



ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΣΤΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η ΠΑΡΑΛΕΙΨΗ ΤΟΥ, ΟΤΑΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ, ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΕΙ ΣΟΒΑΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ, ΕΝΩ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ, ΟΤΑΝ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ, ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΖΕΙ ΧΩΡΙΣ ΛΟΓΟ ΤΗΝ "ΑΝΑΠΝΟΗ" ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Ως φράγμα υδρατμών σε ένα δομικό στοιχείο ορίζεται η στρώση κάθε υλικού που παρουσιάζει υψηλή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών και πρακτικά παρεμποδίζει τη διέλευσή τους μέσα από τους πόρους της μάζας του. Τέτοια υλικά συναντώνται συχνά στα δομικά στοιχεία των κτιριακών κατασκευών και η παρουσία τους μπορεί να οφείλεται:

- είτε στην επί τούτου τοποθέτησή τους για την αποφυγή συμπίκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών μεταξύ των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου
- είτε στο γεγονός ότι εξ ανάγκης υπάρχουν, προκειμένου να εξυπηρετούν κάποιον συγκεκριμένο σκοπό (π.χ. τη στεγανοποιητική προστασία ενός δώματος) και επομένως εκ της φύσεώς τους παρεμποδίζουν τη διέλευση των υδρατμών, προβάλλοντας υψηλή αντίσταση σ' αυτήν
- είτε στην ανάγκη να αντιμετωπισθούν τα προβλήματα που δημιουργούν άλλες τέτοιες αδιαπέραστες στρώσεις που βρίσκονται στη διατομή και λειτουργούν ως φράγματα υδρατμών (δηλαδή όπως αυτά της προηγούμενης περίπτωσης).

Έτσι, άλλοτε λειτουργούν **επιβαρυντικά** για τη διατομή παρά το γεγονός

ΔΙΑΧΥΣΗ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

● Μόρια υδρατμών

○ Μόρια αέρα

Όταν μεταξύ δύο χώρων που διαχωρίζονται από ένα υδρατμοδιαπερατό δομικό στοιχείο επικρατούν διαφορετικές συγκεντρώσεις υδρατμών, οι υδρατμοί από τον χώρο με τη μεγαλύτερη συκέντρωση τείνουν μέσω του υδρατμοδιαπερατού στοιχείου να μεταβούν στο χώρο με τη μικρότερη συκέντρωση, προκειμένου οι συγκεντρώσεις τους να εξισωθούν. Τότε προς την αντίθετη κατεύθυνση κινούνται τα μόρια του αέρα, προκειμένου να καταλάβουν τον χώρο που άφησαν οι υδρατμοί και να εξισωθούν και αυτόν οι συγκεντρώσεις. Το άθροισμα των πιέσεων που ασκούν οι υδρατμοί και τα μόρια του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ανά πάσα στιγμή είναι ίσο.

Πηγή: Δ. Αραβαντιός.

$P_{ολ} = P_{u,1} + P_{a,1}$

$P_{ολ} = P_{u,2} + P_{a,2}$

$P_{ολ}$ = συνολική πίεση αέρα και υδρατμών
 P_u = επί μέρους πίεση υδρατμών
 P_a = επί μέρους πίεση αέρα

ότι ενδεχομένως εξυπηρετούν κάποια άλλη λειτουργία της και γι' αυτό η παρουσία τους είναι απαραίτητη και άλλοτε έχουν **ευεργετικό** χαρακτήρα, διότι προσπαθούν να παρεμποδίσουν την εκδήλωση υγρασίας που οφείλεται στη συμπίκνωση των διαχεόμενων υδρατμών ή να αντιμετωπίσουν τον επιβαρυντικό ρόλο άλλων στρώσεων.

Αυτή η συμπεριφορά του φράγματος υδρατμών μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτή, αν γίνει κατανοητό το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών και του ενδεχομένου συμπίκνωσής τους στο εσωτερικό ενός δομικού στοιχείου.

Η διάχυση των υδρατμών

Οι υδρατμοί έχουν την τάση να διαχέονται μέσω των πόρων ενός δομικού στοιχείου που διαχωρίζει δύο χώρους, στους οποίους οι συγκεντρώσεις τους είναι διαφορετικές και άρα και οι ασκούμενες πιέσεις στις δύο όψεις του υδρατμοδιαπερατού δομικού στοιχείου είναι διαφορετικές. Τότε οι υδρατμοί τείνουν να μεταβούν από τον χώρο με τη μεγαλύτερη συκέντρωση (δηλαδή από τον χώρο, στον οποίο ασκούν τη μεγαλύτερη πίεση) προς τον χώρο με τη μικρότερη συκέντρωση (και άρα με τη μικρότερη πίεση) με στόχο να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις υδρατμών στους δύο χώρους (και άρα και οι ασκούμενες πιέσεις τους).

Αυτή η διαδικασία εξελίσσεται με σχετικά αργούς ρυθμούς και γι' αυτό στην πραγματικότητα η εξίσωση των συγκεντρώσεων πολύ δύσκολα επιτυγχάνεται, διότι προϊόντος του χρόνου οι συνθήκες στους χώρους εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου συνεχώς διαφοροποιούνται (αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, παραγωγή υδρατμών από πλήθος διαφορετικών πηγών, συμπίκνωσή τους

κτλ.). Πρόκειται δηλαδή για ένα δυναμικό φαινόμενο, τα δεδομένα του οποίου διαρκώς μεταβάλλονται.

Ταυτοχρόνως όμως, προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή την αντίθετη προς αυτήν που μετακινούνται οι υδρατμοί, μετακινούνται μέσω των στρώσεων του δομικού στοιχείου μόρια του αέρα, που τείνουν να καταλάβουν τον χώρο που άφησαν οι υδρατμοί και, ομοίως, να εξισώσουν και αυτά τις συγκεντρώσεις τους εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου, ούτως ώστε το άθροισμα των ασκούμενων πιέσεων από τους υδρατμούς και τα μόρια του αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου ανά πάσα στιγμή να παραμένει σταθερό.

Αυτή η διάχυση των υδρατμών πραγματοποιείται μέσω του αέρα των πόρων του δομικού στοιχείου που τους συγκρατεί. Όμως η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας στη μονάδα του όγκου του εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει. Αντιθέτως, όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, τόσο μικρότερη είναι και η ποσότητα των υδρατμών που συγκρατεί.

Οι υδρατμοί στην πορεία τους μέσω των πόρων ενός δομικού στοιχείου συναντούν διαφορετικές θερμοκρασίες, ιδίως όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Τότε, αν οι διαχεόμενοι υδρατμοί συναντήσουν σε χαμηλή θερμοκρασία μία στρώση, της οποίας ο αέρας των πόρων αδυνατεί να συγκρατήσει το σύνολο των διαχεόμενων υδρατμών και φθάσει σε κατάσταση κορεσμού, η περίσσεια υδρατμών που αδυνατεί να συγκρατηθεί από τον αέρα μεταπίπτει από την αέρια στην υγρή φάση, δηλαδή υγροποιείται, και οι υδρατμοί μετατρέπονται σε σταγονίδια, που επικάθονται στα τοιχώματα των

πόρων των ψυχρών στρώσεων του δομικού στοιχείου. Κοινώς, σ' εκείνη τη θέση εμφανίζεται υγρασία· μια υγρασία, που, ωστόσο, δεν είναι εμφανής, καθώς βρίσκεται στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου και δεν φθάνει να εκδηλωθεί έως την επιφάνειά του.

- Αν μάλιστα σ' εκείνη τη θέση οι υδρατμοί συναντήσουν κάποια αδιαπέραστη στρώση, ένα φράγμα υδρατμών, η υγροποίησή τους είναι εντονότερη. Εκεί συσσωρεύεται πλέον υγρασία από τους υγροποιημένους υδρατμούς, που αδυνατεί να απομακρυνθεί και προσβάλλει τις στρώσεις του δομικού στοιχείου.
- Αντιθέτως, αν οι υδρατμοί συναντήσουν την αδιαπέραστη στρώση σε θέση στην οποία ακόμη διατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες στη διατομή και ο αέρας των πόρων μπορεί να συγκρατήσει το σύνολο των υδρατμών που θα συσσωρευθούν εκεί, χωρίς να επέλθει κατάσταση κορεσμού, οι υδρατμοί θα παραμείνουν στην αέρια φάση τους, χωρίς να δημιουργήσουν κάποιο πρόβλημα στο δομικό στοιχείο.

