέματος με PENETRON ADMIX® εκτέθηκαν σε διάφορα χημικά διαλύματα συμπεριλαμβανομένων αραιωμένου υδροχλωρικού οξέος (HCl_{dil}), αραιωμένου θειικού οξέος (H_2SO_{4dil}), ενός συνδυασμού των προηγούμενων, χλωριούχου ασβεστίου ($CaCl_2$) και υδροξειδίου του νατρίου (NaOH).

[12] *Determination of the water absorption at atmospheric pressure and under pressure of a total of 42 cylindrical concrete test pieces at the Laboratorio del Consorzio Cave (Quarry Consortium Laboratory) of Bologna; University of Bologna – Department of Earth, Geological and Environmental Sciences, Italy, 2005*

[13] *Verification of resistance to chemical attack on ten (10) cylindrical concrete test pieces at the Laboratorio del Consorzio Cave (Quarry Consortium Laboratory) of Bologna; University of Bologna – Department of Earth, Geological and Environmental Sciences, Italy, 2005*

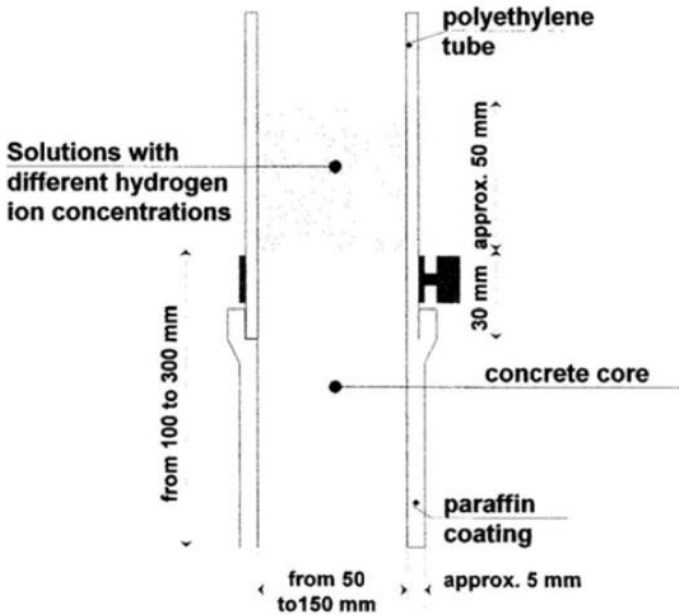
Για αυτή την δοκιμή στις 4 Απριλίου 2005, προετοιμάστηκαν δέκα (10) κυλινδρικά δοκίμια σκυροδέματος, χωρισμένα σε δυο παρτίδες, όπου η κάθε μία περιείχε 5 δοκίμια.

1η παρτίδα: «Σκυρόδεμα Β»: ορίζεται ως λευκό, δηλαδή σκυρόδεμα φτιαγμένο χωρίς την προσθήκη PENETRON ADMIX®.
2η παρτίδα: «Σκυρόδεμα ΡΑ»: ορίζεται ως σκυρόδεμα που έχει φτιαχτεί με την προσθήκη PENETRON ADMIX® σε ποσοστό 2% κατά βάρος τσιμέντου.

Και τα δυο δείγματα σκυροδέματος είχαν λόγο νερού/τσιμέντου ίσο με 0,45.

Το σκυρόδεμα της δοκιμής προετοιμάστηκε στο Laboratorio del Consorzio Cave της Μπολόνια και ωρίμασε εκεί για 28 ημέρες σε κλιματικό θάλαμο δοκιμής σε θερμοκρασία 20 ± 2 °C και σχετική υγρασία RH 95% ± 3 RH. Έπειτα εγκλιματίστηκαν με RH 65% ± 3 σε θερμοκρασία 20 ± 2 °C μέχρι την επίτευξη σταθερής πυκνότητας, εκτιμήθηκαν από 2 κύκλους ζύγισης που διεξήχθησαν σε διαστήματα 24 ωρών και με μια διαφορά στην πυκνότητα μικρότερη του 0,1%.

Το εργαστήριο ήθελε να πιστοποιήσει την αντοχή σε χημική προσβολή αυτών των δειγμάτων χρησιμοποιώντας διαλύματα που περιείχαν διαφορετικές συγκεντρώσεις ιόντων υδρογόνου σύμφωνα με τα Πρότυπα Δοκιμών UNI 7928 και 8019. Πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις μετά από 7 και 28 ημέρες έκθεσης.



Εικόνα 26. Πανεπιστήμιο της Μπολόνια: Δοκιμή χημικής αντοχής – Δημιουργία δοκιμής

Για την οπτική εκτίμηση της χημικής αντοχής εφαρμόστηκε το Πρότυπο UNI EN ISO 10545-13/7 «Καθορισμός της χημικής αντοχής – μη εφυαλωμένων πλακιδίων».

Όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας, το σκυρόδεμα με PENETRON ADMIX® δεν επιτρέπει σε κανένα από τα δοκιμαστικά διαλύματα να εισχωρήσουν στην επιφάνειά του. Τα δείγματα αντιστάθηκαν σε όλα τα διαλύματα με τιμή pH μεταξύ 3 και 11 σε συνεχή επαφή και βελτίωσαν την κατάσταση των δειγμάτων σε επαφή με αραιωμένο υδροχλωρικό οξύ (HCl_{dil}), αραιωμένο θειικό οξύ (H_2SO_{4dil}), ένα συνδυασμό του

αραιωμένου υδροχλωρικού και του αραιωμένου θειικού οξέος, όπου παρατηρήθηκε σε ένα δείγμα ελέγχου διείσδυση στην επιφάνεια.

Test solution used		Resistance class "Concrete B" WHITE concrete		Resistance class "Concrete PA" concrete + PENETRON ADMIX	
TYPE of solution	Solution with pH	Observations after 7 days	Observations after 28 days	Observations after 7 days	Observations after 28 days
HCl_{dil}	3	UHC	UHC	UHA	UHB
H_2SO_{4dil}	3	UHB	UHC	UHA	UHA
HCl_{dil} + H_2SO_{4dil}	4	UHC	UHC	UHA	UHB
$CaCl_2$	7	UA	UA	UA	UA
NaOH	11	ULA	ULA	ULA	ULA

CLASSIFICATION - Legend	
U = unglazed working surface	
G = glazed working surface	
L = Low concentration chemical products	
H = High concentration chemical products	
Class A	No Visible Effect
Class B	Visible Effects on Cut Edges
Class C	Visible Effects on Cut Edges and Penetrating into the Surface

Εικόνα 27. Πανεπιστήμιο της Μπολόνια: Δοκιμή χημικής αντοχής – Αποτελέσματα

Εξαιτίας της χημικής του αντοχής το σύστημα PENETRON® προστατεύει κατασκευές από σκυρόδεμα σε διάφορα έργα παγκοσμίως που αφορούν μολυσμένα ύδατα, όπως εγκαταστάσεις λυμάτων και εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και δεξαμενές αποθήκευσης χημικών.