Συμπύκνωση και εξάτμιση

Η διάρκεια εκδήλωσης του φαινομένου εξαρτάται κυρίως από τις κρατούσες μικροκλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία και σχετική υγρασία) εκατέρωθεν της διατομής, δηλαδή στον εσωτερικό χώρο και στο εξωτερικό περιβάλλον. Όταν αλλάξουν οι μικροκλιματικές συνθήκες και εκλείψουν πλέον οι λόγοι που προκάλεσαν την εκδήλωση του φαινομένου, δηλαδή όταν δεν θα υπάρχει ουσιαστική διαφορά στις συγκεντρώσεις υδρατμών εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου, παύει και η εκδήλωση του φαινομένου –ή, ορθότερα, παύουν να διαχέονται υδρατμοί από τον έναν χώρο στον άλλο μέσω του δομικού στοιχείου.

Τότε, όταν γίνει υψηλότερη η θερμοκρασία στον αέρα των πόρων, το νερό που δημιουργήθηκε στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου από τη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών αρχίζει να εξατμίζεται και να μετατρέπεται και πάλι σε υδρατμούς, δηλαδή μεταπίπτει αυτήν τη φορά από την υγρή στην αέρια φάση του. Τότε όμως σ' εκείνη τη θέση η συγκέντρωση των υδρατμών είναι υψηλότερη από αυτήν στο εξωτερικό περιβάλλον εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου. Αρχίζει τότε μια αντίστροφη πορεία των υδρατμών που κατευθύνονται πλέον από το εσωτερικό του δομικού στοιχείου προς τις δύο όψεις του και με ρυθμό που καθορίζεται από τις επικρατούσες μικροκλιματικές συνθήκες και τα θερμοφυσικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στρώσεων.

Ο στόχος είναι η υγρασία που συσσωρεύτηκε στις χαμηλές θερμοκρασίες της ψυχρής περιόδου να μπορέσει να εξατμισθεί σε όλη την υπόλοιπη διάρκεια του έτους και να μην υπάρξει ποσότητα που θα παραμείνει εκεί.

Στην Ελλάδα για τα κλιματικά δεδομένα και των 4 κλιματικών ζωνών που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. αυτός ο στόχος είναι πάντοτε εφικτός. Και αυτό διότι η περίοδος ενδεχόμενης συμπύκνωσης των υδρατμών ακόμη και στις ψυχρότερες περιοχές της Δ' κλιματικής ζώνης σπανίως φθάνει σωρευτικά τους έναν με δύο μήνες, ενώ η περίοδος εξάτμισης είναι όλη η υπόλοιπη διάρκεια του χρόνου. Γι' αυτό και η ποσότητα που δυνητικά μπορεί να εξατμισθεί σε όλων των ειδών τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιίες, δάπεδα, οροφές, στέγες) είναι πολλαπλάσια της ποσότητας που ενδέχεται να συμπυκνωθεί. Για παράδειγμα:

- Στην ψυχρότερη κλιματική ζώνη Δ' η αναλογία της συμπυκνούμενης προς τη δυνητικά εξατμιζόμενη ποσότητα υδρατμών φθάνει περίπου το 1:20.
- Στη θερμότερη κλιματική ζώνη Α' αυτή η αναλογία φθάνει και υπερβαίνει το 1:100, δηλαδή μπορεί δυνητικά να εξατμισθεί



εκατονταπλάσια ποσότητα υδρατμών από αυτήν που ενδέχεται να συμπυκνωθεί.

Αντιθέτως, σε πολλές χώρες του βορρά, με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες, υπάρχει ο κίνδυνος η συμπυκνούμενη ποσότητα να είναι ακόμη και μεγαλύτερη της δυνάμενης να εξατμισθεί, οπότε υπάρχει κίνδυνος η υγρασία από τη συμπυκνούμενη ποσότητα υδρατμών να βαίνει σταδιακά αυξανόμενη με την πάροδο του χρόνου.

Οι επιπτώσεις από την υγροποίηση των διαχεόμενων υδρατμών

Μ' αυτά τα δεδομένα θα μπορούσε να εκτιμηθεί ότι το φαινόμενο στον ελλαδικό χώρο δεν είναι άξιο προσοχής και ότι δεν υπάρχει σοβαρός λόγος λήψης μέτρων για την αποφυγή του. Όμως αυτή η προσέγγιση είναι εσφαλμένη, διότι αυτή η "κρυμμένη" υγρασία μέσα στο δομικό στοιχείο για όσο διάστημα διαρκεί το φαινόμενο –όπως άλλωστε και κάθε άλλη μορφή υγρασίας σε μια κατασκευή– είναι ανεπιθύμητη, καθώς αποτελεί την αιτία πρόκλησης σειράς προβλημάτων. Μπορεί μιν η υγρασία να μην είναι εμφανής και συνεπώς να μην ενοχλεί αισθητικά, ωστόσο οι επιπτώσεις της είναι σοβαρές και δημιουργούν σειρά προβλημάτων στις κατασκευές. Συγκεκριμένα:

- Η διαρκής και επάλληλη μετάπτωση των υλικών του δομικού στοιχείου από τη στεγνή στην υγρή κατάσταση και αντιστρόφως εξασθενίζει τις δυνάμεις συνοχής τους, καθώς η διύγρωση αναπτύσσει διασταλτικές τάσεις και το στέγνωμα συσταλτικές.

1. Το φύλλο νάιλον σε μια στέγη θα πρέπει να τοποθετηθεί ως φράγμα υδρατμών κάτω από τη θερμομονωτική στρώση και μόνο εφόσον κριθεί απαραίτητο, όπως, για παράδειγμα, αν σε ανώτερη θέση της θερμομονωτικής στρώσης υπάρχει προστατευτική στρώση στεγανοποίησης, που είναι αδιαπέραστη από τους υδρατμούς.



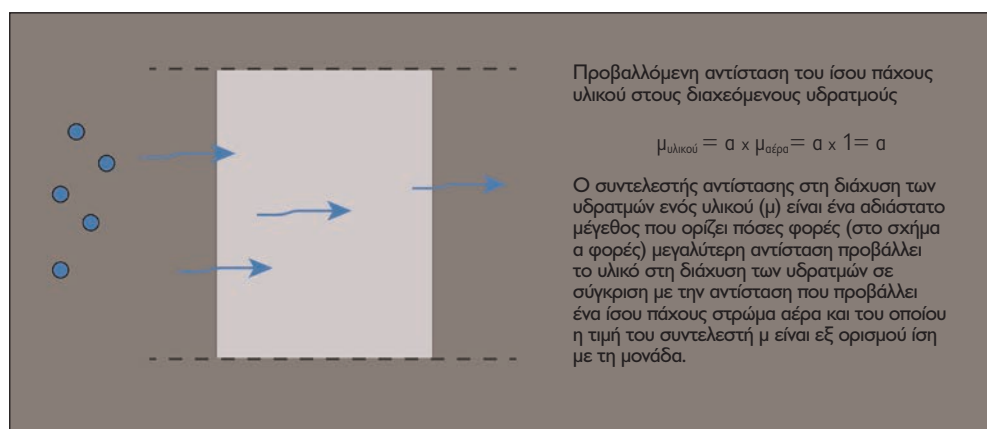
2.
Τα ασφαλτόπανα σε ένα δώμα λειτουργούν ως φράγματα υδρατμών λόγω της υψηλής τιμής που έχει σ' αυτά ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών. Βρίσκονται όμως στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου και γι' αυτό, αν οι διαχεόμενοι υδρατμοί φθάσουν μέχρι αυτά, θα συμπυκνωθούν. Είναι γι' αυτό απαραίτητο να τοποθετηθεί στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου (από την κάτω πλευρά του θερμομονωτικού υλικού) μία άλλη στρώση με υλικό που θα παρουσιάζει εξίσου υψηλή τιμή ή και ακόμη υψηλότερη του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών και θα λειτουργεί επίσης ως φράγμα υδρατμών.

- Επιπροσθέτως, αν τα εμποτισμένα με υγρασία υλικά βρεθούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του μηδενός, το νερό μεταπίπτει από την υγρή στη στερεά κατάσταση, δηλαδή μετατρέπεται σε πάγο και καθώς ο πάγος αυξάνει τον αρχικό όγκο του νερού κατά το ένα δέκατο, το παγωμένο νερό μέσα στα τριχοειδή αγγεία, αναζητώντας χώρο για να εκτονωθεί, διαρρηγνύει τον συνδετικό ιστό και το υλικό αρχίζει να αποσπώνεται και κονιοποιείται. Όσο συχνότερα συμβαίνει το φαινόμενο, τόσο ταχύτερα επέρχεται η καταστροφή του.
- Στα θερμομονωτικά υλικά ο εμποτισμός τους με νερό ακυρώνει τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες, διότι στη θέση του αέρα των πόρων του (που είναι ακριβώς αυτός που προσδίδει σ' αυτά τις θερμομονωτικές ιδιότητες) συσσωρεύεται νερό. Αλλά το νερό έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας περίπου 24 φορές μεγαλύτερη αυτής του αέρα. Επομένως, η ροή θερμότητας μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 24 φορές περισσότερο σε ένα πλήρως προσβεβλημένο υλικό από υγρασία έναντι ενός απρόσβλητου.
- Αν μάλιστα το νερό μετατραπεί σε πάγο, αυτές οι απώλειες θερμότητας είναι πολύ μεγαλύτερες, διότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του πάγου είναι περίπου 92 φορές μεγαλύτερος αυτού του αέρα.
- Μεγαλύτερα προβλήματα δημιουργούνται όταν η περιοχή, στην οποία συμπυκνώθηκαν οι υδρατμοί, εκτεθεί σε ύστερο χρόνο σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. ένα στεγανοποιημένο δώμα με ασφαλτόπανα, κάτω από τα οποία έχουν

συμπυκνωθεί υδρατμοί και τα οποία την επόμενη ημέρα θα τα δει ο ήλιος). Τότε το νερό της συμπύκνωσης θα εξατμισθεί και θα μεταπέσει και πάλι σε υδρατμούς. Όμως το νερό που εξατμίζεται αυξάνει τον όγκο του περίπου κατά 1.500 φορές. Θα αναπτυχθούν τότε πολύ υψηλές πιέσεις κάτω από τα ασφαλτόπανα, που θα θέλουν να εκτονωθούν. Αν το φαινόμενο επαναλαμβάνεται, κάποια στιγμή το ασφαλτόπανο θα ρηγματωθεί και κατόπιν από εκεί θα διεισδύουν και τα νερά της βροχής, επιδεινώνοντας ακόμη περισσότερο την κατάσταση.

Αν και αυτή η υγρασία δεν είναι ορατή, υπάρχει η δυνατότητα να υπολογισθεί μέσω διαφόρων υπολογιστικών μεθόδων που βασίζονται σχεδόν όλες στη μέθοδο Glaser (από το όνομα του Γερμανού επιστήμονα που πρώτος την επινόησε) και με τη λήψη κατάλληλων μέτρων η εκδήλωσή της να αποφευχθεί. Με τη συγκεκριμένη υπολογιστική μεθοδολογία μπορεί να ελεγχθεί το ενδεχόμενο συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών στο εσωτερικό των στρώσεων του δομικού στοιχείου, όταν είναι γνωστές οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν εκατέρωθεν των όψεών του, να προσδιοριστεί η θέση συμπύκνωσης των υδρατμών στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, η ποσότητα των υδροποιούμενων υδρατμών και να εκτιμηθεί η χρονική διάρκεια εκδήλωσης του φαινομένου.

Προϋποθέσεις για την υπολογιστική διαδικασία είναι να είναι γνωστά τα γεωμετρικά και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών των διαδοχικών στρώσεων του δομικού στοιχείου και τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος χώρου.



Πηγή: Δ. Αραβαντινός

Ειδικότερα είναι απαραίτητα:

- οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος εκατέρωθεν του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου (συνήθως εσωτερικού και εξωτερικού χώρου),
- το πάχος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης και
- ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών επίσης του υλικού της κάθε στρώσης.

Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών

Αυτό το τελευταίο μέγεθος, ο **συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών**, είναι ιδιαίτερος σημαντικό χαρακτηριστικό στοιχείο του υλικού και ορίζει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η αντίσταση που προβάλλει ένα υλικό στη διάχυση των υδρατμών συγκριτικά με ένα ίσου πάχους στρώμα αέρα και ίδιας θερμοκρασίας, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

Συμβολίζεται διεθνώς με το πεζό ελληνικό γράμμα μ , είναι αδιάστατο μέγεθος και αποτελεί ίδιο χαρακτηριστικό του κάθε υλικού, όπως ίδιο χαρακτηριστικό αποτελεί και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) του υλικού.

- Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών (μ), τόσο πιο εύκολα μπορούν να διέλθουν μέσω του υλικού οι διαχεόμενοι υδρατμοί, ενώ
- όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο περισσότερο

δυσχεραίνεται (ή παρεμποδίζεται) η πορεία τους μέσω του υλικού.

Το εύρος τιμών αυτού του συντελεστή είναι πολύ μεγάλο και ενδεικτικά οι τιμές του συντελεστή μ των πλέον συνηθισμένων οικοδομικών υλικών σύμφωνα και με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 που συνοδεύει τον Κ.Εν.Α.Κ. εμφανίζονται στον πίνακα των επόμενων σελίδων.

Για παράδειγμα, βάσει και αυτού του πίνακα:

- Οι διάφοροι τύποι ορυκτοβάμβακα (πετροβάμβακα, υαλοβάμβακα, υαλόμαλλο) έχουν τιμή $\mu = 1,0$ έως $2,0$. Αυτό σημαίνει ότι η προβαλλόμενη αντίσταση στους διαχεόμενους υδρατμούς είναι περίπου ίδια μ' αυτήν που προβάλλει ο αέρας, Άρα οι υδρατμοί πρακτικά διέρχονται ανεμπόδιστα από αυτά τα υλικά.
- Οι διάφοροι τύποι οπτοπλίνθων (συμπαγή τούβλα, τούβλα με οριζόντιες ή κατακόρυφες οπές) παρουσιάζουν τιμή $\mu = 5$ έως 25 . Ομοίως, αυτές οι τιμές θεωρούνται πρακτικά αμελητέες.
- Οι διάφοροι τύποι σκυροδέματος έχουν τιμή $\mu = 80$ έως 130 . Είναι μεγαλύτερη αυτής των οπτοπλίνθων, αλλά και πάλι θεωρείται πρακτικά πολύ μικρή.
- Η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει τιμή $\mu = 25$ έως 100 περίπου, ενώ η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά από την εξηλασμένη. Και τα δύο αυτά αφρώδη υλικά συγκριτικά με τους ορυκτοβάμβακες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη αντίσταση.

3. Σχισμή σε ασφαλτόπανο, που προέκυψε όταν το νερό που είχε δημιουργηθεί από τη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών κάτω από αυτό μετατράπηκε και πάλι σε υδρατμούς λόγω υπερθέρμανσης την επόμενη ημέρα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να ασκηθούν υψηλές πιέσεις στην προσπάθεια των παραγόμενων υδρατμών να εκτονωθούν.

Πηγή: Ελεύθερο από το Διαδίκτυο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ
ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΞΗΡΗ ΚΑΙ ΥΓΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΟΝ Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Δομικά υλικά	Συντελεστής μ	
	Ξηρό υλικό	Υγρό υλικό
Ασβεστοκονίαμα	15	
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	25 - 35	
Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	25 - 35	
Γυψοκονίαμα	10	6
Συνθετικό κονίαμα (οργανικό κονίαμα)	80 - 250	
Άοπλο σκυρόδεμα ή ελαφρώς οπλισμένο	100 - 130	60 - 80
Οπλισμένο σκυρόδεμα	130	80
Γαρμπιλόδεμα, γαρμπιλοσκυρόδεμα	20 - 35	
Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	5 - 20	
Κυψελωτό σκυρόδεμα, σκληρυμένο με αφρό	3 - 6	
Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμεικτα αδρανή	10 - 25	
Ιζηματογενή πετρώματα (σκληρά)	250	200
Ιζηματογενή πετρώματα (μαλακά)	30	20
Μάρμαρο, μαρμαρόπλακα	10.000	10.000
Γρανίτης, βασάλτης, γνεύσιος (σε πλάκες)	10.000	10.000
Σχιστολιθικές πλάκες	1.000	800
Ασβεστόλιθος (σκληρός)	250	200
Ασβεστόλιθος (πορώδης, μαλακός)	30 - 40	20 - 25
Ελαφρόπετρα, κισηρόπετρα, θηραϊκή γη	8 - 20	6 - 15
Γυψοσανίδες	10	4
Τσιμεντοσανίδες	20 - 30	12 - 20
Ινοπλισμένες τσιμεντόπλακες	60	
Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμμο)	8 - 25	
Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι	3 - 10	
Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	10 - 25	
Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	5 - 10	
Οξύμαχος οπτόπλινθοι	100	
Κατεργασμένη και ακατέργαστη Ξυλεία	50 - 200	20 - 50
Μοριοσανίδες	50	10 - 20
Αντικολλητά φύλλα Ξυλείας (κόντρα πλακέ)	150 - 250	50 - 110
Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου (MDF)	5 - 30	3 - 20
Γυαλί, υαλοπίνακας	∞	∞
Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	∞	∞

Σημειώνεται ότι αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές και στην αγορά μπορεί κάποιος να συναντήσει υλικά με μικρές αποκλίσεις προς τα άνω ή προς τα κάτω σε σχέση με τις τιμές του πίνακα, αρκεί βεβαίως να είναι πιστοποιημένες κατά CE.