Εικόνα 28. Νότιες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Μιλάνου, Ιταλία

Εικόνα 29. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων SABESP, Βραζιλία

3.2.10. Αντοχή σε κύκλους πήξης – τήξης

Ένας κύριος παράγοντας για την αποσάθρωση των εκτεθειμένων κατασκευών από σκυρόδεμα σε ψυχρά κλίματα (όπως γέφυρες από σκυρόδεμα, δρόμοι, κλπ.) είναι η συνεχής πήξη και τήξη του σκυροδέματος. Με το πέρασμα του χρόνου οι κύκλοι πήξης – τήξης θα αυξήσουν την διαπερατότητα και θα επιτρέψουν στους διαβρωτικούς παράγοντες να διεισδύσουν με αποτέλεσμα την διάβρωση και κατά επέκταση την αστοχία της κατασκευής. Οι κύκλοι πήξης – τήξης επηρεάζουν άμεσα την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

Ανεξάρτητες δοκιμές που διεξήχθησαν στα Sor Testing Laboratories[14] δείχνουν μια σημαντική μείωση της απώλειας βάρους του σκυροδέματος με PENETRON ADMIX® σε σχέση με το δείγμα ελέγχου.

Το σκυρόδεμα εφαρμογής περιείχε 16% ιπτάμενη τέφρα και PENETRON ADMIX® σε δόση 1% κατά βάρος των τσιμεντοειδών υλικών (τσιμέντο και ιπτάμενη τέφρα). Το δείγμα ελέγχου αποτελείτο από απλό σκυρόδεμα χωρίς PENETRON ADMIX®.

Τα δείγματα έπειτα υποβλήθηκαν σε έκθεση διαλύματος χλωριούχου νατρίου 3% για 25 κύκλους πήξης – τήξης (σύμφωνα με την Μέθοδο του Τμήματος Μεταφορών της Νέας Υόρκης 502-3P).

Ταυτότητα Σύνθεσης	Μέσος Όρος % Απώλειας Βάρους (*)
No. 1 - Δείγμα Ελέγχου	4,97
No. 2 – Δείγμα με εφαρμογή συστήματος PENETRON®	0,74
(*) Μέσος Όρος των διπλότυπων δειγμάτων	

3.2.11. Συμβατότητα με τις συνήθεις συνθέσεις σκυροδέματος (PENETRON ADMIX®)

Το PENETRON ADMIX® έχει προδιαγραφεί και εφαρμοστεί σε αρκετές συνθέσεις σκυροδέματος παγκοσμίως. Μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε συνήθη σύνθεση σκυροδέματος στην κατασκευαστική βιομηχανία του σήμερα.

[14] *Laboratory Tests of Penetron Admix in Concrete, Sor Testing Laboratories, Inc., USA Report No. 05-4070A, 2005*

Το PENETRON ADMIX® δεν έχει κάποιες γνωστές ασυμβατότητες με πρόσμικτα ενίσχυσης εργασιμότητας, όπως επιβραδυντές και υπερπλαστικοποιητές. Δεν υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά στον λόγο νερού/τσιμέντου του σκυροδέματος όπου θα εφαρμοστεί.

Το σκυρόδεμα PENETRON ADMIX® μπορεί να περιέχει υποκατάστατα τσιμέντου Portland όπως ποζολάνες, ιπταμένη τέφρα, αδρανή σκωρίας, πυριτική παιπάλη και παρόμοια. Η κρυσταλλική αντίδραση σε αυτούς τους τύπους σκυροδέματος πάλι θα πραγματοποιηθεί καθώς το PENETRON ADMIX®, όντας προϊόν με βάση το τσιμέντο Portland, περιέχει τα ενεργά συστατικά που χρειάζονται για την αντίδραση ανάπτυξης κρυστάλλων στις μικρορωγμές και τα τριχοειδή.

3.2.12. Πρόληψη της Αλκαλοπυριτικής Αντίδρασης (ASR)

Όπως συζητήθηκε στο κεφάλαιο 2.4., η αλκαλοπυριτική αντίδραση (ASR) μπορεί να μειώσει σημαντικά την ανθεκτικότητα και την αντοχή του σκυροδέματος. Οι σχεδιαστές σκυροδέματος χρειάζεται να περιορίσουν την περιεκτικότητα σε αλκάλια της σύνθεσης επιλέγοντας τον σωστό τύπο σκυροδέματος και μη δραστικών αδρανών.

Ένας απλός τρόπος για να μειωθεί ο κίνδυνος της ASR είναι η ενσωμάτωση ενός ώριμου κρυσταλλικού πρόσμικτου, όπως το PENETRON ADMIX®, στην σύνθεση του σκυροδέματος. Αυτό θα εξασφαλίσει ότι το σκυρόδεμα είναι στεγανοποιημένο σε βάθος και θα εμποδίσει το αναγκαίο νερό για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση της ASR. Το PENETRON ADMIX® έχει δείξει σε δοκιμή στο MFPA της Λειψίας, Γερμανία[15], ότι οι ρωγμές θα «αυτοεπιδιορθώνονται» όταν παρουσιάζεται νερό. Πολλές άλλες δοκιμές έχουν αποδείξει την ικανότητα των κρυστάλλων του συστήματος PENETRON® να στεγανοποιούν την δομή των τριχοειδών μέσα στο σκυρόδεμα. Επιπλέον, το PENETRON ADMIX® είναι πιστοποιημένο από το MPA της Στουτγάρδης, Γερμανία[16], ότι ανταποκρίνεται κατά DIN V 18998 και επομένως δεν έχει καμία αρνητική επίδραση στον οπλισμό.

3.2.13. Περιορισμοί

Παρά τον μεγάλο αριθμό των πλεονεκτημάτων των κρυσταλλικών στεγανοποιητικών συστημάτων χρειάζεται να δοθούν οι ενδοιασμοί για τους περιορισμούς της επίδοσης αυτού του συστήματος:

Ανεπαρκής προετοιμασία επιφάνειας (εφαρμογή επίστρωσης)

Όταν PENETRON® εφαρμόζεται σαν επίστρωση επιφάνειας, η λεπτομερής προετοιμασία της επιφάνεια, συμπεριλαμβανομένης της επισκευής όλων των μεγαλύτερων από 0,4 mm ρωγμών, του ατελούς σκυροδέματος (όπως φωλιές, τρυπόξυλα, κλπ.) και ο καθαρισμός της επιφάνειας (βρέξιμο και τρίψιμο της επιφάνειας για να εξασφαλιστεί ένα «ανοιχτό σύστημα τριχοειδών») είναι το κλειδί για την επιτυχημένη εφαρμογή των κρυσταλλικών στεγανοποιητικών συστημάτων που εφαρμόζονται με βούρτσα ή ψεκασμό.

[15] *MFPA Leipzig GmbH, Germany – Department of Structural Engineering: "Application-technology tests on concrete test specimens with and without adding the sealing agent Penetron Admix (May 31, 2007)"*
[16] *MPA Stuttgart Otto-Graf Institute, University of Stuttgart, Germany: "Electro-chemical tests of a concrete admixture (Penetron Admix) according to DIN V 18998: 2002-11", 2007*

3.2.13.1. Αρμοί διακοπής σκυροδέτησης

Οι αρμοί διακοπής μπορούν να θεωρηθούν σαν τεχνητές ρωγμές. Τα πλάτη και τα κενά στους αρμούς διακοπής μπορούν να υπερβούν αυτά των συνηθισμένων τριχοειδών και μικρορωγμών του σκυροδέματος και επομένως χρειάζονται ξεχωριστή επεξεργασία είτε με ένα κρυσταλλικό επισκευαστικό σύστημα (PENECRETE MORTAR® / PENETRON®) ή με υδροφραγή PENEBAR® SW.