συγκριτικά όμως με άλλα υλικά (όπως με τα επόμενα) η αντίστασή τους δεν θεωρείται ουσιαστική.

Αντιθέτως:

- Μια σχιστολιθική πλάκα έχει τιμή $\mu = 1.000$ και ενδεχομένως περισσότερο.
- Μία πλάκα μαρμάρου εμφανίζεται με $\mu = 10.000$ και ενίοτε μεγαλύτερο. Αυτό σημαίνει ότι από μια ορθομαρμάρωση πολύ δύσκολα θα διέλθουν οι υδρατμοί –πρακτικά δεν θα διέλθουν καθόλου– δηλαδή ουσιαστικά θα διακόψουν την πορεία τους πίσω από τη μαρμαρόπλακα.
- Τα διαφόρων τύπων ασφαλόπανα (με ψηφίδα ή χωρίς ψηφίδα, ελαστομερή ή πλαστομερή) έχουν $\mu = 40.000$ με

50.000 και θεωρούνται πρακτικά αδιαπέραστα.

- Ένα φύλλο πολυαιθυλενίου (φύλλο νάιλον) έχει $\mu = 100.000$ και ένα φύλλο αλουμινίου έχει $\mu = \infty$. Ομοίως, και το γυαλί έχει $\mu = \infty$. Αυτά τα υλικά είναι αδιαπέραστα από τους υδρατμούς.

Η παρουσία μιας στρώσης από τα υλικά αυτών των τελευταίων ομάδων, που παρουσιάζουν τιμή του συντελεστή μ πολύ υψηλή, ουσιαστικά λειτουργεί ως **φράγμα υδρατμών**, καθώς παρεμποδίζει την πορεία τους μέσω του δομικού στοιχείου. Πίσω από αυτήν τη στρώση θα παρατηρηθεί συσσώρευση των διαχεόμενων υδρατμών και, αν η θερμοκρασία εκεί βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, ο αέρας των πόρων θα αδυνατεί να συγκρατήσει τους διαχεόμενους

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ
ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΞΗΡΗ ΚΑΙ ΥΓΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΟΝ Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Δομικά υλικά	Συντελεστής μ	
	Ξηρό υλικό	Υγρό υλικό
Σίδηρος, χάλυβας, ανοξείδωτος χάλυβας, λαμαρίνα	∞	∞
Χαλκός, ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδαργύρου)	∞	∞
Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου, φύλλο αλουμινίου	∞	∞
Μόλυβδος	∞	∞
Ψευδάργυρος	∞	∞
Λινέλαιο	1.000	800
Υπόστρωμα από κυτταρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	10.000	10.000
Υπόστρωμα από λινάτσα, τσόχα, πύλημα	20	15
Υπόστρωμα φελλού	20	10
Πλακίδια φελλού	10 - 40	20
Υαλοϋφασμα, υαλόνημα, γεωύφασμα	2,0	1,5 - 2,0
Φυσικό καουτσούκ	10.000	10.000
Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	10.000	10.000
Σκληρυμμένο καουτσούκ	∞	∞
Μονομερές αιθυλένιο-προπυλένιο-διένιο (EPDM)	6.000	6.000
Καθαρή άσφαλτός, επίστρωση χυτής ασφάλτου	50.000	50.000
Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	50.000	50.000
Πλακίδια επίστρωσης τοίχου ή δαπέδου (χωρίς εφυάλωση)	250	
Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση, πορσελάνες	∞	∞
Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	10.000	10.000
Φύλλο πολυαιθυλενίου	100.000	100.000
Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	50.000	50.000
Ακρυλικά	10.000	10.000
Ορυκτοβάμβακες (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας)	1,0 - 1,5	1,0
Αφρώδες γυαλί (κυψελωτό γυαλί)	100.000	100.000
Πλάκες Ξυλόμαλλου	2 - 5	
Διογκωμένη πολυστερίνη	25 - 100	
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	80 - 250	
Πολυουρεθάνη	50 - 100	
Πλάκες πεπιεσμένου άχυρου	2,0 - 5,0	1,5
Μαλλί προβάτου	1,5 - 3,0	1,3 - 2,5
Αέρας	1	1
Ευγενή αέρια (αργό, κρυπτό, ξένο)	1	1

Σημειώνεται ότι αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές και στην αγορά μπορεί κάποιος να συναντήσει υλικά με μικρές αποκλίσεις προς τα άνω ή προς τα κάτω σε σχέση με τις τιμές του πίνακα, αρκεί βεβαίως να είναι πιστοποιημένες κατά CE.

υδρατμούς που θα φθάσουν έως εκεί και τότε η περίσσειά τους θα μεταπέσει από την αέρια στην υγρή φάση, δηλαδή θα μετατραπούν σε σταγονίδια.

Η θέση του φράγματος υδρατμών

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα το επιθυμητό είναι αυτές οι στρώσεις, που λειτουργούν ως φράγματα υδρατμών, να μην υπάρχουν σε κανένα δομικό στοιχείο και οι υδρατμοί που διαχέονται από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον να μπορούν να εκτονώνονται ελεύθερα σ' αυτό, χωρίς να συναντούν εμπόδιο, δηλαδή το δομικό στοιχείο, όπως

συνήθως λέμε, να μπορεί να "αναπνέει" ελεύθερα.

Όμως στα δομικά στοιχεία συχνά η παρουσία τέτοιων στρώσεων είναι αναπόφευκτη, διότι εξυπηρετεί άλλες ανάγκες.

Για παράδειγμα:

- Η παρουσία ενός ασφαλτοπάνου στο δάμα ενός κτιρίου αποσκοπεί στην προστασία του από τη διείσδυση των νερών της βροχής. Λειτουργεί ως στεγανοποιητικό υλικό, αλλά και ως φράγμα υδρατμών για τους διαχεόμενους υδρατμούς από τον εσωτερικό χώρο και η τυχόν αφαίρεσή του από την κατασκευή θα άφηνε απροστάτευτο το δάμα και θα επέτρεπε την προσβολή του από τα νερά της βροχής.
- Σε μια εξωτερική τοικοποιία η ορθομαρμάρωση συμβάλλει



4. Η στεγανοποιητική στρώση ασφαλτοπάνων σε ένα δώμα λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών. Σε ένα συμβατικού τύπου δώμα πρέπει σε θέση κάτω από τη θερμομονωτική στρώση να τοποθετηθεί ένα φράγμα υδρατμών, που θα ανακόψει την πορεία των υδρατμών στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου και δεν θα τους αφήσει να φθάσουν στην ψυχρή περιοχή, που βρίσκεται το ασφαλτόπανο.

στην αισθητική του κτιρίου και ενδεχομένως στην προστασία του έναντι καταπονήσεων από καιρικά φαινόμενα.

Όταν, λοιπόν, η παρουσία μιας τέτοιας στρώσης είναι απαραίτητη για την καλή λειτουργία του δομικού στοιχείου ή για την προστασία του από εξωγενείς παράγοντες και μάλιστα όταν αυτή η στρώση βρίσκεται στην εξωτερική του επιφάνεια ή σε θέση πολύ κοντά προς αυτήν, δηλαδή σε θέση στην οποία κατά τη χειμερινή περίοδο επικρατούν χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, ο στόχος προφανώς δεν είναι να αφαιρεθεί αυτή η στρώση από τη διατομή, αλλά να παρεμποδιστούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί στην πορεία τους μέσω του δομικού στοιχείου να φθάσουν σ' αυτήν την αδιαπέραστη στρώση και να συμπυκνωθούν.

Και αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση μιας άλλης στρώσης υλικού, που παρουσιάζει τιμή του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών (μ) μεγαλύτερη ή τουλάχιστον ίση με αυτήν της αδιαπέραστης στρώσης σε κάποια θέση του δομικού στοιχείου, στην οποία ακόμη επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και άρα ο κίνδυνος συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών σχεδόν μηδενίζεται, διότι στις υψηλές θερμοκρασίες ο αέρας των πόρων μπορεί να συγκρατήσει σχεδόν στο σύνολό τους τους διαχεόμενους υδρατμούς που θα φθάσουν εκεί. Αυτή η στρώση λειτουργεί επίσης ως φράγμα υδρατμών και συνήθως είναι αυτή που την ορίζουμε με την ορολογία του **φράγματος υδρατμών** στη διατομή.

Η θερμή και η ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου

Όμως ποια είναι η θερμή και ποια η ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου; Αυτή καθορίζεται από τη θέση της θερμομονωτικής

στρώσης. Η θερμομονωτική στρώση έχει στόχο:

- αφενός να περιορίσει τις ροές θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά την ψυχρή χειμερινή περίοδο και
- αφετέρου να περιορίσει τις θερμικές προσόδους από το εξωτερικό περιβάλλον προς τους εσωτερικούς χώρους κατά τη θερμή θερινή περίοδο.

Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο σε ένα δομικό στοιχείο παρατηρείται μια πτώση της θερμοκρασίας από τον εσωτερικό προς τον εξωτερικό χώρο:

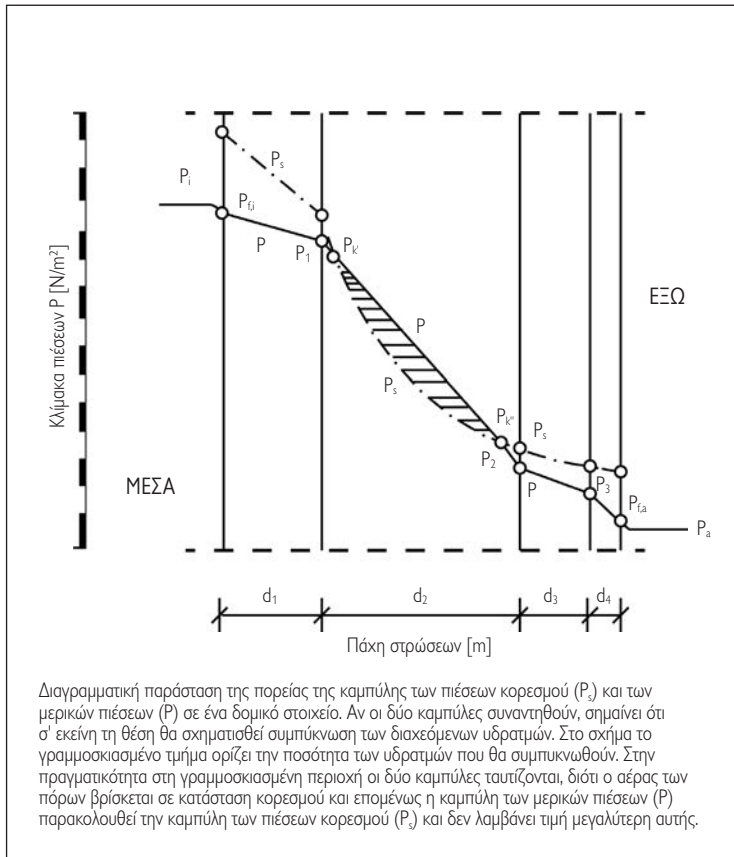
- Αυτή η πτώση είναι ήπια στις στρώσεις από τον εσωτερικό χώρο μέχρι τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης, δηλαδή παρουσιάζεται σταδιακά μικρή πτώση της θερμοκρασίας μέχρι τη θερμομονωτική στρώση, ώστε στην εσωτερική επιφάνεια της θερμομόνωσης (αυτήν που "βλέπει" προς τον εσωτερικό χώρο) η πτώση της να είναι μικρή και να υπολείπεται ελάχιστους βαθμούς από τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου και εξαρτάται από το πλήθος των στρώσεων το πάχος της καθεμιάς και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των υλικών τους. Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 2°C και 4°C , μπορεί όμως να είναι και μεγαλύτερη ή μικρότερη. Αυτή είναι η **θερμή περιοχή** του δομικού στοιχείου.
- Η πτώση της θερμοκρασίας είναι απότομη στο εσωτερικό της θερμομονωτικής στρώσης (αυτός είναι άλλωστε ο ρόλος της θερμομόνωσης). Εξαρτάται από τις κρατούσες εξωτερικές συνθήκες (ανάλογα και με την κλιματική ζώνη), το πάχος του θερμομονωτικού υλικού και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ που αυτό έχει. Έτσι, η θερμοκρασιακή πτώση μπορεί να φθάνει μόνο λίγους βαθμούς Κελσίου (π.χ. 5°C με 10°C), μπορεί όμως να είναι και πολύ μεγάλη (π.χ. 25°C με 30°C).
- Τέλος, η πτώση της θερμοκρασίας είναι και πάλι ήπια στις στρώσεις του δομικού στοιχείου που βρίσκονται από την εξωτερική πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης (αυτήν που "βλέπει" προς το εξωτερικό περιβάλλον) μέχρι τον εξωτερικό χώρο. Αυτή η πτώση, ομοίως, εξαρτάται από τα πάχη των υλικών των εξωτερικών στρώσεων και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που αυτά έχουν. Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 1°C και 3°C , μπορεί όμως επίσης να είναι και μεγαλύτερη ή μικρότερη. Όμως σ' αυτήν την περιοχή του δομικού στοιχείου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, πολύ κοντά σ' αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αυτή είναι η **ψυχρή περιοχή** του δομικού στοιχείου.

Το ενδεχόμενο σχηματισμού συμπύκνωσης

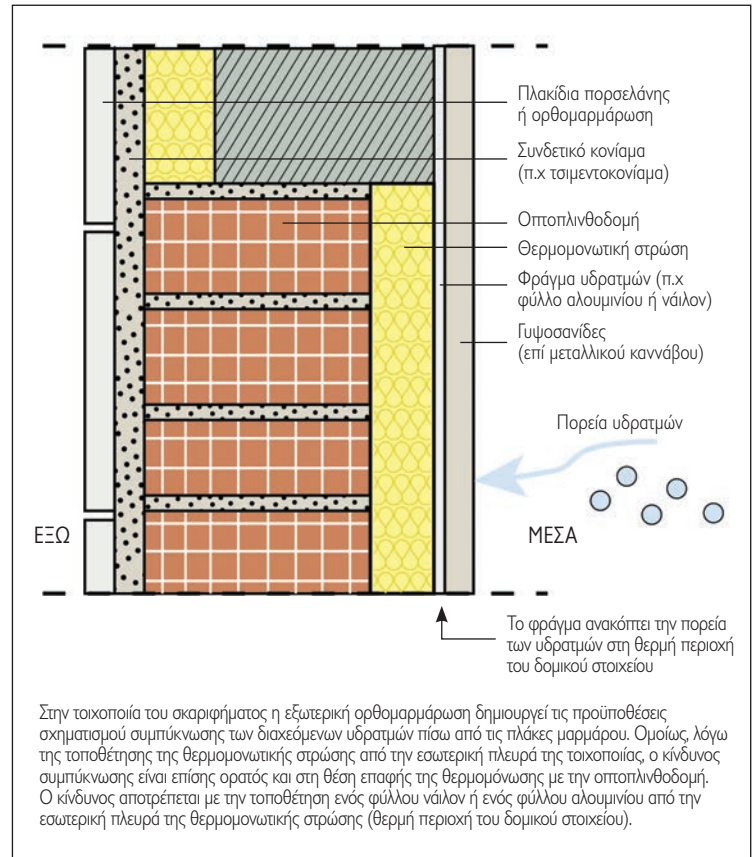
Την παραπάνω πορεία της πτώσης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό ενός δομικού στοιχείου παρακολουθούν δύο άλλα μεγέθη, η διαγραμματική πορεία των οποίων εξετάζει το ενδεχόμενο συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών:

- Η **καμπύλη των πιέσεων κορεσμού**, που δηλώνει ποια θα ήταν η ασκούμενη πίεση των υδρατμών στη θεωρητική περίπτωση που η συγκέντρωση των υδρατμών στον αέρα των πόρων των διαδοχικών στρώσεων του δομικού στοιχείου, θα βρισκόταν παντού σε κατάσταση κορεσμού
- και η **καμπύλη των μερικών πιέσεων**, που δηλώνει ποια είναι η ασκούμενη πίεση των υδρατμών από την πραγματική ποσότητα υδρατμών (και όχι αυτή της κατάστασης κορεσμού) που υπάρχει στον αέρα των πόρων.