3.2.13.2. Ενεργές διαρροές

Η ενεργή διαρροή (μέσω των ρωγμών) πρέπει να σταματήσει πριν την εφαρμογή και να επισκευαστεί ξεχωριστά με το επισκευαστικό σύστημα PENETRON® (PENEPLUG®, PENECRETE MORTAR® / PENETRON® INJECT).

3.2.13.3. Ατέλειες σκυροδέματος

Οι ατέλειες του σκυροδέματος όπως φωλιές, τρυπόξυλα, κλπ. οδηγούν σε κενά στο σκυρόδεμα που είναι μεγαλύτερα σε πλάτος από τα συνηθισμένα τριχοειδή και μικρορωγμές και επομένως πρέπει να επισκευαστούν ξεχωριστά με το επισκευαστικό σύστημα PENETRON®.

3.2.13.4. Δομικές ρωγμές

Οι δομικές ρωγμές είναι ρωγμές με πλάτος μεγαλύτερο από 0,4 mm και επομένως πρέπει να επισκευαστούν είτε πριν την εφαρμογή του PENETRON® σαν σύστημα επικάλυψης ή μετά την εφαρμογή (PENETRON ADMIX®) εάν δεν σφραγιστούν μετά από μια περίοδο παρατήρησης 4-6 εβδομάδων.

3.2.13.5. Εκτεθειμένες κατασκευές από σκυρόδεμα (θερμικές ρωγμές)

Το σύστημα PENETRON® δεν συνιστάται σαν μοναδική λύση για άμεσα εκτεθειμένες κατασκευές σκυροδέματος. Οι θερμικές ρωγμές είναι αποτέλεσμα σκυροδέματος άμεσα εκτεθειμένου σε υψηλές, ξαφνικές διαφορές θερμοκρασίας (π.χ. διόγκωση του σκυροδέματος που εκτίθεται σε ακραία ζέστη κατά την διάρκεια της ημέρας, που αντιδρά σαν αποτέλεσμα με χαμηλότερες και ψυχρότερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύχτας). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κίνηση μέσα στις ρωγμές και πλάτη ρωγμών μέχρι και >2 mm. Οι κρύσταλλοι του συστήματος PENETRON® είναι συμπαγείς και δεν είναι σχεδιασμένοι να ανταποκρίνονται σε τέτοιου είδους κίνηση στις ρωγμές.

4. Με μια ματιά – ανασκόπηση οφέλων

Πλεονεκτήματα Συστήματος	Πλεονεκτήματα για ιδιοκτήτες / εφαρμοστές
▪ Αυξάνει την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος ▪ Προστατεύει το σκυρόδεμα για μια ζωή (μόνιμη εφαρμογή) ▪ Παρέχει ένα σκυρόδεμα που «αυτοεπιδιορθώνεται» (αυτοεπιδιορθώνει ρωγμές μέχρι 0,4 mm) ▪ Αντοχή σε υψηλή υδροστατική πίεση (20 bar) ▪ Αυξάνει την θλιπτική αντοχή ▪ Ανθεκτικό σε χημική προσβολή (pH 3-11) ▪ Μειώνει την διείσδυση χλωριούχων και την ενανθράκωση ▪ Αποτρέπει την αλκαλοπυριτική αντίδραση (ASR) ▪ Αποτρέπει την διάβρωση του οπλισμού ▪ Μη τοξικό (εγκεκριμένο για πόσιμο νερό) ▪ «Πράσινο» προϊόν (δεν περιέχει πτητικές οργανικές ενώσεις - VOC) ▪ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιαδήποτε κοινή σύνθεση (χωρίς περιορισμούς ως προς το λόγο νερού/τσιμέντου ή το ποσοστό τσιμέντου)* ▪ Χαμηλά ποσά δοσολογίας (0,8% κατά βάρος τσιμέντου)* ▪ Ευκολία/πολλαπλότητα εφαρμογής ▪ Η προστασία παραμένει ακέραια όταν καταστραφεί η επιφάνεια ▪ Δεν απαιτεί καμία άλλη μορφή στεγανοποίησης ή επιπλέον προστασία του συστήματος ▪ Επιτρέπει στο σκυρόδεμα να «αναπνέει» ▪ Διεισδύει βαθιά στο σκυρόδεμα** ▪ Μπορεί να εφαρμοστεί από την θετική ή την αρνητική πλευρά** ▪ Μπορεί να εφαρμοστεί σε νωπό ή φρέσκο σκυρόδεμα** ▪ Συμβατό με κόλλες και επικαλύψεις επιφάνειας** ▪ Διεθνώς αναγνωρισμένο στεγανοποιητικό με εκτεταμένο μητρώο έργων (αποτελεσματικό σύστημα)	▪ Εξοικονομεί χρόνο και κόστος στα έργα ▪ Αποτελεσματικό ως προς το κόστος ▪ Μόνιμο στεγανοποιητικό σύστημα ▪ Χωρίς συντήρηση ▪ Αυξάνει την ποιότητα του σκυροδέματος για κατασκευαστική απόδοση και ακεραιότητα ▪ Αυξάνει την χρήση της υποδομής ▪ Αφαιρεί τον χρόνο και τα κόστη που σχετίζονται με την συντήρηση και τις επισκευές ▪ Ανυπέρβλητη τεχνική υποστήριξη ▪ Μειώνει τα λάθη εφαρμογής που σχετίζονται με την εγκατάσταση των άλλων συστημάτων ▪ Βελτιώνει την σκυροδέτηση ▪ Συνεισφέρει σε έργα LEED (συγκέντρωση «πράσινων» σημείων)
** PENETRON ADMIX® / ** PENETRON®/PENETRON® PLUS*	