Οι τιμές αυτών των δύο καμπυλών, άρα και η πορεία τους, εξαρτώνται από τη θερμοκρασία σε κάθε θέση του δομικού στοιχείου και από τη σχετική υγρασία στον αέρα των πόρων του. Σε μια διατομή το ιδανικό είναι αυτές οι δύο καμπύλες να μη



Πηγή: Δ. Αραβαντινός



Πηγή: Δ. Αραβαντινός

συναντηθούν ποτέ. Αν όμως τύχει σε κάποια θέση να συναντηθούν, σημαίνει ότι η καμπύλη των μερικών πιέσεων ταυτίζεται με την καμπύλη των πιέσεων κορεσμού και ότι σ' εκείνη τη θέση ο αέρας των πόρων βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού και τότε η περίσσεια υδρατμών που δεν μπορεί να τη συγκρατήσει ο αέρας εναποτίθεται ως σταγονίδια μέσα στους πόρους του δομικού στοιχείου, κοινώς μετατρέπεται σε υγρασία.

Η θέση, στην οποία αυτές οι δύο καμπύλες συναντώνται –όταν συναντώνται–, είναι πρωτίστως η εξωτερική επιφάνεια της θερμομονωτικής στρώσης, επειδή η καμπύλη των πιέσεων κορεσμού παρακολουθεί την πτώση της θερμοκρασίας και σ' εκείνη τη θέση αυτή είναι απότομη, ενώ η καμπύλη των μερικών πιέσεων, καθώς περιγράφει την πραγματική κατάσταση, δεν καταφέρνει να την παρακολουθήσει με αποτέλεσμα οι δύο καμπύλες να συναντηθούν. Στη θέση ή στο τμήμα που οι δύο καμπύλες ταυτίζονται επικρατεί κατάσταση κορεσμού και η περίσσεια υδρατμών μεταπίπτει σε σταγονίδια.

Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης

Καθοριστικό στοιχείο για τη συνάντηση ή όχι των δύο καμπυλών αποτελεί η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή του δομικού στοιχείου:

- Αν η θερμομόνωση τοποθετηθεί εξωτερικά, το ενδεχόμενο συνάντησης των δύο καμπυλών, για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα είναι πολύ μικρό, σχεδόν δεν υφίσταται.
- Αν η θερμομόνωση τοποθετηθεί στον πυρήνα της διατομής υπάρχει μικρή πιθανότητα συνάντησης των δύο καμπυλών, αν και πάλι αυτή η πιθανότητα είναι πολύ περιορισμένη και αυτό συμβαίνει συνήθως σε μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας

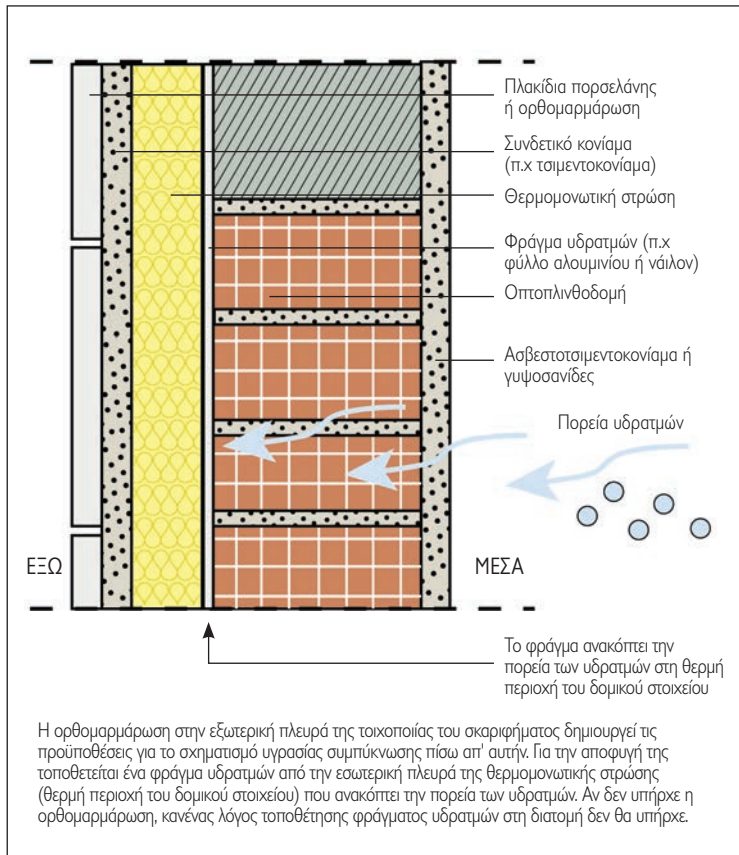
μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου ή σε πολύ υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας του εσωτερικού χώρου (π.χ. $\phi > 90\%$).

- Αν, τέλος, η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί προς την εσωτερική πλευρά της διατομής, οι πιθανότητες είναι μεγαλύτερες έναντι των δύο προηγούμενων περιπτώσεων. Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι οπωσδήποτε θα σχηματισθεί συμπύκνωση υδρατμών· απλώς οι πιθανότητες είναι περισσότερες. Η εκδήλωση του φαινομένου εξαρτάται και πάλι από τα θερμοφυσικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στρώσεων και από τις κρατούσες εσωτερικές και εξωτερικές μικροκλιματικές συνθήκες.

Κατά συνέπεια, σε κάθε περίπτωση, αν κριθεί ότι υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών, είναι σκόπιμο να προβλεφθεί η τοποθέτηση ενός φράγματος υδρατμών, που θα παρεμποδίζει αυτούς να φθάσουν στην επίμαχη θέση. Βέβαια σε μια τέτοια περίπτωση το δομικό στοιχείο **"δεν αναπνέει"**, κάτι που, όπως προαναφέρθηκε, δεν είναι επιθυμητό, είναι όμως αναπόφευκτο.

Η επιλογή των υλικών και της θέσης του φράγματος υδρατμών

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως φράγματα υδρατμών είναι υλικά με υψηλή τιμή στον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών. Συνήθως επιλέγονται υλικά ασφαλτικής βάσης (ασφαλτικές επαλείψεις ή ασφαλτικά φύλλα), φύλλα νάιλον ή φύλλα αλουμινίου, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι επικολλημένα στη μία όψη του θερμομονωτικού υλικού (ως επί το πλείστον σε πλάκα ή πάπλωμα υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα).



Πηγή: Δ. Αραβαντιός

Η ορθομαρμάρωση στην εξωτερική πλευρά της τοικοποιίας του σκαριφήματος δημιουργεί τις προϋποθέσεις για το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης πίσω απ' αυτήν. Για την αποφυγή της τοποθετείται ένα φράγμα υδρατμών από την εσωτερική πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης (θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου) που ανακόπτει την πορεία των υδρατμών. Αν δεν υπήρχε η ορθομαρμάρωση, κανένας λόγος τοποθέτησης φράγματος υδρατμών στη διατομή δεν θα υπήρχε.

5. Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται από την εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου, ο κίνδυνος σχηματισμού συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών είναι σχεδόν μηδενικός.
 Πηγή: Ελεύθερο από το Διαδίκτυο.

Η επιλογή του υλικού και η θέση του εξαρτάται προφανώς από τις στρώσεις της διατομής, τη θέση της στο κτίριο (οριζόντια ή κατακόρυφη), τη συνεργασιμότητα του υλικού με τις άλλες στρώσεις του δομικού στοιχείου κτλ.

Για παράδειγμα:

- Σε ένα συμβατικού τύπου δώμα, δηλαδή σε ένα δώμα, στο οποίο η στεγανοποιητική στρώση βρίσκεται σε ανώτερη θέση από αυτήν της θερμομονωτικής, η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών είναι αναγκαία, διότι οι διαχεόμενοι υδρατμοί θα συμπυκνωθούν κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση που βρίσκεται στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου.
 - Εφόσον η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται επάνω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, το φράγμα υδρατμών μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και φέρουσας πλάκας, αφού προηγουμένως διαστρωθεί μια εξομαλυντική στρώση τσιμεντοκονιάματος. Ως φράγμα υδρατμών μπορεί να λειτουργήσει τόσο μια ασφαλτική επάλειψη ή η διάστρωση ασφαλτοπάνου, όσο και ένα φύλλο νάιλον.
 - Εφόσον η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, το φράγμα υδρατμών θα πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ του θερμομονωτικού υλικού και της στρώσης επικάλυψής του. Προφανώς δεν μπορεί να είναι ασφαλτική επάλειψη, διότι δεν μπορεί να διαστρωθεί επάνω στο θερμομονωτικό υλικό (εκτός αν είναι αφρώδες γυαλί, που όμως λόγω βάρους δεν τοποθετείται κάτω από την πλάκα σκυροδέματος αλλά επάνω απ' αυτήν) ούτε και ασφαλτικό φύλλο, διότι δεν υπάρχει δυνατότητα επικόλλησής του επάνω

- στο θερμομονωτικό υλικό. Μπορεί όμως να είναι ένα φύλλο νάιλον. Τότε η επικάλυψη δεν μπορεί να γίνει με κανέναν είδος κονίαμα ως επίχρισμα, διότι δεν μπορεί να επικολληθεί στο νάιλον. Θα είναι τύπου ξηράς δόμησης και θα πατηθεί επάνω στο επικαλυπτικό υλικό (γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα κ. ά.). Μπορεί επίσης να είναι πετροβάμβακας ή υαλοβάμβακας που θα έχει από τη μία του όψη επικολλημένο φύλλο αλουμινίου. Θα τοποθετηθεί όμως έτσι, ώστε το φύλλο αλουμινίου να "βλέπει" προς τον εσωτερικό χώρο και σε καμία περίπτωση προς το εξωτερικό περιβάλλον, διότι τότε θα βρίσκεται στην ψυχρή περιοχή της διατομής του δώματος.
- Σε ένα αντεστραμμένου τύπου δώμα, δηλαδή σ' ένα δώμα, στο οποίο η στεγανοποιητική στρώση βρίσκεται σε χαμηλότερη θέση από αυτήν της θερμομονωτικής, δεν θα χρειαστεί η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών, διότι η στεγανοποιητική στρώση που βρίσκεται κάτω από τη θερμομόνωση –και άρα στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου– λειτουργεί ταυτοχρόνως και ως φράγμα υδρατμών.
- Σε μια συνθησιμένη τοικοποιία από οπτοπλινθοδομή δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί φράγμα υδρατμών και θα πρέπει να αφεθεί ελεύθερα να "αναπνέει".
- Αν όμως η τοικοποιία φέρει εξωτερικά ορθομαρμάρωση ή πέτασμα αλουμινίου η μια αδιαπέραστη βαφή, αυτή η στρώση λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών.
 - Εφόσον η θερμομόνωση έχει επιλεγεί να βρίσκεται εξωτερικά, το φράγμα υδρατμών θα τοποθετηθεί μεταξύ τοικοποιίας και θερμομονωτικής στρώσης. Μπορεί να είναι ένα φύλλο νάιλον ή ένα φύλλο αλουμινίου (ενδεχομένως



- επικολημένο στη θερμομονωτική στρώση).
- Εφόσον η θερμομόνωση έχει επιλεγεί να βρίσκεται εσωτερικά, το φράγμα υδρατμών θα τοποθετηθεί μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και της επικάλυψής της. Μπορεί και πάλι να είναι ένα φύλλο νάιλον ή ένα φύλλο αλουμινίου (ενδεχομένως επικολημένο στη θερμομονωτική στρώση). Όμως η επικάλυψη θα πρέπει να γίνει με σύστημα ξηράς δόμησης και όχι με επίχρισμα, διότι το επίχρισμα δεν συνεργάζεται ούτε με το φύλλο νάιλον ούτε με το φύλλο αλουμινίου (δεν "πιάνει" επάνω σ' αυτά).
 - Σε ένα δάπεδο επάνω από πιλοτή συνήθως δεν χρειάζεται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών, διότι στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου δεν υπάρχει κάποια αδιαπέραστη στρώση. Αν, ωστόσο, υπάρχει κάποια τέτοια (π.χ. μια βαφή ή ένα μεταλλικό επικαλυπτικό φύλλο), τότε η θέση του φράγματος υδρατμών ορίζεται από τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης:
 - Εφόσον η θερμομονωτική στρώση έχει τοποθετηθεί κάτω από τη φέρουσα πλάκα, το φράγμα υδρατμών μπορεί να τοποθετηθεί είτε επάνω από τη φέρουσα πλάκα και μπορεί να είναι μια ασφαλική στρώση ή ένα φύλλο νάιλον ή ένα φύλλο αλουμινίου είτε κάτω από τη φέρουσα πλάκα και επάνω από τη θερμομόνωση και μπορεί να είναι μια ασφαλική επάλειψη στην κάτω επιφάνεια της φέρουσας πλάκας (όχι όμως ασφαλικό φύλλο), ένα φύλλο νάιλον ή ένα φύλλο αλουμινίου.
 - Εφόσον όμως η θερμομόνωση έχει τοποθετηθεί επάνω από την πλάκα σκυροδέματος, το φράγμα υδρατμών θα πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ της θερμομονωτικής

στρώσης και της επικάλυψής της. Συνήθως αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει ξύλινο καρφωτό δάπεδο. Τότε μπορεί να διαστρωθεί ένα φύλλο νάιλον επάνω από τη θερμομόνωση, πριν από την τοποθέτηση του ψευτοδάπεδου.

- Σε μια δικέλυφη αεριζόμενη τοιχοποιία δεν χρειάζεται η τοποθέτηση κανενός φράγματος υδρατμών και πρέπει να υπάρχει πρόνοια οι υδρατμοί να εκτονώνονται ελεύθερα στο αεριζόμενο διάκενο και από εκεί να απομακρύνονται με τη φυσική κίνηση του αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον.

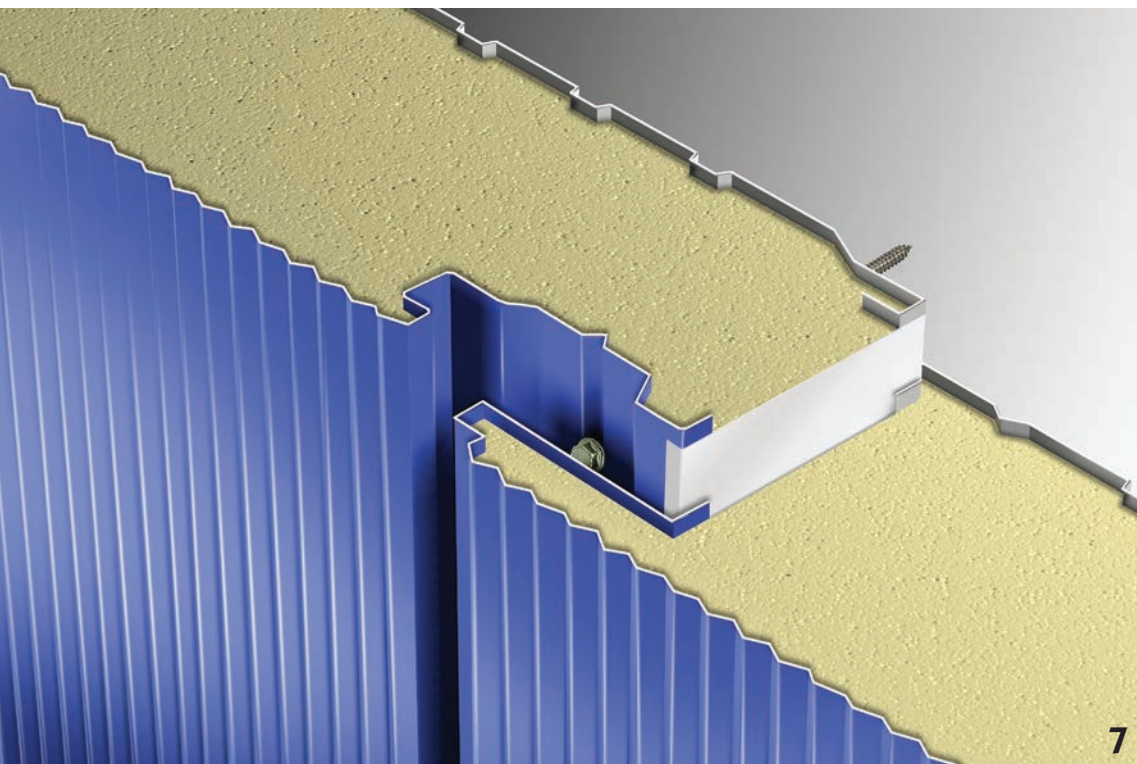
Σε κάθε περίπτωση πάντως και ιδίως όταν υπάρχει επιφύλαξη ή αμφιβολία για το ενδεχόμενο συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών, καλό είναι να γίνεται διαγραμματική αναπαράσταση της πορείας των δύο καμπυλών, της καμπύλης των πιέσεων κορεσμού και της καμπύλης των μερικών πιέσεων και να εξετάζεται αν αυτές οι δύο καμπύλες συναντώνται υπό τις εξεταζόμενες μικροκλιματικές συνθήκες του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Αντιστροφή της πορείας των υδρατμών κατά τη θερινή περίοδο