5. Σύγκριση των προϊόντων PENETRON® με άλλα συστήματα στεγανοποίησης

	PENETRON® / PENETRON® PLUS	PENETRON ADMIX®	Μεμβράνες (Θετική πλευρά)	Άλλα Προϊόντα που εφαρμόζονται στην επιφάνεια
Περιγραφή	Τσιμεντοειδούς βάσης χημικό που θα διεισδύσει στις επιφάνειες για να σχηματίσει αδιάλυτους κρυσταλλικούς σχηματισμούς βαθιά μέσα στα τριχοειδή και κενά του σκυροδέματος	Τσιμεντοειδές πρόσμικτο που προστίθεται στο σκυρόδεμα κατά την δοσομέτρηση για την δημιουργία αδιάλυτων κρυστάλλων μέσα στο σύστημα τριχοειδών του σκυροδέματος	Υγρό και εφαρμοζόμενο σε φύλλα ασφαλτικό και πολυμερή που τοποθετούνται στην επιφάνεια του σκυροδέματος για να δημιουργήσουν μια φραγή στην είσοδο του νερού	Υλικά που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του σκυροδέματος και περιέχουν κυρίως υδαταπωθητικά και σφραγιστικά
Αντοχή σε υδροστατική πίεση	▪ Βελτιώνεται με τον χρόνο ▪ Δοκιμασμένο σε υδροστατική πίεση μέχρι 16 bar	▪ Βελτιώνεται με τον χρόνο ▪ Συνεχής ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης ▪ Ξεκινάει την πλήρη ενυδάτωση	▪ Η προστασία μπορεί να διακοπεί από οποιαδήποτε τρύπα ή ραφή ▪ Θα απαιτήσει Αντικατάσταση μόλις θα έχει διαρροή	▪ Μειώνει την αρχική απορροφητικότητα, αλλά θα χειροτερεύσει με την πάροδο του χρόνου ▪ Περιορισμένη αντοχή σε υδροστατική πίεση
Προστασία του οπλισμού	▪ Εμποδίζει την διάβρωση σταματώντας την δίοδο του εισερχόμενου νερού, των χλωριούχων και των άλλων διαβρωτικών παραγόντων	▪ Μόνιμη προστασία ▪ Εμποδίζει την διείσδυση του νερού, των χλωριούχων και των άλλων διαβρωτικών παραγόντων	▪ Καμία προστασία από την αρνητική πλευρά ▪ Επιρρεπής στην διαρροή στους αρμούς και στις ραφές	▪ Καμία προστασία από την αρνητική πλευρά ▪ Περιορισμένη προστασία ειδικά υπό υψηλή υδροστατική πίεση
Ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης ρωγμών	▪ Θα ενεργοποιηθεί ξανά με την παρουσία υγρασίας για να σφραγίσει νέες ρωγμές ακόμα και μετά από χρόνια από την εφαρμογή	▪ Θα ενεργοποιηθεί ξανά με την παρουσία υγρασίας για να σφραγίσει νέες ρωγμές ακόμα και μετά από χρόνια από την εφαρμογή	▪ Καμία ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης	▪ Καμία ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης
Αντοχή σε ρωγμές	▪ Σκληρό υλικό δεν αντέχει υπερβολική μεταμόρφωση, αλλά αυτοεπιδιορθώνει ρωγμές μέχρι και 0,4 mm	▪ Μειώνει την ρωγμάτωση στο στάδιο της πλαστικοποίησης και ωρίμανσης ▪ Αυτοεπιδιορθώνει ρωγμές μέχρι και 0,4 mm με την παρουσία υγρασίας	▪ Δεν αντέχει υπερβολική μεταμόρφωση ▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου (απώλεια προστασίας) απροστάτευτο σκυρόδεμα εάν έχει διαρροή	▪ Καμία ανθεκτικότητα στα σημεία ρωγμών ▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου (απώλεια προστασίας)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®

	PENETRON® / PENETRON® PLUS	PENETRON ADMIX®	Μεμβράνες (Θετική πλευρά)	Άλλα Προϊόντα που εφαρμόζονται στην επιφάνεια
Ανθεκτικότητα σε πήξη/τήξη	▪ Βελτιώνει την ανθεκτικότητα εμποδίζοντας την είσοδο του νερού μέσα από τις ρωγμές και τους πόρους	▪ Βελτιώνει την ανθεκτικότητα εμποδίζοντας την είσοδο του νερού μέσα από τις ρωγμές και τους πόρους	▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου (απώλεια προστασίας) απροστάτευτο σκυρόδεμα εάν έχει διαρροή	▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου (απώλεια προστασίας) απροστάτευτο σκυρόδεμα εάν έχει διαρροή
Απαιτήσεις επισκευής	▪ Επισκευάζεται εύκολα από την θετική ή την αρνητική πλευρά (εάν απαιτείται)	▪ Επισκευάζεται εύκολα από την θετική ή την αρνητική πλευρά (εάν απαιτείται)	▪ Δύσκολο στην επισκευή ▪ Δύσκολο να αναγνωριστούν οι προβληματικές περιοχές ▪ Μπορεί να χρειαστεί ολική αφαίρεση και επισκευή ▪ Ακριβό και μερικές φορές αδύνατο λόγω πρόσβασης	▪ Οι επισκευές μπορεί να απαιτήσουν αφαίρεση των προηγούμενων υλικών
Εφαρμογή	▪ Εφαρμόζεται με βούρτσα/ψεκασμό στην θετική ή αρνητική πλευρά παλαιού/νέου σκυροδέματος ▪ Εφαρμογή εν ξηρώ σε οριζόντιο, νωπό σκυρόδεμα	▪ Προστίθεται στο σκυρόδεμα την στιγμή της δοσομέτρησης ▪ Δεν απαιτείται πρόσθετη εφαρμογή	▪ Υγρά: εφαρμογή με βούρτσα ή ψεκασμό ▪ Φύλλα: κολλητά, θερμοκολλητά ή με συγκόλληση στην επιφάνεια του σκυροδέματος ▪ Η σωστή εφαρμογή των αρμών/ραφών είναι κρίσιμη για την απόδοση	▪ Εφαρμόζεται μόνο στην θετική πλευρά ▪ Το προφίλ του υποστρώματος κρίσιμο για την απόδοση
Προετοιμασία επιφάνειας	▪ Χρειάζεται αδρή, βρεγμένη, καθαρή επιφάνεια με ένα «ανοιχτό σύστημα τριχοειδών» για την εφαρμογή με βούρτσα ή ψεκασμό ▪ Δεν χρειάζεται προετοιμασία επιφάνειας για εφαρμογή εν ξηρώ	▪ Καμία προετοιμασία επιφάνειας	▪ Καθαρή επιφάνεια ▪ Στεγνή επιφάνεια ▪ Ομαλή επιφάνεια	▪ Χρειάζεται προετοιμασία επιφάνειας ανάλογα με τις απαιτήσεις του προϊόντος
Πρόγραμμα κατασκευής	▪ Μπορεί να εφαρμοστεί κατά την διάρκεια του φινιρίσματος του σκυροδέματος ή οποιαδήποτε άλλη στιγμή μετά	▪ Προστίθεται στο νωπό σκυρόδεμα κατά την διάρκεια της δοσομέτρησης ▪ Εξοικονομεί μέχρι και 50% χρόνο και κόστος κατασκευής	▪ Πρέπει να εφαρμόζεται μετά την ολοκλήρωση της δομικής εργασίας ▪ Απαιτεί προστατευτικό τσιμεντοειδές κονίαμα	▪ Μερικά υλικά απαιτούν για την εφαρμογή ώριμο σκυρόδεμα 28 ημερών ▪ Παρόμοιο προγραμματισμό όπως και οι μεμβράνες

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®

	PENETRON® / PENETRON® PLUS	PENETRON ADMIX®	Μεμβράνες (Θετική πλευρά)	Άλλα Προϊόντα που εφαρμόζονται στην επιφάνεια
Σύστημα αποστράγγισης υποστρώματος	▪ Δεν απαιτείται	▪ Δεν απαιτείται	▪ Μπορεί να χρειαστεί αποστράγγιση κάτω από υψηλή υδροστατική πίεση	▪ Χρειάζεται αποστράγγιση κάτω από υψηλή υδροστατική πίεση
Επιπλέον επικαλύψεις	▪ Μπορεί να φινιριστεί με βαφή, πλακάκια, κλπ.	▪ Δεν επηρεάζει τις επικαλύψεις ▪ Εξαιρετική πρόσφυση για επικαλύψεις με πλακάκια	▪ Απαιτεί προστατευτικά κονιάματα πριν το φινίρισμα	▪ Μπορεί να χρειαστεί ειδική προετοιμασία πριν το φινίρισμα
Συντήρηση	▪ Δεν απαιτείται	▪ Μπορεί να χρειαστεί επισκευές μόνο στην περίπτωση δομικών ρωγμών λόγω ατελειών του σκυροδέματος μετά την εφαρμογή	▪ Γενικά απαιτείται ακριβή αντικατάσταση	▪ Απαιτείται εφαρμογή ξανά κάτω από υψηλές υδροστατικές συνθήκες
Διάρκεια ζωής	▪ Μόνιμο και βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου	▪ Μόνιμο, αυτοεπιδιορθώνει τις νέες ρωγμές ακόμα και μετά από χρόνια από την εφαρμογή	▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου ▪ Φθορές κατά την επανεπίχωση, υδραυλικά ▪ Η φθορά της επιφάνειας θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της προστασίας	▪ Καλύτερο όταν εφαρμόζεται για πρώτη φορά ▪ Χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου ▪ Ευάλωτο στην επιφανειακή φθορά

5.1. Σύγκριση ανάμεσα στο σύστημα Penetron και τα υδροφοβικά εμφρακτικά πόρων

Σύστημα Penetron	Εμφρακτικά πόρων
Επιτρέπει στο σκυρόδεμα να αναπνέει, στον υδρατμό να φεύγει από την δομή	Δεν επιτρέπει στο σκυρόδεμα να αναπνέει, επιτρέποντας την αύξηση της τάσης ατμών
Υψηλής απόδοσης στεγανοποιητικό προϊόν σχεδιασμένο να αντέχει εξακριβωμένα σε υψηλή υδροστατική πίεση μέχρι και 16 bar	Καλό για μόνωση ή αντοχή σε διαβροχή με χαμηλή αντοχή σε υδροστατική πίεση μέχρι 1,4 bar
Δεν επηρεάζει την θερμική αντοχή του σκυροδέματος και μόνο θα την αυξήσει	Λόγω της ασφαλτικής φύσης αυτών των προϊόντων, η επίδρασή τους στην θερμική αντοχή του σκυροδέματος θα πρέπει να ερευνηθεί πριν την χρήση
Δεν επηρεάζει αρνητικά την διαδικασία ενυδάτωσης του σκυροδέματος	Σταματάει ολοκληρωτικά την κίνηση του νερού μέσα στο σκυρόδεμα, καθώς μπορεί να συμβεί εσωτερική αυτό-αφυδάτωση ή το νερό που απορροφάται δεν μπορεί να εισέλθει. Και στις δυο περιπτώσεις ένα μέρος του τσιμέντου δεν μπορεί να ενυδατωθεί εντελώς

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON® - PENETRON ADMIX®

Σύστημα Penetron	Εμφρακτικά πόρων
Το σύστημα Penetron αυξάνει δραματικά την αυτογενή ικανότητα διόρθωσης του σκυροδέματος	Μπορεί να μειώσει την αυτογενή ικανότητα διόρθωσης του σκυροδέματος. Αυτό πρέπει να ερευνηθεί πριν την χρήση
Αυξάνει την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος	Η επίδραση αυτών των προϊόντων στην αρχική ή τελική αντοχή του σκυροδέματος θα πρέπει να ερευνηθεί πριν την χρήση
Δεν επηρεάζει την ποσότητα του οπλισμού που προδιαγράφεται	Μπορεί να χρειαστεί επιπλέον οπλισμός
Δεν επηρεάζει τον χρόνο ωρίμανσης του σκυροδέματος όταν προδιαγράφεται σωστά	Οι επιδράσεις στον χρόνο ωρίμανσης του σκυροδέματος θα πρέπει να ερευνηθούν πριν την χρήση
Παρέχει προστασία από χημικά, ενανθράκωση, θειικά, χλωριούχα κλπ.	Η αντοχή σε χημική προσβολή θα πρέπει να ερευνηθεί πριν την χρήση
Δεν επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των αρμών διακοπής	Οι αρμοί διακοπής θα χρειαστούν ειδική εφαρμογή για να σπάσουν την υδαταπωθητική επίδραση αυτών των προϊόντων
Η χαμηλή δοσολογία του 0,8% των περιεχομένων τσιμέντου στην σύνθεση είναι επαρκής	Απαιτείται πολύ υψηλή δοσολογία για να φτάσουν στην αποτελεσματικότητά τους
Οικονομική λύση	Συνήθως πολύ ακριβή λύση, εν μέρει λόγω της υψηλής δοσολογίας που απαιτείται
Δουλεύει πολύ αποτελεσματικά ακόμα και σε χαμηλής αντοχής σκυρόδεμα	Μια ελάχιστη ποσότητα 350 kg τσιμέντου απαιτείται για να είναι αποτελεσματικά αυτά τα προϊόντα. Ο λόγος νερού/τσιμέντου και η κάθιση θα πρέπει ελέγχεται στενά για να συγκλίνουν με τους περιορισμούς του κατασκευαστή
Αυτοεπιδιορθώνει ρωγμές έως 0,4 mm και περισσότερο σε όλη την ζωή του σκυροδέματος	Φράζει παθητικά τους πόρους, καμία γνωστή αυτοεπιδιορθωτική επίδραση στο σκυρόδεμα
Θα ενεργοποιηθεί ξανά μετά από πολλά χρόνια εάν αναπτυχθούν νέες ρωγμές για να σταματήσει τις διαρροές	Καμία αντίδραση
Μακροπρόθεσμες επιδράσεις στο σκυρόδεμα έχουν διαπιστωθεί μετά από 24 χρόνια	Οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις στο σκυρόδεμα θα πρέπει να ερευνηθούν πριν την χρήση

6. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON ADMIX®

6.1. Περιγραφή

Το PENETRON ADMIX® (ολοκληρωμένο κρυσταλλικό στεγανοποιητικό πρόσμικτο) προστίθεται στην σύνθεση του σκυροδέματος την στιγμή της δοσομέτρησης της παρασκευής τους. Το PENETRON ADMIX® αποτελείται από τσιμέντο Portland, πολύ ψηλής κοκκομετρίας χαλαζιακή άμμο και διάφορα ενεργά, αποκλειστικά χημικά. Αυτά τα ενεργά χημικά αντιδρούν με την υγρασία του νωπού σκυροδέματος, με τα παραπροϊόντα της ενυδάτωσης του τσιμέντου για να προκαλέσουν μια καταλυτική αντίδραση, που δημιουργεί έναν αδιάλυτο κρυσταλλικό σχηματισμό στους πόρους και στις τριχοειδείς

ταινίες του σκυροδέματος. Έτσι το σκυρόδεμα σφραγίζεται μόνιμα ενάντια στην διείσδυση του νερού ή των υγρών από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Το σκυρόδεμα επίσης προστατεύεται από την αποσάθρωση εξαιτίας των σκληρών περιβαλλοντικών συνθηκών.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Το PENETRON ADMIX® έχει σχεδιαστεί ειδικά για να καλύπτει διάφορα έργα και συνθήκες θερμοκρασίας (βλέπε *Χρόνος Ωρίμανσης και Αντοχή*). Συμβουλευτείτε έναν Τεχνικό Αντιπρόσωπο της PENETRON (PENETRON HELLAS) για την καταλληλότητα του PENETRON ADMIX® στο έργο σας.

6.2. Δοσολογία

PENETRON ADMIX®: 0,8% το ελάχιστο κατά βάρος των τσιμεντοειδών υλικών. Συμβουλευτείτε το Τεχνικό Τμήμα της PENETRON (PENETRON HELLAS) για βοήθεια στον καθορισμό της κατάλληλης αναλογίας και για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την βελτιωμένη χημική αντοχή, την άριστη απόδοση του σκυροδέματος, ή για την κάλυψη των συγκεκριμένων απαιτήσεων και συνθηκών του έργου σας.

6.3. Ανάμιξη

Το PENETRON ADMIX® πρέπει να προστίθεται στο σκυρόδεμα την στιγμή της δοσομέτρησης της παρασκευής του. Η αλληλουχία των διαδικασιών για την προσθήκη θα διαφέρει σύμφωνα με τον τύπο λειτουργίας της μονάδας σκυροδέματος και τον εξοπλισμό. Ακολουθούν μερικές τυπικές οδηγίες σύνθεσης.

6.3.1. Βιομηχανία έτοιμου σκυροδέματος – Παραγωγή ξηρού μίγματος

Προσθέστε το PENETRON ADMIX® σε μορφή σκόνης στην βαρέλα. Προσθέστε 60%-70% από το νερό που απαιτείται μαζί με 136-227 kg (300-500 lbs) αδρανή. Αναμίξτε τα υλικά για 2-3 λεπτά για να εξασφαλιστεί ότι το PENETRON ADMIX® έχει διανεμηθεί ομοιόμορφα στο νερό ανάμιξης. Προσθέστε το υπόλοιπο των υλικών στην βαρέλα σύμφωνα με τις κοινές πρακτικές επεξεργασίας.

6.3.2. Βιομηχανία έτοιμου σκυροδέματος – Παραγωγή κεντρικού μίγματος

Αναμίξτε το PENETRON ADMIX® με νερό για να σχηματίσετε ένα πολύ λεπτό μίγμα (π.χ. 18 kg (40 lbs) σκόνης αναμεμιγμένα με 22,7 Lt (6 gal) νερό). Ρίξτε την απαιτούμενη ποσότητα υλικού στην βαρέλα. Τα αδρανή, το τσιμέντο και το νερό θα πρέπει να έχουν δοσομετρηθεί και αναμιχτεί στην μονάδα σύμφωνα με τις κοινές πρακτικές (λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα νερού που ήδη έχει προστεθεί στην βαρέλα). Ρίξτε το σκυρόδεμα στην βαρέλα και αναμίξτε για τουλάχιστον 5 λεπτά για να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη κατανομή του PENETRON ADMIX® στο σκυρόδεμα.

6.3.3. Βιομηχανία προκατασκευών σκυροδέματος

Προσθέστε το PENETRON ADMIX® στις πέτρες και στην άμμο, έπειτα αναμίξτε σχολαστικά για 2-3 λεπτά πριν προσθέσετε το τσιμέντο και το νερό. Η συνολική μάζα του σκυροδέματος θα πρέπει να αναμιχθεί χρησιμοποιώντας κοινές πρακτικές.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ένα ομογενοποιημένο μίγμα του PENETRON ADMIX® με το σκυρόδεμα. Επομένως, μην προσθέσετε ξηρή σκόνη PENETRON ADMIX® απευθείας στο νωπό σκυρόδεμα καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει κάθιση και η σχολαστική διανομή δεν θα επιτευχθεί. Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την σωστή χρήση του PENETRON ADMIX® για ένα συγκεκριμένο έργο, συμβουλευτείτε έναν Τεχνικό Αντιπρόσωπο της PENETRON (PENETRON HELLAS).

6.3.4. Τεχνικές υπηρεσίες

Για περισσότερες οδηγίες, εναλλακτικές μεθόδους εφαρμογής, ή πληροφορίες που αφορούν την συμβατότητα του συστήματος PENETRON® με άλλα προϊόντα ή τεχνολογίες, επικοινωνήστε με το Τεχνικό Τμήμα της PENETRON INTERNATIONAL Ltd. ή τον τοπικό σας Συνεργάτη PENETRON (PENETRON HELLAS).

6.4. Χρόνος ωρίμανσης και αντοχή

Ο χρόνος ωρίμανσης του σκυροδέματος επηρεάζεται από την χημική και φυσική σύνθεση των συστατικών, την θερμοκρασία του σκυροδέματος και τις κλιματικές συνθήκες. Η επιβράδυνση της ωρίμανσης μπορεί να συμβεί με την χρήση του PENETRON ADMIX®. Το ποσοστό της επιβράδυνσης θα εξαρτηθεί από την σύνθεση του σκυροδέματος και την δοσολογία του PENETRON ADMIX®. Ωστόσο, υπό κανονικές συνθήκες, το PENETRON ADMIX® θα δώσει ένα κανονικά ωριμασμένο σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα που περιέχει PENETRON ADMIX® μπορεί να αναπτύξει υψηλότερες τελικές αντοχές από το απλό σκυρόδεμα. Θα πρέπει να διεξαχθούν δοκιμαστικές αναμίξεις υπό τις συνθήκες του έργου για να καθοριστεί ο χρόνος ωρίμανσης και η αντοχή του σκυροδέματος.

6.5. Περιορισμοί

Όταν χρησιμοποιείται το PENETRON ADMIX®, η θερμοκρασία του μίγματος του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι πάνω από 4 ^{o}C (40 ^{o}F).

7. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON®

7.1. Περιγραφή

Το PENETRON® είναι ένα ολοκληρωμένο κρυσταλλικό στεγανοποιητικό υλικό, που εφαρμόζεται στην επιφάνεια και που στεγανοποιεί και προστατεύει το σκυρόδεμα σε βάθος. Αποτελείται από τσιμέντο Portland, ειδικά επεξεργασμένη χαλαζιακή άμμο και μια σύνθεση ενεργών χημικών. Το PENETRON® χρειάζεται μόνο να αναμιχθεί με νερό πριν την εφαρμογή.

Όταν το PENETRON® εφαρμόζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος τα ενεργά χημικά συνδυάζονται με την ελεύθερη άσβεστο και την υγρασία που υπάρχει στους τριχοειδείς διαδρόμους του σκυροδέματος για να σχηματίσουν μια αδιάλυτη κρυσταλλική δομή. Αυτοί οι κρύσταλλοι γεμίζουν τους πόρους και της μικρές ρωγμές συρρίκνωσης στο σκυρόδεμα εμποδίζοντας την περαιτέρω είσοδο του νερού (ακόμα και κάτω από πίεση). Ωστόσο, το PENETRON® θα επιτρέπει την δίοδο του υδρατμού μέσα από την δομή (το σκυρόδεμα θα μπορεί να «αναπνέει»). Εκτός από το να στεγανοποιεί την κατασκευή, το

PENETRON® προστατεύει το σκυρόδεμα από το θαλασσινό νερό, τα λύματα, το δραστικό υπόγειο νερό και πολλά άλλα δραστικά χημικά διαλύματα. Το PENETRON® είναι εγκεκριμένο για χρήση σε επαφή με πόσιμο νερό, και είναι επομένως κατάλληλο για χρήση σε δεξαμενές νερού, εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, κλπ. Το PENETRON® δεν είναι ένα διακοσμητικό υλικό.

7.2. Κατανάλωση

Κατασκευές που συγκρατούν νερό, εσωτερικές επιφάνειες τοίχων από σκυρόδεμα: Δυο στρώσεις PENETRON® σε 0,7-0,8 kg/m^2 (1,25-1,5 lb/yd^2) ή μια στρώση σε 1,4-1,6 kg/m^2 (2,5-3 lb/yd^2) εφαρμοσμένη με βούρτσα ή ψεκασμό.

7.2.1. Πλάκες κατασκευών

Το PENETRON® εφαρμοσμένο σε μια υδαρή στρώση σε ωριμασμένο σκυρόδεμα ή ξηρά εκτοξευόμενο 1,1 kg/m^2 (2 lb/yd^2) και με σπάτουλα εφαρμοσμένο σε νωπό σκυρόδεμα όταν αυτό αποκτήσει τις πρώιμες αντοχές του.

7.2.2. Κατασκευαστικοί αρμοί

Το PENETRON® εφαρμοσμένο σε μορφή υδαρή ή ξηρής σκόνης 1,7 kg/m^2 (3 lb/yd^2) αμέσως πριν από την τοποθέτηση του επόμενου πλαισίου από σκυρόδεμα. Εναλλακτικά μπορούν να εφαρμοστούν τα υδροφραγή PENEBAR® SW.

7.2.3. Σκυρόδεμα καθαριότητας

Το PENETRON® εφαρμοσμένο σε μορφή υδαρή ή ξηρής σκόνης 1,4 kg/m^2 (2,5 lb/yd^2) αμέσως πριν την τοποθέτηση της υπερκείμενης πλάκας σκυροδέματος.

7.3. Προετοιμασία επιφάνειας

Όλο το σκυρόδεμα στο οποίο θα εφαρμοστεί το ολοκληρωμένο κρυσταλλικό στεγανοποιητικό PENETRON® θα πρέπει να είναι καθαρό και να έχει ένα «ανοιχτό» σύστημα τριχοειδών. Απομακρύνετε τα εκκρίματα, την σκόνη, τα λίπη, κλπ. με υδροβολή υψηλής πίεσης (>300 bar), υγρή αμμοβολή ή τρίψιμο με σύρμα. Το ατελές σκυρόδεμα με την μορφή ρωγμών, φωλέων, κλπ. θα πρέπει να διανοιχθούν, να εφαρμοστεί το PENETRON® και να γεμιστούν με PENECRETE MORTAR®. Οι επιφάνειες θα πρέπει να έχουν πλυθεί προσεκτικά πριν την εφαρμογή του PENETRON®. Η επιφάνεια του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι νωπή αλλά όχι βρεγμένη.

7.4. Ανάμιξη

Το PENETRON® αναμιγνύεται μηχανικά με καθαρό νερό σε μια κρεμώδη υφή ή να μοιάζει με πηχτό λάδι. Η κατά προσέγγιση αναλογία ανάμιξης είναι 2 μέρη νερό και 5 μέρη σκόνης PENETRON® (κατ' όγκο). Αναμίξτε μόνο τόσο υλικό όσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσα σε 20 λεπτά και ανακινήστε συχνά το μίγμα. Εάν το μίγμα αρχίσει να ωριμάζει μην προσθέσετε επιπλέον νερό, απλά ανακινήστε το μίγμα για να αποκαταστήσετε την εργασιμότητα.

7.5. Εφαρμογή

7.5.1. Υδαρή μορφή

Εφαρμόστε το PENETRON® σε μια ή δυο στρώσεις σύμφωνα με την προδιαγραφή με βούρτσα ή κατάλληλο εξοπλισμό ψεκασμού. Όταν προδιαγράφονται δυο στρώσεις εφαρμόστε την δεύτερη στρώση όταν η πρώτη στρώση είναι ακόμη νωπή.

7.5.2. Μορφή ξηρής σκόνης (μόνο για οριζόντιες επιφάνειες)

Η προδιαγραμμένη ποσότητα PENETRON® διανέμεται σε μορφή σκόνης με κόσκινο και εξομαλύνεται στο φρέσκο-τοποθετημένο σκυρόδεμα μόλις αυτό αποκτήσει τις πρώιμες αντοχές του.

7.6. Μετεπεξεργασία

Οι εφαρμοσμένες περιοχές θα πρέπει να διατηρούνται νωπές για μια περίοδο πέντε ημερών και θα πρέπει να προστατεύονται από τον ήλιο, τον αέρα και τον πάγο, καλύπτοντας με φύλλο πολυαιθυλενίου, νωπή λινάτσα ή παρόμοια.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Μην εφαρμόζετε το PENETRON® σε θερμοκρασίες παγετού. Το PENETRON® δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρόσμικτο στο σκυρόδεμα ή σε σοβάδες. (Το PENETRON ADMIX® θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για αυτές τις εφαρμογές).

8. Οδηγίες εφαρμογής – PENETRON® PLUS

8.1. Περιγραφή

Το PENETRON® PLUS είναι μια μοναδική κρυσταλλική χημική επεξεργασία για την στεγανοποίηση και προστασία του σκυροδέματος. Το PENETRON® PLUS έχει σχεδιαστεί ειδικά για εφαρμογές επιφανειακής διασποράς εν ξηρώ σε οριζόντιες επιφάνειες από σκυρόδεμα όπου απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή σε κρούση και τριβή. Συσκευασμένο σε μορφή ξηρής σκόνης, το PENETRON® PLUS αποτελείται από τσιμέντο Portland, διάφορα ενεργά χημικά, και έναν συνθετικό σκληρυντή που έχει θρυμματιστεί σε κόκκους κατάλληλους για δάπεδα από σκυρόδεμα. Το PENETRON® PLUS ενσωματώνεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος εξαλείφοντας έτσι προβλήματα που σχετίζονται συνήθως με τις επικαλύψεις (π.χ. αποκόλληση, απελευθέρωση σκόνης, απολέπιση). Τα ενεργά χημικά αντιδρούν με την υγρασία του φρέσκου σκυροδέματος προκαλώντας μια καταλυτική αντίδραση, η οποία παράγει έναν αδιάλυτο κρυσταλλικό σχηματισμό μέσα στους πόρους και στις τριχοειδείς ταινίες του σκυροδέματος.

8.2. Κάλυψη

Υπό κανονικές συνθήκες, το ποσοστό κάλυψης του PENETRON® PLUS είναι 0,6 kg/m^2 (1 lb/yd^2), ανάλογα με τον βαθμό αντοχής σε τριβή που απαιτείται.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Υπό συνθήκες πολύ έντονης κυκλοφορίας ή όπου απαιτείται ακόμη μεγαλύτερη αντοχή σε τριβή, συμβουλευτείτε έναν Τεχνικό Αντιπρόσωπο της PENETRON (PENETRON HELLAS) για την σύσταση τεχνικών λύσεων που ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις σας.

8.3. Διαδικασίες εφαρμογής

1. Τοποθετείται το φρέσκο σκυρόδεμα, στερεοποιείται και επιπεδώνεται.
2. Περιμένετε μέχρι να μπορεί να πατηθεί το σκυρόδεμα αφήνοντας αποτύπωμα βάθους κατά μέγιστο 6-9 mm (1/4'' - 1-3''). Το σκυρόδεμα δεν θα πρέπει να φέρει επιφανειακά νερό και θα πρέπει να μπορεί να δεχθεί το βάρος της μηχανής επιφανειακής λείανσης («ελικόπτερου»). Έπειτα εξομαλύνετε την επιφάνεια.
3. Αμέσως μετά την εξομάλυνση της επιφάνειας, εφαρμόστε το μισό του ξηρού υλικού με το χέρι ή με μηχανικό διασπορέα. Το ξηρό υλικό θα πρέπει να διασπείρετε ομοιόμορφα.
4. Μόλις το ξηρό υλικό απορροφήσει την υγρασία από την πλάκα, θα πρέπει να «ελικοπτερωθεί» η επιφάνεια.
5. Αμέσως μετά την «ελικοπτέρωση», εφαρμόστε το υπόλοιπο ξηρό υλικό σε κάθετη κατεύθυνση από αυτή της πρώτης διασποράς.
6. Επιτρέψτε στο υπόλοιπο ξηρό υλικό να απορροφήσει την υγρασία από την πλάκα και έπειτα «ελικοπτερώστε» το υλικό στην επιφάνεια.
7. Όταν το σκυρόδεμα έχει ωριμάσει επαρκώς, συνεχίστε την «ελικοπτέρωση» μέχρι το επιθυμητό επίπεδο λείανσης.

8.4. Ωρίμανση

Η ωρίμανση είναι σημαντική και θα πρέπει να ξεκινήσει μόλις επιτευχθούν οι τελικές αντοχές αλλά προτού αρχίσει να στεγνώνει η επιφάνεια. Οι συμβατικές διαδικασίες συντήρησης με υγρασία όπως ο ψεκασμός με νερό, η βρεγμένη λινάτσα ή τα πλαστικά καλύμματα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Η συντήρηση θα πρέπει να συνεχιστεί για τουλάχιστον 48 ώρες. Για θερμές, ξηρές και με ηλιοφάνεια συνθήκες συμβουλευτείτε έναν Τεχνικό Αντιπρόσωπο της PENETRON (PENETRON HELLAS) για συγκεκριμένες οδηγίες. Αντί της ωρίμανσης με υγρασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σφραγιστικά σκυροδέματος και αντιεξατμιστικά υγρά που να συμφωνούν με το Πρότυπο ASTM C-309.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Είναι συνηθισμένο οι άκρες του τοιχίου της πλάκας να ωριμάζουν νωρίτερα από το κύριο σώμα του σκυροδέματος. Αυτές οι περιοχές θα πρέπει να διασπαρθούν πρώτα με PENETRON® PLUS και να επεξεργαστούν με σπάτουλες χειρός πριν την επεξεργασία της κύριας μάζας της πλάκας σκυροδέματος.

Για καλύτερα αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται υλικά με διασπορά εν ξηρώ, η περιεκτικότητα του αέρα του σκυροδέματος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 3% (μια υψηλή περιεκτικότητα αέρα μπορεί να δυσκολέψει την επίτευξη της σωστής εφαρμογής). Εάν προδιαγράφεται υψηλή περιεκτικότητα αέρα (π.χ. για σκυρόδεμα που θα εκτεθεί σε πήξη/τήξη), επικοινωνήστε με το Τεχνικό Τμήμα της PENETRON (PENETRON HELLAS) για περαιτέρω πληροφορίες εφαρμογής.

Σε ζεστές, ξηρές ή συνθήκες με αέρα, συνιστάται η χρήση επιβραδυντή εξάτμισης στην επιφάνεια του φρέσκου σκυροδέματος για να αποφευχθεί η πρώιμη ξήρανση της πλάκας. Αρμοί διαστολής, εργασίας και κατασκευαστικοί θα πρέπει να σφραγίζονται με κατάλληλο ελαστομερές υλικό.

Για συγκεκριμένες συνθέσεις σκυροδέματος συνιστούμε να δημιουργηθούν επιφάνειες δοκιμής, έτσι ώστε να εκτιμηθούν οι λεπτομέρειες επιφανειακής λείανσης. (Για παράδειγμα, υψηλής ποιότητας σκυρόδεμα με χαμηλό λόγο νερού/τσιμέντου, τα αερακτικά, οι υπερπλαστικοποιητές ή η πυριτική παιπάλη μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση της εφίδρωσης (ανέβασμα νερού στην επιφάνεια της πλάκας) δυσκολεύοντας έτσι την απορρόφηση υγρασίας από το PENETRON® PLUS και επομένως την επεξεργασία με «ελικόπτερο».

8.5. Τεχνικές υπηρεσίες

Για περισσότερες οδηγίες, εναλλακτικές μεθόδους εφαρμογής, ή πληροφορίες που να αφορούν την συμβατότητα των προϊόντων PENETRON®με άλλα προϊόντα ή τεχνολογίες, επικοινωνήστε με το Τεχνικό Τμήμα της PENETRON INTERNATIONAL Ltd. ή τον τοπικό σας Συνεργάτη PENETRON (PENETRON HELLAS).

9. Επικοινωνία και Όροι Χρήσης

Οι κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής των προϊόντων PENETRON® βρίσκονται στις εγκαταστάσεις της PENETRON INTERNATIONAL Ltd., με έδρα 45 Research Way, Suite 203, East Setauket, NY 11733, USA.

Τα προϊόντα PENETRON® διανέμονται και εφαρμόζονται μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου θυγατρικών εταιριών, εξουσιοδοτημένων διανομέων και εκπαιδευμένων εφαρμοστών. Παρακαλούμε όπως επικοινωνήσετε για τεχνική βοήθεια και υποστήριξη με ένα συνεργάτη της PENETRON πριν την χρήση και εφαρμογή των προϊόντων PENETRON®.

Όλες οι αναφορές δοκιμών που αναφέρονται σε αυτό το έγγραφο είναι διαθέσιμες κατά απαίτηση από την PENETRON INTERNATION Ltd.

Για την περιοχή των Βαλκανίων και της Κύπρου, επικοινωνήστε με την εταιρεία PENETRON HELLAS, θυγατρική της PENETRON INTERNATIONAL Ltd.

PENETRON HELLAS
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΩΝ 50
136 79 ΑΧΑΡΝΕΣ
ΤΗΛ: 210 2448250 - FAX: 210 2476803
www.penetron.gr - info@penetron.gr