Αν και η συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να συμβεί κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου, σε κάποιες πολύ ακραίες καταστάσεις το φαινόμενο της συμπύκνωσης μπορεί να εκδηλωθεί και κατά τη θερινή περίοδο με τις υψηλές θερμοκρασίες, αν μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου υπάρχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά.

Τότε οι υδρατμοί μετακινούνται κατ' αντίστροφη πορεία από το θερμό εξωτερικό περιβάλλον, στο οποίο λόγω υψηλής

6. Σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα με επικολημένο φύλλο αλουμινίου, το οποίο λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών και παρεμποδίζει τους υδρατμούς να φθάσουν στη στεγανοποιητική στρώση που έχει διαστρωθεί επάνω στο πέτωμα.



7

7. Θερμομονωτικές πλάκες πολουρεθάνης, επενδεδυμένες εκατέρωθεν με μεταλλικά φύλλα (συνήθως αλουμινίου). Το εξωτερικό φύλλο προστατεύει την πολουρεθάνη από την επίδραση των καιρικών συνθηκών και κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ αυτό από την εσωτερική πλευρά λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών, παρεμποδίζοντας τους υδρατμούς να φθάσουν στο εξωτερικό φύλλο που βρίσκεται στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου και να συμπυκνωθούν.

θερμοκρασίας ο αέρας μπορεί να συγκρατήσει μεγάλη ποσότητα υδρατμών, προς κάποιον δροσερό εσωτερικό χώρο, στον οποίο επικρατούν αρκετά πιο χαμηλές θερμοκρασίες και στον οποίο η ικανότητα του αέρα να συγκρατήσει τους υδρατμούς είναι σημαντικά περιορισμένη. Οι υδρατμοί, αν στην πορεία τους συναντήσουν απότομα χαμηλές θερμοκρασίες, υπάρχει το ενδεχόμενο να συμπυκνωθούν, διότι ο αέρας των πόρων των υλικών θα αδυνατεί να τους συγκρατήσει.

Αυτό το φαινόμενο είναι αρκετά σπάνιο και συμβαίνει όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος φθάνει σε πολύ υψηλές τιμές, ενώ του εσωτερικού βρίσκεται σε αρκετά χαμηλές. Για παράδειγμα, στις αρχές του καλοκαιριού σε μια βαριά κατασκευή (με λιθοδομή μεγάλου πάχους), που λόγω θερμικής αδράνειας τα δομικά της στοιχεία αργούν να παρακολουθήσουν τις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος, διατηρώντας τον εσωτερικό χώρο δροσερό, όπως σε ημιυπόγειους χώρους παλαιών αρχοντικών ή σε πύργους ή σε κτίρια δομημένα μέσα σε βράχο.

Όμως το ίδιο μπορεί να συμβεί και σε ένα σύγχρονο κτίριο, που λειτουργεί με τεχνητή ψύξη ως ψυγείο και παρουσιάζει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει και πάλι να εξετάζεται με την υπολογιστική διαδικασία το ενδεχόμενο συνάντησης της καμπύλης των μερικών πιέσεων με την καμπύλη των πιέσεων κορεσμού και, εφόσον κάτι τέτοιο αποδειχθεί ότι είναι πιθανό, να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα τοποθετώντας κάποιο φράγμα υδρατμών, που θα ανακόπτει την πορεία των υδρατμών από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Το φράγμα υδρατμών και πάλι θα πρέπει να τοποθετηθεί στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου με τη διαφορά ότι τώρα η θερμή περιοχή είναι αυτή που βρίσκεται από τη θερμομονωτική στρώση μέχρι την εξωτερική του επιφάνεια.

Έτσι υπάρχει το ενδεχόμενο να χρειάζεται η τοποθέτηση διπλού φράγματος υδρατμών που λειτουργούν ευεργετικά το ένα κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου και το άλλο κατά τη διάρκεια της θερμής. Για παράδειγμα, αυτό το διπλό ρόλο εξασφαλίζει ένα πέτασμα πολουρεθάνης τύπου σάντουιτς που έχει εκατέρωθεν μεταλλικά φύλλα και τα οποία παίζουν το ρόλο του φράγματος υδρατμών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αραβαντινός Δ., "Το φράγμα υδρατμών στην εξωτερική τοιχοποιία", Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονική Έκδοση Τ.Ε.Ε., περιοχή Ι, ISSN 1106-4935, τόμος 15, τεύχ. 1 - 3, Ιανουάριος - Δεκέμβριος 1995, σελ. 45 - 58.
- Αραβαντινός Δ., "Υδροπροστασία κτιρίων", Σημειώσεις για τις απαιτήσεις του μαθήματος "Οικοδομική ΙΙ", Εργαστήριο Οικοδομικής & Φυσικής των Κτιρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., 2018.
- Αραβαντινός Δ., "Αριθμητική προσέγγιση του φαινομένου της διάχυσης των υδρατμών στα εξωτερικά δομικά στοιχεία των κατασκευών υπό την επίδραση των ελληνικών κλιματικών συνθηκών", διδακτορική διατριβή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1988.
- Belia L., Minichiello F., "A simple evaluator of building envelope moisture condensation according to a European Standard", Building and Environment 2003, 38 (3), σελ. 457 - 468.
- Carson J. K., Lovatt S. J., Tanner D. J., Cleland A. C., "Thermal conductivity bounds for isotropic, porous materials", International Journal of Heat and Mass Transfer 2005, 48 (11), σελ. 2150 - 2158.
- Dias R. P., Fernandes C. S., Mota J., Teixeira J. A., Yelshin A., "Permeability and effective thermal conductivity of bisized porous media", International Journal of Heat and Mass Transfer 2006, 50 (7 - 8), σελ. 1295 - 1301.
- Holm A., Künzel H. M., "Non - isothermal moisture transfer in porous building materials", Materialsweek, September 2000, Munich.
- Hussein F., "Feuchteverteilung in porösen Baustoffen aufgrund instationären Wasserdampfdiffusion. Eine neue Rechenmethode in Anlehnung an DIN 4108", διδακτορική διατριβή στο Universität Dortmund, 1982.
- Knus M., Künzel H. M., "Flüssigtransport im Übersättigungsbereich", IBP Mitteilung 22, 1995, Nr. 270, Fraunhofer Institute Bauphysik.
- Wang J., Carson J. K., North M. F., Cleland D. J., "A new approach to modeling the effective thermal conductivity of heterogeneous materials", International Journal of Heat and Mass Transfer 2006, 49 (17 - 18) σελ. 3075 - 3083.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Φράγμα υδρατμών. Πότε χρειάζεται και πότε όχι σε μια κατασκευή; Τεύχος 3/2008, σελ. 30.
- Φράγμα υδρατμών στην εξωτερική τοιχοποιία. Τεύχος 100, σελ. 80, 1997.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ & ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr