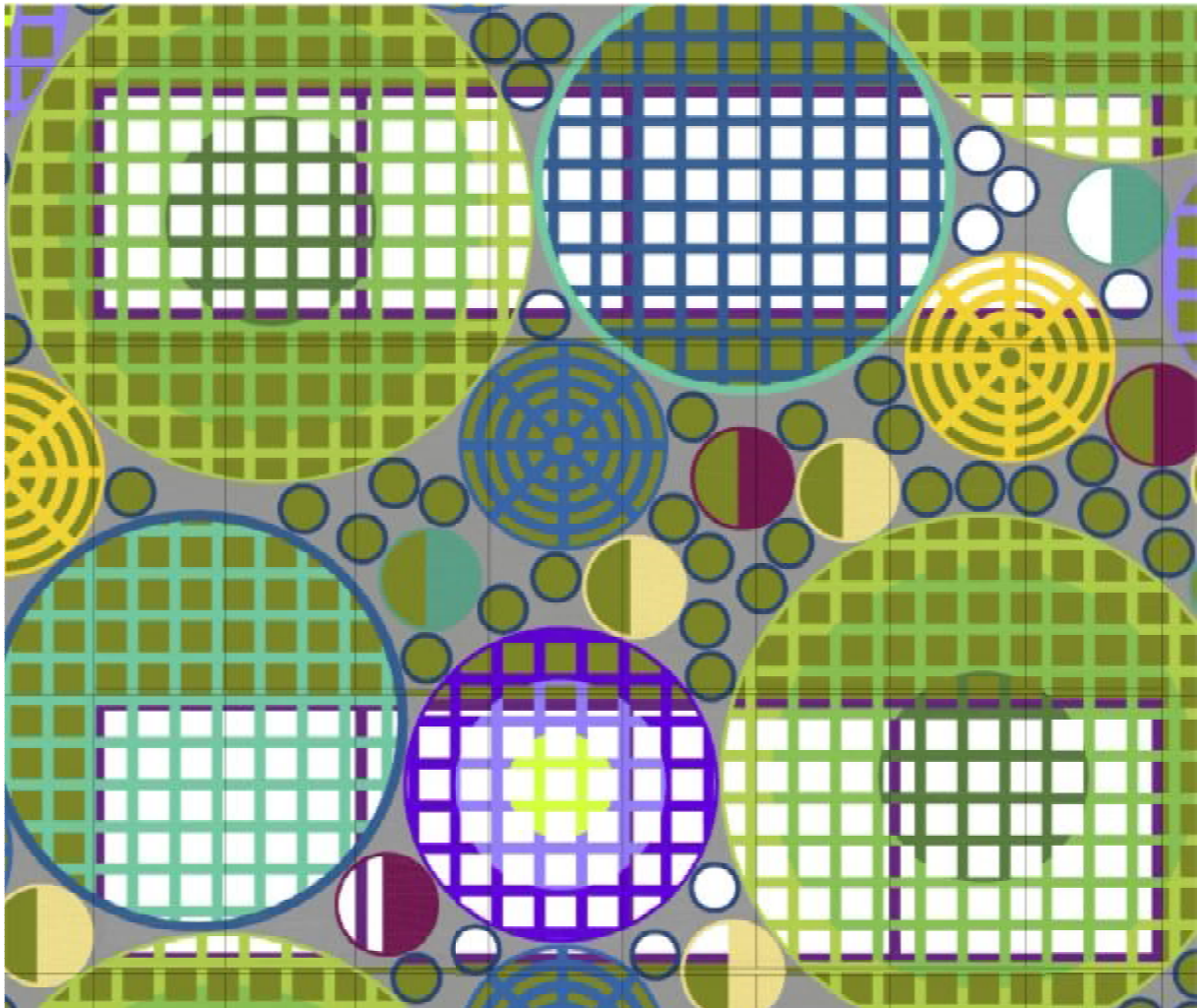


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
Σ.Τ.Ε.  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ  
ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.  
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΟΥ  
ΣΤΕΓΑΖΕΙ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ  
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΟΥ ΑΤΕΙ  
ΠΑΤΡΩΝ**



**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΚΩΝΣΤΑ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΚΑΒΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ-2014**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	6
1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ.....	9
1.1 Ανεμοπροστασία.....	10
1.2 Τα ανοίγματα στις όψεις και ο φωτισμός.....	12
1.3 Ηχομόνωση.....	13
1.4 Θερμομονωτική προστασία του εξωτερικού κελύφους.....	15
1.5 Υγροπροστασία.....	19
1.6 Εξωτερική στεγανοποίηση των όψεων.....	24
1.7 Πυροπροστασία.....	25
1.8 Ρύπανση των όψεων.....	28
2. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΟΨΕΙΣ.....	30
2.1 Συμπαγείς όψεις.....	30
2.1.1 Ανοίγματα και κουφώματα.....	31
2.2 Μέταλλο.....	34
2.2.1 Αλουμίνιο.....	34
2.2.2 Χαλκός.....	36
2.2.3 Τιτανιούχος ψευδάργυρος.....	37
2.2.4 Χάλυβας.....	38
2.2.5 Άλλα μέταλλα.....	40
2.2.6 Διάτρητα μεταλλικά στοιχεία.....	40
2.3 Δικέλυφες αεριζόμενες όψεις.....	42
2.3.1 Όψεις από αδιαφανή υλικά.....	42

3. ΔΙΑΤΡΗΤΕΣ ΟΨΕΙΣ.....	43
3.1 Διάτρητες μεταλλικές επιφάνειες.....	44
3.2 Τύποι διάτρητων προϊόντων.....	44
4. ΟΨΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	46
4.1 Τεχνολογία υλοποίησης παραμετρικού σχεδιασμού.....	46
5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	48
6. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΙΔΕΑ.....	48
7.ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	49
8. ΣΧΕΔΙΑ ΟΨΕΩΝ.....	53
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	56
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο Leon Battista Alberti (1404-1472) ορίζει την αρχιτεκτονική ως εκείνη την νοητική σύλληψη που οδηγεί τη ζωή και την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών στο να εναρμονιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα και πληρέστερα με τα κριτήρια “necessitas, commoditas et voluptas”, δηλαδή στην αναγκαιότητα, την άνεση και την θελκτικότητα, όπως αναφέρεται στο de re aedificatoria ( η τέχνη του κτίζειν ) το οποίο γράφτηκε μεταξύ του 1442 και 1452. Το εξαιρετικό είναι ότι μέσα στο έργο του αναφέρεται και ο όρος “ecologicas” δηλαδή “η λογική του οίκου”, της οικολογικής λογικής στη θέρμανση, το δροσισμό, το φωτισμό ενός κτιρίου της εξοικονόμησης ενέργειας και της χρήσης υλικών φιλικά προς τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον.

Αιώνες πριν ο τότε επιστήμων αρχιτέκτονας-μηχανικός προσπαθούσε να ενσωματώσει τα κτίρια του στο περιβάλλον με τρόπο τέτοιο ώστε να επωφεληθεί όσο δύναται από αυτό, χρησιμοποιώντας ως σύμμαχο προς όφελος του ανθρώπου. Ο Alberti φαίνεται ότι οδηγήθηκε στην συγγραφή του έργου του, επηρεασμένος από έναν προγενέστερο του, τον Βιτρούβιο, Ρωμαίο συγγραφέα, αρχιτέκτονα και μηχανικού που η ιστορία τον τοποθετεί περίπου στα 27 π.χ. ο οποίος συνέταξε ένα έργο επονομαζόμενο ως “ δέκα βιβλία αρχιτεκτονικής”. Ήταν αυτός που αναφέρθηκε στον προσανατολισμό των χώρων ενός κτιρίου και την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός. Φυσικά αυτή η γνώση και ανάγκη κατασκευής κτιρίου με βάση το περιβάλλον είναι πολύ παλαιότερη και χρησιμοποιήθηκε από τεχνίτες-αρχιτέκτονες προ Βιτρούβιου, ο Βιτρούβιος όμως έδωσε ουσιαστικά το πρώτο επιστημονικό αρχιτεκτονικό σύγγραμμα περί αρχιτεκτονικής.

Το περίεργο είναι ότι η γνώση αυτή στο πέρασμα της ιστορίας χάθηκε. Κάτι που ένας αρχιτέκτονας θεωρούσε δεδομένο 1000 χρόνια πριν ή και περισσότερα έρχεται να συναντήσει τον άνθρωπο σήμερα με τους όρους “ βιοκλιματικός ή ενεργειακός σχεδιασμός, παθητικά ηλιακά συστήματα, βιοκλιματικά και ενεργειακά κτίρια. Η διαφορά είναι ότι ο αρχιτέκτονας-μηχανικός έχει ένα σημαντικό σύμμαχο σε σχέση με τους προγενέστερους του, την τεχνολογία μέσω των νέων υλικών, των εφαρμογών και γενικότερα των σύγχρονων μέσων της καθώς και των μηχανημάτων της.

Ο σύγχρονος όρος που δίνεται λοιπόν στον βιοκλιματικό ή ενεργειακό σχεδιασμό ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι: ο σχεδιασμός κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα (μικροκλίμα) με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών π.χ. για την θέρμανση, τον δροσισμό, τον φωτισμό. Από πολλούς θεωρείται ως μια νέα “θεώρηση” και σχετίζεται περισσότερο με την οικολογία παρά με την εξοικονόμηση ενέργειας που δύναται να επιφέρει, αν και κανονικά θα έπρεπε να θεωρείται ως απαραίτητη προϋπόθεση για την όποια κατασκευή κτιρίου, μικρής ή μεγάλης κλίμακας ανά τον κόσμο. Το θετικό είναι ότι τα τελευταία χρόνια ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει εισχωρήσει για τα καλά στην αρχιτεκτονική. Είναι πλέον το βασικό κριτήριο μελέτης από τους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς ανά τον κόσμο και λαμβάνεται υπόψη από όλους παγκοσμίως. Οι χαμηλότερες απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση, δροσισμό, σκίαση, φωτισμό, έχουν σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση κόστους, την μείωση ρύπων αλλά και θετικό κοινωνικό αντίκτυπο ευαισθητοποιώντας τον καθένα από μας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και για προστασία του περιβάλλοντος έχει γίνει επιτακτική τα τελευταία χρόνια και αφορά πλέον όχι μόνο την ποιοτική διαβίωση των ανθρώπων, αλλά και την ίδια τους την ζωή. Σε όλη την Ευρώπη, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Το αποτέλεσμα είναι η μεγάλη οικονομική επιβάρυνση λόγω του υψηλού κόστους πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά και μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το οποίο ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την οδηγία 2010/31/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όλα τα νέα κτίρια από το 2010 και μετά πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Αυτή η απαίτηση θα οδηγήσει τους μελετητές στο σχεδιασμό κτιρίων με ενεργειακά κριτήρια, αφενός με την υιοθέτηση τεχνικών και λύσεων βιοκλιματικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και αφετέρου με την αξιοποίηση στο μέγιστο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή της απαιτούμενης προς κατανάλωση ενέργειας, από το ίδιο το κτίριο.

Εκτός όμως από την μελέτη και τον σχεδιασμό νέων κτιρίων, τα οποία πρέπει να ακολουθούν τα καινούρια πρότυπα κατασκευής και τους κανονισμούς τους, αναγκαία είναι και η αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων. Είτε επειδή τα κριτήρια στο παρελθόν δεν είχαν τόσο υψηλές απαιτήσεις, είτε επειδή η τεχνολογία δεν ήταν ικανή να προσφέρει το πλήθος προϊόντων και εναλλακτικών λύσεων, είτε ακόμα επειδή η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του 70' δεν είχε ταραξεί την ανθρωπινή ευδαιμονία και επέτρεπε την ασυλλόγιστη κατανάλωση ενέργειας, οι παλαιές κατασκευές θεωρούνται σήμερα ενεργοβόρες και ενίοτε ασύμφορες προς χρήση. Ωστόσο, υπάρχει πάντα η δυνατότητα για οικοδομικές βελτιώσεις που μπορούν να αναβαθμίσουν ενεργειακά ένα παλιό κτίριο και πολλές φορές μάλιστα να το καταστήσουν εφάμιλλο με ένα καινούριο, χωρίς το κόστος τέτοιων πρωτοβουλιών να θεωρείται δυσβάστακτο ή αποτρεπτικό. Αντίθετα μάλιστα. Η αξιοποίηση και επέμβαση σε μια ήδη υπάρχουσα κατασκευή μπορεί να αποβεί οικονομικότερη από την κατασκευή ενός καινούριου κτιρίου.

Το κέλυφος του κτιρίου παίζει το σημαντικότερο ρολό στην ενεργειακή συμπεριφορά του. Από το σχεδιασμό του, την επιλογή των υλικών, την ορθή κατασκευή του και την χρήση νέων τεχνολογιών, εξαρτάται το ενεργειακό αποτύπωμα του κτιρίου, η μελλοντική του ανάγκη για ενέργεια και οι επιπτώσεις της λειτουργιάς του στο περιβάλλον. Σύμφωνα δε με τον Κ.Εν.Α.Κ., κατά τον σχεδιασμό του κελύφους, οι βασικότερες παράμετροι που απαιτούνται για τους υπολογισμούς αφορούν κυρίως στις θερμοφυσικές του ιδιότητες των δομικών υλικών και στοιχείων (θερμοπερατότητα, θερμογέφυρες, θερμοχωρητικότητα κ.α.), στη σκίαση και στον αερισμό του κτιρίου.

Η αρχιτεκτονική των 'ενεργειακών' όψεων εισέρχεται σταδιακά στην συνολική λογική του σχεδιασμού των κτιρίων και υιοθετείται όλο και περισσότερο από τον τεχνικό κόσμο, καθώς προσφέρει πλέον αισθητικά ελκυστικές και ενεργειακά αποδοτικές λύσεις. Το κέλυφος του κτιρίου δεν προστατεύει απλά από τις καιρικές μεταβολές, αλλά αποτελεί παράλληλα δίαυλο επικοινωνίας με το φυσικό περιβάλλον και στοιχείο παραγωγής ενέργειας.

Παράλληλα, η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας των υλικών ανοίγει διαρκώς νέους δρόμους για την αρχιτεκτονική και τις κατασκευές με γνώμονα την αισθητική, τη

λειτουργικότητα, τη βιωσιμότητα, την μεταβλητότητα, την προσαρμοστικότητα, την εξοικονόμηση ενέργειας κ.α. Όψεις με βλάστηση, όψεις από μεμβράνες και διάτρητα στοιχεία προβλέπεται να αποτελέσουν τις κυρίαρχες τάσεις στο σχεδιασμό τα επόμενα χρόνια.

## **ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΙΣΤΟΡΙΑ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΑ**

Το κέλυφος ενός κτιρίου αποτελεί μια διαχωριστική επιδερμίδα, ένα περίβλημα που παρεμβαίνει ανάμεσα στον εσωτερικό και εξωτερικό χώρο. Ο βασικός του ρόλος είναι να παρέχει προστασία από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες και ασφάλεια από την επιβουλή ζώων και ανθρώπων. Επιπλέον, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα διαβίωσης στον εσωτερικό χώρο από την άποψη του φυσικού φωτισμού, του αερισμού και της θερμικής άνεσης, οριοθετεί τη δομημένη ιδιοκτησία και δημιουργεί ιδιωτικούς χώρους ποικίλων χρήσεων, δηλαδή το εσωκλίμα του κτιρίου. Το εσωκλίμα, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν το αίσθημα άνεσης ή δυσφορίας στα άτομα που κατοικούν ή εργάζονται σε αυτό. Και προφανώς η εξασφάλιση αυτού του αισθήματος άνεσης αποτελεί την προϋπόθεση για τη διαμόρφωση ευχάριστων συνθηκών διαβίωσης και εργασίας.

Τυπικά, αυτό που ονομάζεται ‘εξωτερική όψη’ ενός κτιρίου, αφορά στο τμήμα του κελύφους που είναι ορατό από το δημόσιο χώρο. Ως εκ τούτου, λοιπόν, οι εξωτερικές όψεις συνδιαλέγονται και αλληλεπιδρούν με τον περιβάλλοντα χώρο είτε σε φυσικό επίπεδο, εμποδίζοντας για παράδειγμα την βροχή και τον αέρα να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου, είτε σε συμβολικό επίπεδο, μεταδίδοντας μηνύματα που σχετίζονται με την κοινωνία, τη θρησκεία, τις αξίες, την κοινωνική ιεραρχία κτλ.

Οι διάφορες συνθετικές λύσεις, που κατά καιρούς επιλέγονταν στο σχεδιασμό των εξωτερικών όψεων, συνήθως αποτελούσαν την απάντηση στις κλιματικές απαιτήσεις του συγκεκριμένου τόπου, αλλά και στις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες της εκάστοτε εποχής. Οι όψεις των κτιρίων, λοιπόν, κουβαλούν και αποκαλύπτουν σε δημόσια θέα μια πλειάδα γεγονότων και στοιχείων, όπως την τεχνολογική πρόοδο μιας κοινωνίας, τη διαθεσιμότητα των υλικών, τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά και τις ιδιαίτερες ιστορικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες μια συγκεκριμένης περιόδου.

Όπως είναι λογικό τα κίνητρα, τα οποία οδήγησαν τον άνθρωπο στην κατασκευή κτιρίων, ήταν αφενός η ανάγκη προστασίας από τις καιρικές συνθήκες και από τα διάφορα εχθρικά στοιχεία και αφετέρου η ανάγκη φύλαξης ζώων και προμηθειών σε περίκλειστο χώρο. Για αυτούς τους σκοπούς αξιοποιούνταν αρχικά τα διάφορα προστατευμένα σημεία που παρείχε η ίδια η φύση, όπως σπηλαία, τρύπες, πυκνές φυτεύσεις, μεγάλα δέντρα κτλ. Όμως με την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών και την εγκατάλειψη του νομαδικού τρόπου ζωής, οι απαιτήσεις και οι ανάγκες αυξήθηκαν, με αποτέλεσμα την σταδιακή ανάπτυξη κατασκευής τεχνητών καταφυγίων. Η αξιοποίηση των τοπικών υλικών σε συνεργασία με την κατασκευή νέων εργαλείων οδήγησαν την ανθρωπότητα στην ανακάλυψη ολοένα και περισσότερων μεθόδων δόμησης. Έτσι μαζί με την τη γενικότερη ιδέα του κελύφους άρχισαν να πλάθονται στον ανθρώπινο που και οι έννοιες του ιδιωτικού και δημόσιου χώρου, της προστατευμένης ιδιοκτησίας, της εξωτερικής μορφής, αλλά και να επιλύονται πρακτικότερα ζητήματα, όπως τα ανοίγματα στις όψεις.

Η αναλόγια των ανοιγμάτων επάνω στις εξωτερικές επιφάνειες, δηλαδή η σχέση κενού και πλήρους, αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί ένα από τα βασικότερα ζητήματα του

εξωτερικού κελύφους. Άλλωστε, τα ανοίγματα αποτελούν το βασικό δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και για αυτό το λόγο επινοήθηκαν κατά καιρούς διάφορες κατασκευές, όπως συστήματα σκίασης, κιγκλιδώματα, φεγγίτες, ανοιγόμενα παραθυρόφυλλα, κουρτίνες κ.α., ώστε να ρυθμίζεται αυτή η ακριβώς επικοινωνία.

Στα κτίρια παλαιότερων εποχών, τα ανοίγματα ήταν μικρά, προκειμένου να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας, να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ασφάλεια, αλλά και επειδή ήταν αδύνατη η κατασκευή μεγάλων ανοιγμάτων στους πέτρινους ή πλιθινούς τοίχους. Όμως με την εξέλιξη της οικοδομικής τεχνολογίας αλλά και της τεχνολογίας του γυαλιού, η εξωτερική τοιχοποιία άρχισε να γίνεται λιγότερο συμπαγής και τα ανοίγματα ολοένα και πιο μεγάλα. Παρόλα αυτά, μέχρι την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης, η παραγωγή και η χρήση γυαλιού ήταν περιορισμένη, γεγονός που από μόνο του καθόριζε το μικρό μέγεθος των ανοιγμάτων.

Κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης, άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική νέα υλικά, όπως ο σίδηρος, ο χάλυβας και το γυαλί, καθώς και καινοτόμοι μέθοδοι κατασκευής. Το σημαντικότερο κατασκεύασμα της εποχής ήταν το Crystal Palace του Joseph Paxton (Διεθνής έκθεση του Λονδίνου, 1851), που κτίστηκε με προκατασκευασμένα στοιχεία σιδήρου και γυαλιού. Ο αντίκτυπος αυτού του κτίσματος ήταν τόσο μεγάλος που ακολούθησε μια ολόκληρη σειρά κτιρίων από σίδηρο και γυαλί, όπως σταθμοί τρένων, αποθήκες, στοές, υπόστεγα, στεγασμένες αγορές κτλ.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αυτές οι τολμηρές κατασκευές σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν από άτομα που δεν ήταν αρχιτέκτονες, όπως κηπουρούς, ωρολογοποιούς, κατασκευαστές θερμοκηπίων κ.α., καθώς οι αρχιτέκτονες εκείνη την περίοδο φαίνεται να ασχολούνται περισσότερο με την μελέτη και την επαναφορά ρυθμών από διάφορες ιστορικές περιόδους. Όσο αναφορά τις εξωτερικές όψεις, αυτές αντιμετωπίζονταν από τους αρχιτέκτονες ως μορφολογικό και ιστορικό ένδυμα, που μπορούσε να καλύπτει εξωτερικά ακόμα και σύγχρονα κτίρια όπως τράπεζες και χρηματιστήρια.

Παρόλα αυτά, η επίδραση των νέων υλικών και καινοτομιών (π.χ. σκελετού από χάλυβα και ανελκυστήρα ) θα συνέχιζε να είναι καθοριστική και έτσι λίγα χρόνια αργότερα, στο Σικάγο, θα άρχιζαν να κατασκευάζονται τα πρώτα πολώροφα κτίρια. Βεβαία αυτή η εξέλιξη οφειλόταν και σε μια σειρά διαφορετικών παραγόντων όπως οι υψηλές αξίες γης, στη γενικότερη οικονομική ευρωστία, αλλά και στις δυο μεγάλες πυρκαγιές του 1871 και 1874, οι οποίες προκάλεσαν την αύξηση της οικοδομικής δραστηριότητας. Επιπλέον, διαφορετικές λειτουργικές και εμπορικές ανάγκες, όπως η ανάγκη για φυσικό φωτισμό, εξαερισμό, ευελιξία στην κάτοψη και ευρωστία, θα οδηγούσαν τους αρχιτέκτονες στην κατασκευή μεγαλύτερων ανοιγμάτων. Σύντομα, λοιπόν, τα πολώροφα κτίρια με τις κατόψεις από χάλυβα και γυαλί θα μετατρέπονταν στο σύμβολο της οικονομικής ανάπτυξης και του κέρδους.

Την περίοδο της Αναγέννησης, μπροστά από διάφορα πάλαια κτίρια ( ναούς, ανάκτορα κτλ.) άρχισαν να τοποθετούνται νέες όψεις που σχεδιάζονταν από αρχιτέκτονες και είχαν ως μοναδικό σκοπό τον εξωραϊσμό της υφιστάμενης όψης. Αυτές οι κατασκευές ήταν αποκομμένες από το φέροντα οργανισμό του κτιρίου και λειτουργούσαν ως ελκυστικά σκηνικά ή ως μανδύες που έντυναν εκ των υστέρων τα κτίρια.

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα διαφορετικές ανάγκες, όπως αυτή για περισσότερο φυσικό φωτισμό και μεγαλύτερη ευελιξία στην κάτοψη, θα ωθούσαν τους αρχιτέκτονες να επαναφέρουν ξανά το θέμα του 'διαχωρισμού' του εξωτερικού κελύφους από το στατικό σκελετό. Έτσι, ξεκίνησαν να διερευνούν τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των κουφωμάτων και των υαλοπετασμάτων και να αντικαθιστούν σταδιακά τη βαριά τοιχοποιία

των εξωτερικών όψεων με διάφανες κατασκευές από μέταλλο και γυαλί. Μάλιστα στα μέσα της δεκαετίας του 60' η μέθοδος στερέωσης υαλοπινάκων με φέρουσα σιλικόνη έκανε δυνατή την κάλυψη ολόκληρων όψεων μόνο με γυαλί.

Όμως, σύντομα θα διαφαινόταν ότι αυτή η μορφολογία, που ξεκίνησε ως πρωτοπορία από το Σικάγο και εξαπλώθηκε διεθνώς, είχε αρχίσει να μετατρέπεται σε μια μονοτονία όψεων, που δεν ανταποκρινόταν ούτε στις απαιτήσεις του τοπικού κλίματος αλλά ούτε και στις ανάγκες των χρηστών. Αυτά τα κτίρια, που έμοιαζαν με εγκιβωτισμένους χώρους μέσα σε γυάλινα κουβούκλια, άρχισαν να δέχονται σκληρή κριτική, καθώς οι επενδυτές και οι επιχειρηματίες αναζητούσαν πλέον τη μοναδικότητα ανάμεσα στην ομοιομορφία και σε μια ξεχωριστή ταυτότητα για κάθε κτίριο. Άλλωστε, μετά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 70', τα κτίρια με υαλοπετάσματα κατακριθήκαν και σε σχέση με την ενεργειακή τους συμπεριφορά, καθώς στηρίζονταν εξ ολοκλήρου στον τεχνητό κλιματισμό.

Ο άνθρωπος σχεδόν πάντοτε διακοσμούσε τις όψεις των κτιρίων του, όπως άλλωστε διακοσμούσε και τα ενδύματά του, και ιδιαίτερα τα σημαντικότερα κτίρια, όπως θρησκευτικούς ναούς, μνημεία, ανάκτορα κ.α.

Η «μοντέρνα αρχιτεκτονική» κατάργησε ή τουλάχιστον επιχείρησε να καταργήσει τη χρήση κάθε διακοσμητικού στοιχείου, που είχε αποκλειστικό στόχο τον εξωραϊσμό των όψεων. Η εξωτερική μορφή αντιμετωπίστηκε ως αποκλειστική έκφραση της λειτουργικής και κατασκευαστικής δομής του κτιρίου (form follows function) και η αισθητική αναζητήθηκε στην πλαστικότητα των όγκων και στο παιχνίδι του φωτός με τη σκιά. Κατά τα αρχικά στάδια ( περίοδος μεσοπόλεμου) τα έργα του μοντέρνου κινήματος ήταν λιγιστά και διακρίνονταν ανάμεσα στις λοιπές ιστορικές προσόψεις. Όμως μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η μοντέρνα μορφολογία έγινε το νέο κατεστημένο στην αρχιτεκτονική και η αισθητική αυτών των κτιρίων θα αμφισβητούνταν ως μονότονη και ανιαρή, ενώ θα κατακρίνονταν και η έλλειψη σχέσης αρχιτεκτονικής με τον τόπο και το ιστορικό παρελθόν της.

Έτσι η περίοδος της μεταμοντέρνας αρχιτεκτονικής, που αποκρυσταλλώθηκε στις δεκαετίες του 70' και του 80', θα μπορούσε να ερμηνευτεί και ως μια αντίδραση στη μονοτονία αυτών των κτιρίων. Η πρόσοψη δεν ήταν υποχρεωτικό να αντανακλά μόνο τη λειτουργία, αλλά μπορούσε να μεταφέρει ποικίλα μηνύματα και συμβολισμούς.

Στην αυγή του 21<sup>ου</sup> αιώνα η αρχιτεκτονική φαίνεται να έχει επηρεαστεί βαθιά από την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας. Οι εικόνες μπορούν να δεχτούν ψηφιακή επεξεργασία και να εκτυπωθούν σε μια πληθώρα επιφανειών, ενώ ένα περίγραμμα ή ακόμη και μια τρισδιάστατη μορφή μπορούν να σχεδιαστούν ψηφιακά και κατόπιν να κοπούν ή να χαραχτούν με μεγαλύτερη ακρίβεια ή ακόμα και να εκτυπωθούν τρισδιάστατα.

Οι εξωτερικές όψεις δεν χρειάζονται να υπακούουν στη λειτουργική ή κατασκευαστική δομή του κτιρίου ή να αντανακλούν την χρήση του. Αντιθέτως, μπορούν να μεταφέρουν οποιοδήποτε μήνυμα ή συμβολισμό ή ακόμη και να αντιμετωπίζονται ως γιγαντιαίες οθόνες προβολής μηνυμάτων (media facades). Ωστόσο, αυτό το φαινόμενο δεν μπορεί να θεωρηθεί εντελώς καινούριο, καθώς εδώ και αρκετά χρόνια τμήματα εξωτερικών όψεων πολλών κτιρίων καλύπτονται από διαφημιστικές αφίσες, φωτεινές επιγραφές, τοιχογραφημένα, οθόνες προβολής εικόνων κτλ. Αλλά και μερικά παλιότερα αρχιτεκτονικά παραδείγματα, όπως μουσουλμανικά τεμένη με τα ανάγλυφα αποσπάσματα από το κοράνι ή γοθτικοί ναοί με τα γιγαντιαία υαλογραφήματα, θα μπορούσαν να θεωρηθούν προπομποί του ιδίου φαινομένου.



Το εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων σχετίζεται με την ανάγκη του ανθρώπου να προστατευτεί από τις κλιματικές συνθήκες. Γιατί το λόγο όσο δυσμενέστερο γίνεται το κλίμα μιας εποχής, τόσο μεγαλύτερο έργο απαιτείται να επενδυθεί και τόσο περισσότερες τεχνολογικές καινοτομίες να αναπτυχθούν, ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες διαβίωσης στον εσωτερικό χώρο. Εκτός όμως από αυτή την πρωταρχική ανάγκη, οι σύγχρονες κοινωνίες αντιμετωπίζουν και μια πληθώρα ζητημάτων, που σχετίζονται με την καταστροφή του περιβάλλοντος, τη μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων και κυρίως την οικονομική κρίση. Ως εκ τούτου το ενδιαφέρον τόσο των χρηστών, όσο και των αρχιτεκτόνων άρχισε να μετατοπίζεται προς μια αρχιτεκτονική, η οποία όχι μόνο δεν σπαταλήσει ενέργεια, πρώτες ύλες και πόρους, αλλά εξοικονομεί ή ακόμη παράγει ενέργεια.

Οι εξελίξεις στην τεχνολογία και η ανάπτυξη νέων υλικών μπορούν να συμβάλουν περαιτέρω προς αυτή την κατεύθυνση και τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι πολλά, όπως για παράδειγμα τα σκίαστρα και τα μονωτικά υλικά που εξοικονομούν ενέργεια ή τα φωτοβολήθηκα συστήματα και οι ηλιακοί συλλέκτες που παράγουν ενέργεια. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας το κέλυφος μπορεί να αποκτήσει ακόμα και προσαρμοστική συμπεριφορά σε σχέση με το περιβάλλον του. Είναι δυνατόν δηλαδή να λαμβάνει και να επεξεργάζεται ένα πλήθος δεδομένων τόσο από το εξωτερικό περιβάλλον όσο και από το εσωτερικό (πληθυσμό, κίνηση χρηστών, ανάγκες κτλ.) και να προσαρμόζεται ανάλογα με τα ερεθίσματα.

Κάτω από αυτή την οπτική οι εξωτερικές όψεις αντιμετωπίζονται πλέον ως δυναμικά συστήματα και όχι ως στατικές επιφάνειες. Οι δυναμικές όψεις μπορούν να αλλάζουν σχήμα και μορφή σε πραγματικό χρόνο, ωα διαθέτουν κινητά μέρη που ελέγχονται από αισθητήρες ή ακόμα και να είναι κατασκευασμένες από «ευφυή» υλικά, που τροποποιούν τις ιδιότητες τους (χημικές, μηχανικές, ηλεκτρικές και θερμικές) ανάλογα με τα δεδομένα του περιβάλλοντος. Τέτοια «έξυπνα» υλικά είναι, για παράδειγμα, οι υαλοπίνακες που μεταβάλλουν με αναστρέψιμο τρόπο το βαθμό διαφάνειας ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία ή τα υλικά που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία την ημέρα και αποδίδουν φως το βράδυ.

Οι νέες τεχνολογικές δυνατότητες θα επηρεάσουν περαιτέρω τον σχεδιασμό των εξωτερικών όψεων με τον ίδιο τρόπο, άλλωστε, που κατά το παρελθόν η διάδοση της χρήσης του γυαλιού επηρέασε το μέγεθος των ανοιγμάτων. Παρόλα αυτά, μαζί με τις νέες, εντυπωσιακές τεχνολογίες θα πρέπει να αξιοποιηθεί και η γνώση, που ήδη υπάρχει στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική του κάθε τόπου, καθώς και οι παθητικές μέθοδοι προστασίας των κτιρίων, όπως οι φυτεύσεις, η σκίαση, ο προσανατολισμός κ.α. Άλλωστε, αυτή η γνώση έχει ήδη δοκιμαστεί για την αποτελεσματικότητα της στο πέρασμα των χρόνων και είναι θετικό το γεγονός ότι στην εποχή μας, όχι μόνο δεν θεωρείται παρωχημένη, αλλά, αντίθετα, μελετάται συστηματικά και εκτιμάται ολοένα και περισσότερο.

## **1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ**

Το εύκρατο μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από μια ποικιλία κλιματικών συνθηκών, που εναλλάσσονται μεταξύ τους ανάλογα την εποχή του έτους. Ζεστά καλοκαίρια με ψυχρούς χειμώνες, που διαχωρίζονται με τις ενδιάμεσες ήπιες μεταβατικές περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου, δίνουν μια ευρεία ποικιλία κλιματικών συνθηκών με τον ήλιο να στέλνει την ηλιακή του ακτινοβολία από διαφορετική θέση κάθε εποχή. Αυτή η διαρκής εναλλαγή δεν επιτρέπει τη θεώρηση μιας στατικής κατάστασης, που μπορεί να αντιμετωπιστεί μονοσήμαντα με τυποποιημένες λύσεις για τις ανάγκες ενός κτιρίου, αλλά απαιτεί την

αντιμετώπιση μιας δυναμικής προσέγγισης με πολλές παραμέτρους, οι οποίες δημιουργούν σειρά ζητημάτων, συχνά μεταξύ τους αντικρουόμενων, που επιδέχονται ένα σύνθετο μείγμα λύσεων.

Σ' ένα κτίριο με παθητικό ηλιακό σχεδιασμό στόχο αποτελεί η αξιοποίηση των ευεργετικών επιδράσεων των κλιματικών συνθηκών και η αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεών τους. Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των δωματίων μπορεί να αποτελεί επιθυμητό γεγονός το χειμώνα, είναι όμως εντελώς ανεπιθύμητη το καλοκαίρι. Ομοίως, ασθενές ρεύμα αέρα μπορεί να δίνει την αίσθηση του ανεπιθύμητου κρύου το χειμώνα, λειτουργεί όμως ως επιζητούμενο η δροσερή αύρα το καλοκαίρι. Τα παθητικά συστήματα ενέργειας συμβάλλουν στην θέρμανση τον χειμώνα, βελτιώνοντας το αίσθημα της θερμικής άνεσης, οφείλουν όμως να είναι έτσι διαμορφωμένα, ώστε να απομακρύνουν τα ανεπιθύμητα θερμικά φόρτια το καλοκαίρι.

Αυτά τα στοιχεία διαμορφώνουν το μικρόκλιμα μιας περιοχής. Κάθε κτιριακή μελέτη θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της αυτό το μικρόκλιμα και τις μεταβολές του από την επίδραση του εδάφους και την ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος στον ευρύτερο περιμετρικό χώρο.

Τα κυριότερα στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- 1) Η γεωμετρία της ηλιακής ακτινοβολίας
- 2) Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα
- 3) Η διεύθυνση και η ταχύτητα του αέρα

Στο βαθμό που υπάρχει η δυνατότητα, καλό είναι επίσης για τον προσανατολισμό του κτιρίου να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της σκίασης των γεωμετρικών όγκων του περιβάλλοντος, υπολογίζοντας την κίνηση του ήλιου ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής στις διαφορετικές ώρες της ημέρας και στις εποχές του έτους.

## **1.1 Ανεμοπροστασία**

### **Η κίνηση των αέριων μαζών και η φύση του εδάφους**

Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας επηρεάζεται άμεσα από την ταχύτητα πνοής του ανέμου. Όσο ισχυρότερος είναι ο άνεμος, τόσο λιγότερο επηρεάζεται η θερμοκρασία από τη διακύμανση των ημερήσιων θερμικών φορτίων. Με την πνοή του ανέμου η θερμική ενέργεια που εκπέμπεται από το έδαφος διαχέεται σε ευρύτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και δεν συσσωρεύεται τοπικά. Γι' αυτό σε ένα κτίριο, που βρίσκεται στην κορυφή ενός υψώματος και δέχεται τη διαρκή επίδραση του ανέμου, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη σε μια κοιλάδα, περιμετρικά προστατευόμενη από τους ανέμους. Άλλωστε, η ροή του ανέμου στην κορυφή ενός υψώματος επιταχύνεται λόγω της πύκνωσης αέριων στρωμάτων. Αλλά και πολλές εδαφικές διαμορφώσεις προκαλούν μικρά ρεύματα αέρα. Όταν ο αέρας, που είναι σε επαφή με μια ψυχρή επιφάνεια και βρίσκεται σε χαμηλό υψόμετρο, θερμανθεί από την ηλιακή ακτινοβολία, γίνεται ελαφρότερος και τείνει να ανέλθει σε υψηλότερα στρώματα. Τη θέση του τότε τείνουν να καλύψουν άλλες αέριες μάζες. Αυτές οι αλλαγές πυκνότητας που προκαλούνται στον αέρα δημιουργούν μικρές κινήσεις των

στρωμάτων του, που συνήθως έχουν κυκλική μορφή (πεδινή αύρα). Το φαινόμενο παρουσιάζεται πιο έντονο σε περιοχές με εδαφικούς όγκους που γειτνιάζουν με υδάτινες επιφάνειες. Το έδαφος θερμαίνεται πιο εύκολα και άρα πιο γρήγορα από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία από ότι ένας υδάτινος όγκος, καθώς ο τελευταίος λόγω μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας παρουσιάζει ισχυρότερη θερμική αδράνεια. Για τον ίδιο λόγο το εντελώς αντίθετο συμβαίνει με την ψύξη του: ο εδαφικός όγκος ψύχεται ταχύτερα από τον υδάτινο, επιτρέποντας τη διατήρηση στην επιφάνειά του, υψηλότερων θερμοκρασιών και άρα θερμότερων μαζών αέρα. Αυτός είναι και ο λόγος που στη διάρκεια της ημέρας τόσο κατά τη χειμερινή, όσο και κατά τη θερινή περίοδο οι αέριες μάζες κινούνται άλλοτε από το έδαφος προς τις υδάτινες επιφάνειες και άλλοτε αντίθετα, ανάλογα με το ποια επιφάνεια διατηρεί χαμηλότερη και ποια υψηλότερη θερμοκρασία (θαλάσσια αύρα).

## **Η επίδραση στο κτίριο**

Η πνοή του ανέμου με όλο αυτό τον κύκλο ροής επηρεάζει σημαντικά την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στις επιφανείες του κτιρίου. Στις πόλεις η ροή του παρουσιάζεται πιο στροβιλώδης από την ύπαιθρο και με διαφοροποιήσεις από θέση σε θέση λόγω των περίπλοκων διαδρομών που δημιουργούν οι όγκοι των κτιρίων. Όταν ο άνεμος συναντά ένα εμπόδιο, η ταχύτητά του και η διεύθυνσή του τροποποιούνται. Η στερεή μάζα των κτιρίων υποχρεώνει τον άνεμο να κατευθυνθεί είτε πλευρικά είτε επάνω από το κτίριο, δημιουργώντας αέριες μάζες που κινούνται με μεγαλύτερες ή μικρότερες ταχύτητες. Η πλευρά που είναι εκτεθειμένη στον άνεμο (προσήνεμη πλευρά) δέχεται την επίδραση των αέριων μαζών που ασκούν επάνω της θετική πίεση, ενώ η πλευρά προς την αντίθετη κατεύθυνση (υπήμενη πλευρά) είναι προστατευμένη και δέχεται σχεδόν μηδενική πίεση ή γενικώς μειωμένη.

Επιπλέον όμως, στην ύπαιθρο η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται με την απόσταση από το έδαφος. Δεν συμβαίνει πάντοτε το ίδιο και στις πόλεις. Λόγω των εμποδίων που δημιουργούν οι όγκοι των κτιρίων, στους ενδιάμεσους ορόφους μπορεί να εμφανίζεται μικρότερη ταχύτητα του αέρα από ότι στην επιφάνεια. Η ανομοιομορφία των κτιρίων (άλλα κτίρια διαμορφώνουν το ισόγειο με συμπαγείς όγκους και άλλα με υπόστυλους διαμπερείς χώρους) επιτείνει αυτό το φαινόμενο, προκαλώντας άλλοτε πυκνώσεις των αέριων μαζών με μεγαλύτερη ταχύτητα και άλλοτε αραιώσεις με πιο ήρεμες περιοχές.

Η ανάπτυξη τοίχων κάθετων στη διεύθυνση του ανέμου ή παράλληλων προς αυτή δημιουργεί ή αίρει τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία ρεύματος αέρα που άλλοτε μπορεί να είναι επιθυμητό (διαμπερής αερισμός το καλοκαίρι) και άλλοτε ανεπιθύμητο (ψύξη του τοίχου το χειμώνα). Προφανώς σ' αυτή την κατεύθυνση υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες (προσανατολισμός της όψης, ανακλαστικότητα υλικών κτλ.), που επηρεάζουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό ο καθένας το τελικό αποτέλεσμα.

## **Μετρά προστασίας**

Σε μια δενδροφυτεμένη περιοχή μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα η δράση του αέρα πέριξ του κτιρίου παρά σε μια περιοχή με χαμηλή βλάστηση. Στόχος είναι τα φυτά να προβάλλουν αντίσταση στον άνεμο που φυσά κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αλλά και πάλι η απόλυτη αντίσταση στην πνοή του ανέμου μέχρι το ύψος των φυτών μπορεί μεν να ανακόψει την πνοή του, μπορεί όμως και να δημιουργήσει στροβιλισμούς στην υπήμενη περιοχή. Έτσι,

κτίρια με υψηλή περίφραξη ή αυτά που προστατεύονται από την προσήνεμη περιοχή από πυκνή δόμηση ή πυκνή συστάδα δένδρων, ιδίως σε εξοχικές ή αγροτικές κατοικίες, μπορεί να δεχτούν έντονα την πνοή του ανέμου λόγω στροβίλων στην υπήνεμη πλευρά του κτιρίου, ιδιαίτερα αν η γεωμετρία του κτιρίου ευνοεί κάτι τέτοιο.

Γενικώς, η επίδραση του ανέμου θα πρέπει να αξιολογηθεί λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του κτιρίου και το επιταχυνόμενο όφελος. Μια ισχυρής προστασίας συστάδα δένδρων θα λειτουργεί ικανοποιητικά ως φράκτης στην ανεπιθύμητη πνοή του ανέμου το χειμώνα, αλλά και με τον ίδιο τρόπο, ως ανεμοφράκτης, δεν θα πάψει να λειτουργεί και το καλοκαίρι και τότε θα παρεμποδίζει την ευεργετική επίδραση του ανέμου για δροσισμό.

Έτσι, σε τέτοιες περιπτώσεις πολύ πιο αποτελεσματικοί εμφανίζονται φράκτες ή συστάδες δένδρων που διαμορφώνουν στο ύψος τους διάτρητα πετάσματα και ως ένα βαθμό, ανάλογα με την πυκνότητα της δενδροφύτευσης και του φυλλώματος των δένδρων, είναι διαπερατά από τον πνέοντα άνεμο. Τότε το χειμώνα η επίδραση του ανέμου περιορίζεται σημαντικά και αποφεύγονται φαινόμενα στροβιλισμών στην υπήνεμη περιοχή, ενώ το καλοκαίρι παρέχεται η δυνατότητα δροσισμού λόγω χαμηλής πνοής του ανέμου που διαμορφώνει ο ελεγχόμενος ανεμοφράκτης (δενδροφύτευση ή διαμόρφωση φράκτη).

## 1.2 Τα ανοίγματα στις όψεις και ο φωτισμός

Σχεδόν όλα τα κτιριακά κελύφη διακόπτουν τη συνέχεια του αδιαφανούς τμήματός τους από τα ανοίγματα, δηλαδή από κενά σημεία που συμπληρώνονται με τα κουφώματα. Μέσω των κουφωμάτων εξασφαλίζεται η οπτική επικοινωνία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και διασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός, ο ηλιακός και ο αερισμός των εσωτερικών χώρων. Επιπροσθέτως, τα ανοίγματα με τα κουφώματα που τα συμπληρώνουν αποτελούν και σημαντικά χαρακτηριστικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής όψης του κτιρίου.

### Η σκίαση στον Κ.Εν.Α.Κ.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. λαμβάνει υπόψη του την επίδραση των διαφόρων στοιχείων σκίασης στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους υπολογισμούς του ως ποσότητας ενέργειας που επηρεάζει το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και όχι ως ποσότητας φωτός που επηρεάζει την οπτική άνεση, κάνοντας χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ τους συντελεστών σκίασης, που καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκιάστρα) και τη γεωμετρία τους:

- Του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γεινιάζοντα κτίρια κτλ.)
- Του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο
- Του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο κατά περίπτωση.

Η συνολική σκίαση δομικού στοιχείου προκύπτει ως γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για την χειμερινή περίοδο και ένας για την θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται.

Όλοι οι συντελεστές σκίασης είναι μειωτικοί και λαμβάνουν τιμή ίση με την μονάδα (1),

όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με το μηδέν (0) για πλήρη σκίαση.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. δεν λαμβάνει υπόψη του τη σκίαση που προσφέρουν στα ανοίγματα κινητά πετάσματα (κουρτίνες, παντζούρια, ρολά κτλ.), καθώς θεωρεί ότι αυτά δεν αποτελούν μόνιμα, αλλά μεταβλητά εμπόδια που αναλόγως των επιλογών του χρήστη επηρεάζουν την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

### 1.3 Ηχομόνωση

Η διαχείριση του ήχου και του θορύβου στο εσωτερικό των κτιρίων επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό της ηχομόνωσης και της ακουστικής των χώρων. Αντίστοιχες μελέτες εκπονούνται κατά βάση μόνο σε περιπτώσεις ειδικών κτιρίων, ενώ δεν απαιτούνται στο πλαίσιο έκδοσης οικοδομικής άδειας για τις συνήθεις κατασκευές. Πρακτικά, οι απαιτήσεις που θέτει η υποχρέωση για θερμομονωτική προστασία των κατασκευών, λόγω της φύσης ορισμένων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό και της θέσης τους στο κέλυφος, είναι δυνατόν να εξασφαλίσουν ταυτόχρονα και ένα βαθμό ηχομονωτικής προστασίας έναντι των θορύβων του εξωτερικού περιβάλλοντος ή και εκείνων που προκαλούνται από τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου.

Ο βασικός ρόλος των όψεων των κτιρίων στην επίτευξη του επιθυμητού ακουστικού περιβάλλοντος είναι εκείνος της παροχής ηχοπροστασίας από τους θορύβους που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Η ηχομονωτική ικανότητα που απαιτείται να έχει ένας εξωτερικός τοίχος είναι ίση με τη διαφορά της στάθμης θορύβου που είναι αποδεκτή για τον εσωτερικό χώρο.

#### Τα ηχοαπορροφητικά υλικά

Τα υλικά που διαθέτουν ηχοαπορροφητικές ιδιότητες είναι εκείνα που έχουν πορώδη μάζα με ανοικτούς θύλακες, μέσα στους οποίους εισέρχεται η κινητική ενέργεια των ηχητικών κυμάτων, ανακλάται πολλαπλά και μετατρέπεται σε θερμική. Ορισμένα από τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση των κτιρίων έχουν και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες (πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας), ενώ εκείνα που έχουν κλειστούς ή σχετικά κλειστούς θύλακες (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηχομονωτικά υλικά. Τα αφρώδη υλικά που έχουν ανοικτούς πόρους λειτουργούν εξαιρετικά ως ηχοαπορροφητικά, εφόσον χρησιμοποιηθούν σε κατάλληλο πάχος στρώσης.

Οι ιδιότητες της απορρόφησης, της ανάκλασης και της απόσβεσης του ήχου δεν συνυπάρχουν εν γένει ταυτόχρονα στο ίδιο υλικό.

#### Ηχομόνωση τοιχοποιίας

Η ηχομονωτική προστασία που παρέχει ένας τοίχος εξαρτάται κυρίως από τέσσερις παράγοντες:

- Την επιφανειακή του μάζα

- Την ακαμψία του
- Τον τρόπο σύνδεσής του με τα γειτονικά δομικά στοιχεία και
- Τη συχνότητα του ήχου που προσπίπτει στην επιφάνεια του τοίχου.

Οι συνήθειες τοίχων από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή που περιβάλλουν τα σύγχρονα κτίρια γενικά ανταποκρίνονται επαρκώς στις απαιτήσεις ηχοπροστασίας που τίθενται για τις όψεις.

Επιπλέον, η επένδυση των όψεων με μεταλλικά φύλλα ή με φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, εφόσον γίνεται με τη μορφή ανάπτυξης ενός δεύτερου κελύφους, σε απόσταση από το εσωτερικό, μπορεί να συμβάλει στη περαιτέρω ενίσχυση της ηχομόνωσης του τοίχου. Σ' αυτή την περίπτωση το βέλτιστο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την πλήρωση του διακένου μεταξύ των δύο κελυφών με ηχομονωτικό υλικό, είτε σε όλο το πλάτος του διακένου είτε σε ένα μέρος του. Εξάλλου, στην κατεύθυνση της αύξησης της ηχομόνωσης λειτουργεί η αύξηση της επιφανειακής μάζας του τοίχου, η αύξηση του πλάτους του διακένου, καθώς και η πρόβλεψη το ένα από τα δυο κελύφη (πρακτικά το εξωτερικό) να διαθέτει ελαστικότητα.

Τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των δύο κελυφών αποτελούν ηχογέφυρες και για αυτό το λόγο είναι σκόπιμο η πυκνότητά τους να είναι περιορισμένη (χωρίς βέβαια αυτό να αποβαίνει σε βάρος της στατικής ευστάθειας και αντοχής της κατασκευής).

## **Ηχομόνωση κουφωμάτων**

Σε συνήθειες εξωτερικούς τοίχους από οπτοπλινθοδομή που διακόπτεται από ανοίγματα, η ηχοπροστασία που παρέχεται από το σύνολο της όψης εξαρτάται τόσο από την ηχομόνωση των αδιαφανών τμημάτων, όσο και από εκείνη των διαφανών.

Μάλιστα, επειδή τα διαφανή τμήματα είναι και τα πιο αδύναμα ως προς την ηχοπροστασία που παρέχουν, όσο λιγότερο ηχομονωτικά είναι, τόσο περισσότερο ακυρώνουν τις ενδεχομένως καλές ιδιότητες της οπτοπλινθοδομής.

Σε κουφώματα που διαθέτουν μονό υαλοπίνακα, αύξηση του πάχους του υαλοπίνακα επιφέρει ως ένα βαθμό βελτίωση της ηχομόνωσης, που όμως παραμένει γενικά περιορισμένη. Για να επιτευχθεί ικανοποιητική ηχομόνωση των κουφωμάτων επιβάλλεται η χρήση διπλού υαλοπίνακα. Σ' αυτή την περίπτωση η ηχομείωση που επιτυγχάνεται συναρτάται με το πάχος των υαλοπινάκων και με το πλάτος του μεταξύ τους διακένου. Τα καλύτερα αποτελέσματα αποδίδει η χρήση υαλοπινάκων διαφορετικού πάχους με πλάτος διακένου τουλάχιστον 12mm.

Οι δίοδοι αέρα που εντοπίζονται μεταξύ υαλοπίνακα και πλαισίου κουφώματος, μεταξύ πλαισίου και κάσα κουφώματος, καθώς και μεταξύ της κάσας του κουφώματος και τοίχου επιτρέπουν τη διέλευση του αερόφερτου ήχου και μειώνουν τη ηχομονωτική συνεισφορά του κουφώματος. Γι' αυτό το λόγο οφείλει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για τη σφράγιση των αρμών, η οποία παράλληλα προσφέρει αυξημένη αεροστεγανότητα στο κέλυφος.

## 1.4 Η θερμομονωτική προστασία του εξωτερικού κελύφους

### Θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα

Η θερμοχωρητικότητα ενός δομικού στοιχείου καθορίζει την ικανότητα του να συσσωρεύει θερμότητα και να την επαναποδίδει αργότερα στο περιβάλλον. Προκύπτει αθροιστικά από τη θερμοχωρητικότητα των επί μέρους υλικών που συνθέτουν το δομικό στοιχείο και εξαρτάται από τη μάζα του υλικού. Σε γενικές γραμμές, υλικά με μεγάλη έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα, ενώ υλικά με μικρή μάζα έχουν χαμηλή θερμοχωρητικότητα. Η ικανότητα του κάθε υλικού να αποθηκεύει θερμότητα σε μεγαλύτερη ή μικρότερη ποσότητα προσδιορίζεται από ένα συντελεστή, την ειδική θερμότητα ή ειδική θερμοχωρητικότητα  $c$  (μετράται σε  $\text{kJ}/(\text{kg} \times \text{K})$ ), που ορίζει την ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να αυξήσει η μονάδα της μάζας του υλικού τη θερμοκρασία κατά ένα βαθμό Κελσίου (ή Κέλβιν). Η συμβατική τιμή της ειδικής θερμοχωρητικότητας του κάθε υλικού δίνεται σε πίνακα με τις θερμοϊονικές ιδιότητες των υλικών στη δεύτερη τεχνική οδηγία του Κ.Εν.Α.Κ. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010).

Είναι σαφές ότι τα θερμομονωτικά υλικά, σχεδόν στο σύνολο τους, λόγω μικρής παρεχομένης μάζας, έχουν και μικρή θερμοχωρητικότητα. Αντιθέτως, τα βαριά υλικά, λόγω μεγάλης μάζας, έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Ομοίως, η μάζα του υλικού είναι στοιχείο που συνήθως χαρακτηρίζει τη θερμική αγωγιμότητα (μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας), ενώ τα βαριά υλικά παρουσιάζουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα. Το ιδανικό σε ένα υλικό είναι να παρουσιάζει:

- Αφενός υψηλή θερμοχωρητικότητα, ώστε να αποθηκεύει θερμότητα το χειμώνα και επαναποδίδοντάς την στον εσωτερικό χώρο να διατηρεί τη θερμοκρασία του για μακρό διάστημα σε υψηλά επίπεδα
- Και αφετέρου να έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, ώστε το μεν χειμώνα να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό χώρο στο μικρότερο δυνατό βαθμό, το δε καλοκαίρι να ελαχιστοποιούνται οι υψηλές θερμικές πρόσδοι από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Αυτές οι δυο απαιτήσεις είναι μεταξύ τους αντιφατικές και δεν μπορούν να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα από το ίδιο υλικό, διότι η πυκνότητα της μάζας του ή θα είναι μικρή και θα εξυπηρετεί τη μία ανάγκη ή θα είναι μεγάλη και θα εξυπηρετεί την άλλη. Ελάχιστα υλικά μπορούν να ισορροπήσουν ανάμεσα στις δύο απαιτήσεις και να δώσουν ένα στοιχειωδώς ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Έτσι, ο πιο ασφαλής τρόπος για να μπορεί να ανταποκριθεί ένα δομικό στοιχείο και στις δύο αξιώσεις, είναι να συντίθεται από δύο τουλάχιστον διαφορετικά υλικά, εκ των οποίων το ένα να θα ανταποκρίνονται στην απαίτηση για υψηλή θερμοκρασία και το άλλο στην απαίτηση για χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Σε αυτό άλλωστε συμβάλουν και τα θερμομονωτικά υλικά, αναλαμβάνοντας το ρόλο της θερμικής προστασίας.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. ορίζει τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο για τις τέσσερες κλιματικές ζώνες, στις οποίες διαιρείται η ελληνική επικράτεια. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές που όριζε ο προηγούμενος Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, και οδηγούν κατ'ουσία σε μεγαλύτερα πάχη θερμομονωτικής στρώσης.

## Η εξωτερική και η εσωτερική θερμομόνωση

Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης είναι καθοριστική για τη συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου του εξωτερικού κελύφους έναντι της μετάδοσης της θερμότητας. Η θερμομόνωση περιορίζει τις απώλειες θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον και θερμικές προσόδους από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο.

Αν η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε θέση που να αφήνει εκτεθειμένη τη μεγάλη θερμική μάζα των υπόλοιπων στρώσεων στην επίδραση των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών, τότε δεν γίνεται καμία αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του δομικού στοιχείου. Αντιθέτως, αν η θερμική μάζα προστατεύεται θερμομονωτικά, τότε αξιοποιείται θερμοχωρητικότητα των υπολοίπων στρώσεων.

Έτσι, με βάση τα παραπάνω, η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί από την εξωτερική ή την εσωτερική πλευρά ενός δομικού στοιχείου του εξωτερικού κελύφους.

Η εξωτερική θερμομονωτική προστασία:

- Αξιοποιεί τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας
- Μειώνει στο ελάχιστο την πιθανότητα σχηματισμού θερμογεφυρών
- Δεν ευνοεί το σχηματισμό συμπύκνωσης στο εσωτερικό των στρώσεων του δομικού στοιχείου λόγω διάχυσης των υδρατμών.

Αντιθέτως:

- Καθυστερεί την αρχική θέρμανση του χώρου,
- Απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση του συστήματος θερμομόνωσης και
- Περιορίζει τα θερμομονωτικά υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν, καθώς πολλά από αυτά παρουσιάζονται ιδιαίτερα ευάλωτα στην επίδραση των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών

Η εσωτερική θερμομονωτική προστασία:

- Εννοεί τη σύντομη θέρμανση του χώρου
- Δεν εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της υφιστάμενης τοιχοποιίας,
- Εφαρμόζεται με όλα τα θερμομονωτικά υλικά, χωρίς να θέτει προϋποθέσεις ιδιαίτερης προστασίας τους

Αντιθέτως:

- Επιτρέπει τη γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης
- Ευνοεί το σχηματισμό θερμογεφυρών στα σημεία συνάντησης των δομικών στοιχείων
- Ευνοεί το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών

Είναι σαφές ότι η επιλογή της κατάλληλης λύσης εξαρτάται κάθε φορά από τον επιδιωκόμενο στόχο. Έτσι, για παράδειγμα η αξιοποίηση ή όχι της θερμοχωρητικότητας μιας εξωτερικής τοιχοποιίας συνδέεται κυρίως με τη χρήση του χώρου:



Η λύση της εξωτερικής θερμομονωτικής προστασίας προτιμάται σε κτίρια συνεχούς χρήσης (π.χ. κατοικίες, θεραπευτήρια κτλ), διότι επιδιώκεται η διατήρηση μιας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας κατά την χειμερινή περίοδο. Η θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας επιτρέπει τη διατήρηση της θερμότητας σε ικανοποιητικά επίπεδα μετά τη διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης, ιδίως κατά τις νυχτερινές ώρες. Οι τοίχοι επαναποδίδουν τη θερμότητα που συσσωρεύουν κατά τη διάρκεια θέρμανσης του χώρου. Μέχρι την επαναλειτουργία του συστήματος θέρμανσης η θερμική μάζα των τοίχων διατηρεί τη θερμοκρασία του χώρου σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Η λύση της εσωτερικής θερμομόνωσης συνήθως επιλέγεται σε κτίρια διακοπτόμενης χρήσης (π.χ. γραφεία, χώρους ψυχαγωγίας, εκπαιδευτήρια κτλ.). Σ' αυτά ζητούμενο είναι περισσότερο η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης και λιγότερο (ή καθόλου) η διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου σε υψηλά επίπεδα μετά τη διακοπή της χρήσης του. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης ο εξωτερικός τοίχος παραμένει ψυχρός και η θερμική του μάζα δεν αξιοποιείται. Επομένως, μετά τη διακοπή της θέρμανσης ο τοίχος δεν έχει συσσωρεύσει θερμότητα για να μπορεί να την επαναποδώσει στον εσωτερικό χώρο και αυτός σύντομα ψύχεται. Οι δομικές επιφάνειες θα επανακτήσουν τη θερμότητα- και μάλιστα με γρήγορους ρυθμούς- μόλις ξανατεθεί σε λειτουργία η κεντρική θέρμανση.

### **Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα.**

Ενδιάμεση λύση αποτελεί η δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα. Συμβάλλει μεν στη θερμική προστασία με την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του εσωτερικού κελύφους, παρέχει δε προστασία στη θερμομονωτική στρώση με την επικάλυψη του εξωτερικού κελύφους.

Η θερμομόνωση στον πυρήνα δικέλυφης τοιχοποιίας:

- προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία στην τοποθέτηση των θερμομονωτικών υλικών
- διατηρεί ανεπηρέαστη τη θερμομόνωση από βροχή
- συνδυάζει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου (έστω και μερικής) με την ελευθερία αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης των όψεων.

Αντιθέτως:

- απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα για τη σύνδεση των δύο κελυφών (απαιτήσεις αντισεισμικής συμπεριφοράς)
- δεν εκμεταλλεύεται πλήρως αλλά μόνο μερικώς τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας
- δεν επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση της υγρασίας, αν το θερμομονωτικό υλικό είναι ευπρόσβλητο και προσβληθεί από αυτήν, είτε το αίτιο είναι βροχή είτε η υγρασία εδάφους είτε η συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών
- επιτρέπει το σχηματισμό θερμογεφυρών στην επαφή με τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού.

Με την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. η δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα παρουσιάζει κατασκευαστικά προβλήματα λόγω της απαίτησης του κανονισμού για μεγαλύτερα πάχη θερμομονωτικής στρώσης σε σύγκριση με τα πάχη που απαιτούσε ο

προηγούμενος Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων. Το απαιτούμενο πάχος της θερμομονωτικής στρώσης, ιδίως στις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες Γ και Δ, μπορεί να φθάσει τα 8 με 10cm, ανάλογα με την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  του επιλεγόμενου θερμομονωτικού υλικού. Τότε το εξωτερικό κέλυφος της δικέλυφης τοιχοποιίας μπορεί να βρεθεί να πατάει σχεδόν στο σύνολό του επάνω στην εξωτερικά τοποθετημένη θερμομονωτική στρώση της δοκού του υποκείμενου ορόφου, δημιουργώντας ζητήματα ευστάθειας της κατασκευής.

## Δικέλυφη τοιχοποιία με διάκενο αερισμό

Μια κατασκευαστική λύση που δείχνει να συνδυάζει τα πλεονεκτήματα όλων των παραπάνω περιπτώσεων και να περιορίζει τα μειονεκτήματά τους είναι η δικέλυφη τοιχοποιία με διάκενο αερισμού.

Κατ'ουσίαν πρόκειται για μια τοιχοποιία με εξωτερική θερμομόνωση που προστατεύεται εξωτερικά από ένα μικρού πάχους κέλυφος που διαχωρίζεται από το κύριο σώμα της θερμικά προστατευμένης τοιχοποιίας με τη μεσολάβηση ενός διακένου αερισμού. Μ' αυτό τον τρόπο αξιοποιείται στο έπακρο η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, προστατεύεται η θερμομονωτική στρώση από την επίδραση των κλιματικών συνθηκών και διευκολύνεται η εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών από τον εσωτερικό χώρο.

Στο χώρο του διακένου αναπτύσσεται συνήθως μεταλλικός κάνναβος, αποτελούμενος από ορθοστάτες, στρωτήρες και τραβέρσες που καταλήγουν σε αγκύρια. Ο κάνναβος στερεώνεται επί του εσωτερικού κελύφους της τοιχοποιίας, ενώ επί των αγκυρίων στηρίζεται το εξωτερικό λεπτότοιχο κέλυφος. Η στερέωση και η αγκύρωση οφείλουν να είναι ισχυρές και ο κάνναβος να είναι σε θέση να παραλάβει τα φορτία του εξωτερικού κελύφους. Διαφορετικά, υπάρχει κίνδυνος πτώσης μέρους ή όλου του συστήματος. Μεταξύ των ορθοστατών τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό, το πάχος του οποίου είναι προφανώς μικρότερο του πάχους του διακένου, ώστε να μην το συμπληρώσει και να μην ακυρώσει η λειτουργία του.

Το εξωτερικό κέλυφος μπορεί να κατασκευαστεί από τσιμεντοσανίδες, μαρμάρινες πλάκες, κεραμικά πλακίδια, μεταλλικά φύλλα, τεχνητές ή φυσικές λίθινες πλάκες και άλλα υλικά, που μπορούν να διαμορφώσουν ένα εξωτερικό πέτασμα μικρού πάχους. Στη βάση και στην κορωνίδα του διανοίγονται οπές ή διαμορφώνονται επιμήκεις σχισμές που επιτρέπουν τη διέλευση του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος και την κίνησή του στο διάκενο. Ο διερχόμενος αέρας παραλαμβάνει τους διαχόμενους υδρατμούς και τους οδηγεί στο εξωτερικό περιβάλλον, όπου και εκτονώνονται. Οι οπές οφείλουν να καλύπτονται από πυκνό συνθετικό ή μεταλλικό πλέγμα που παρεμποδίζει την είσοδο στο διάκενο ανεπιθύμητων ζωικών οργανισμών (ζωυφίων, εντόμων, πτηνών, τρωκτικών, ερπετών κτλ.), που αναζητούν σ' αυτό τη διαμόρφωση μιας προστατευμένης φωλιάς.

Επισημαίνεται ότι το θερμομονωτικό υλικό οφείλει να «βλέπει» ελεύθερα στο διάκενο και να μην επικαλύπτεται από συνθετικά προστατευτικά φύλλα (νάιλον), φύλλα αλουμινίου ή άλλα υλικά που παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση στην διάχυση των υδρατμών, διότι τότε ακυρώνεται η λειτουργία του διακένου και ευνοείται ο σχηματισμός υγρασίας συμπύκνωσης λόγω διάχυσης επάνω στο θερμομονωτικό υλικό.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, στα θετικά του συστήματος καταγράφονται:

- Η εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του εσωτερικού κελύφους της εξωτερικής τοιχοποιίας που αποτελεί και το κυρίως σώμα του δομικού στοιχείου.

- Η ελεύθερη «διαπνοή» του τοίχου και η αποτροπή σχηματισμού συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών.
- Η μείωση στο ελάχιστο του αριθμού των θερμογεφυρών, δεδομένου ότι το εξωτερικό προστατευτικό κέλυφος εκτείνεται σε όλη την έκταση της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου.
- Η προστασία του εσωτερικού κελύφους από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, την επίδραση της υγρασίας και γενικότερα από το σύνολο των καιρικών φαινομένων.

Αντιθέτως, στα αρνητικά καταγράφονται:

- Ο κίνδυνος πτώσης των στοιχείων που συνθέτουν το εξωτερικό κέλυφος, αν δεν αγκυρωθούν καλά επάνω στον κάρναβο στήριξης.
- Ο κίνδυνος μετατροπής του διακένου σε φωλιά εντόμων, ζωφίων και άλλων οργανισμών, αν δεν προστατευτούν καλά οι οπές αερισμού με ένα πυκνό πλέγμα και επιπροσθέτως ο κίνδυνος καταστροφής της θερμομονωτικής στρώσης, εάν αυτή συντίθεται από οργανικά υλικά, καθώς ορισμένα από αυτά αποτελούν επιλεγμένη τροφή πολλών μικρών οργανισμών.
- Ο περιορισμός της δυνατότητας διαμόρφωσης σύνθετων αρχιτεκτονικών στοιχείων στην όψη τους.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, δεν υπάρχει κάποιος γενικός κανόνας για τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης. Η κάθε περίπτωση παρουσιάζει τα αρνητικά και τα θετικά σημεία και επαφίεται στο μελετητή να αποφασίσει για τον τύπο της κατασκευής που θα επιλέξει, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πιθανές παραμέτρους που θα επηρεάσουν τη συμπεριφορά του κτιρίου και κυρίως το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

## 1.5 Υγραπροστασία

Η προστασίας μιας τοιχοποιίας από την υγρασία αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα στην κατασκευή της. Η παρουσία είναι πολλαπλώς επιζήμια και κατατείνει στη σταδιακή φθορά της τοιχοποιίας. Οι βλάβες που προκαλεί παρουσιάζονται με πολλές μορφές και κατά κανόνα οφείλονται στην άμεση επίδραση στα υλικά και στις μεταβολές που επιφέρει στις μηχανικές, φυσικές και χημικές ιδιότητές τους, ενώ άλλες φορές οφείλονται στην έμμεση επίδρασή της με τη βοήθεια που προσφέρει στη δράση άλλων παραγόντων επάνω σ' αυτά.

Οι συνηθέστερες φθορές που μπορεί να προκαλέσει η υγρασία σε μια τοιχοποιία είναι διάλυση και αποσάθρωση των δομικών υλικών, διογκώσεις, αποφλοιώσεις και αποκολλήσεις, σχηματισμός εξανθημάτων, χημικές διαβρώσεις και οξειδώσεις, αποχρωματισμοί των επιφανειών, θραύσεις και ρηγματώσεις, μείωση έως και εξάλειψη των θερμομονωτικών ιδιοτήτων των υλικών, ανάπτυξη φυτοφυίας και μικροοργανισμών κτλ. Παρά το μέγεθος των προβλημάτων που προκαλεί, ο κίνδυνος συχνά δεν αξιολογείται με τη δέουσα βαρύτητα με αποτέλεσμα η δράση της να επιτείνεται και τα προβλήματα να αυξάνονται σε βαθμό που σε ορισμένες περιπτώσεις να δημιουργεί μη αντιστρεπτές καταστάσεις.

### Η υγρασία του εδάφους

Η υγρασία του εδάφους είναι μια από τις σοβαρότερες και πλέον δύσκολα αντιμετωπίσιμες μορφές υγρασίας, αν η λήψη μέτρων αποφασιστεί εκ των υστέρων, δηλαδή μετά την

ολοκλήρωση της κατασκευής. Ανέρχεται από το έδαφος μέσω των τριχοειδών αγγείων της κατασκευής και μπορεί να οφείλεται:

- Στα επιφανειακά, στάσιμα ή ρέοντα νερά που προέρχονται είτε από φυσικά φαινόμενα (βροχή, χιόνι) είτε από την παρουσία κάποιας επιφανειακής πηγής υγρασίας (π.χ. βρύση, υδρορροή, σωλήνας ύδρευσης ή αποχέτευσης που παρουσιάζει διαρροή, αρδευτικό κανάλι κτλ.)
- Σε υπόγεια νερά μικρού βάθους, οφειλόμενα και πάλι σε κάποια διαρροή που εμποτίζει το έδαφος και αυτό μεταφέρει με τη σειρά του το νερό στην κτιριακή κατασκευή (αγωγός ύδρευσης ή αποχέτευσης, υπόνομος, δεξαμενή, πισίνα κτλ.)
- Σε υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα που είτε βρίσκεται υψηλότερα της στάθμης θεμελίωσης της κτιριακής κατασκευής, οπότε προσβάλλει άμεσα τα δομικά στοιχεία, είτε βρίσκεται χαμηλότερα αυτής, οπότε προσβάλλει την κτιριακή κατασκευή μέσω των τριχοειδών αγγείων του εδάφους.

Ο βαθμός προσβολής ποικίλλει και εξαρτάται από την ποσότητα του νερού, την τριχοειδή αγωγιμότητα τόσο του εδάφους, όσο και των δομικών στοιχείων, τα μέτρα προστασίας που ληφθεί κτλ.

Σε μια νεόδμητη κατασκευή το πρόβλημα της υγρασίας αντιμετωπίζεται με την πλήρη στεγανοποιητική προστασία των δομικών στοιχείων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Αυτή επιτυγχάνεται είτε με ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτικές μεμβράνες) είτε με ασφαλτικές επαλείψεις στα οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα είτε με την προσθήκη στεγανοποιητικού μάζας κατά την Παρασκευή του σκυροδέματος των φέροντων δομικών στοιχείων. Η στεγανοποιητική προστασία πρέπει να καλύπτει όλες τις επιφάνειες και να μη σταματά στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά να ανέρχεται στα δομικά στοιχεία σε ύψος περίπου 20-30cm. Η ασφαλτική στεγανοποιητική στρώση (είτε σε μεμβράνες είτε σε επαλείψεις) στο υπόγειο τμήμα της πρέπει να προστατεύεται από αιχμηρά αντικείμενα που μπορεί να την «πληγώσουν», ενώ κατά το τμήμα της που προεξέχει της επιφάνειας του εδάφους οφείλει να προστατεύεται από την υπερώδη ηλιακή ακτινοβολία που προκαλεί τη γήρανσή της με επικάλυψη κάποιου άλλου υλικού (π.χ. με διακοσμητικά τούβλα).

## **Η υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης**

Εκδηλώνεται στην εσωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων και οφείλεται στην υγραποίηση της περίσσειας των υδρατμών της ατμόσφαιρας που δεν μπορούν να συγκρατηθούν σε μια δεδομένη τιμή θερμοκρασίας του αέρα. Εκδηλώνεται σε δομικά στοιχεία που δεν είναι θερμικά προστατευμένα ή είναι ανεπαρκώς προστατευμένα. Ομοίως, εμφανίζεται στις ψυχρότερες θέσεις των δομικών στοιχείων που είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε για λόγους γεωμετρίας της κατασκευής αποτελούν θερμογέφυρες και έχουν και αυτά περιορισμένη ή ανεπαρκή θερμική προστασία.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος επιτυγχάνεται με τη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής και την εξάλειψη ή τουλάχιστον, τον θερμογεφυρών.

Η υγρασία συμπύκνωσης δεν σχηματίζεται ποτέ στις εξωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Επομένως, μπορεί να μην επηρεάζει την αισθητική της όψης, επηρεάζει όμως την ποιότητα της κατασκευής και αναιρεί τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

## **Η υγρασία λόγω συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών**

Είναι ανάλογη μορφή υγρασίας με την υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης. Εκδηλώνεται στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων και δεν είναι εμφανής; Στις εξωτερικές τους όψεις. Οφείλεται στους διαχεόμενους υδρατμούς μέσω των υδρατμοδιαπερατών δομικών στοιχείων, που στην πορεία τους συμπυκνώνονται στο εσωτερικό των πόρων τους, όταν συναντήσουν εκεί χαμηλές θερμοκρασίες που διαμορφώνουν κατάσταση κορεσμού. Καθώς ο αέρας των πόρων των δομικών στοιχείων αδυνατεί να συγκρατήσει τους διαχεόμενους υδρατμούς η περίσσειά τους υγροποιείται και καταπίπτει πλέον ως νερό, εμποτίζοντας τα δομικά υλικά.

Για την αποφυγή του φαινομένου απαιτείται μελέτη που ορίζει τη σειρά των στρώσεων στη διατομή του δομικού στοιχείου κατά τρόπο που να υπάρχει μετάβαση από τις εσωτερικές προς τις εξωτερικές στρώσεις από αυτές με υψηλή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών (υψηλή τιμή του συντελεστή  $\mu$ ) σε αυτές με χαμηλότερη τιμή. Σε περίπτωση που προκύπτει η τοποθέτηση ενός υλικού που δεν είναι αρκούντως υδρατμοδιαπερατό σε εξωτερική στρώση του δομικού στοιχείου, πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την τοποθέτηση ενός άλλου υλικού με ίση ή υψηλότερη τιμή των υδρατμών προς την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου, που θα λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών και θα ανακόπτει την πορεία των διαχεόμενων υδρατμών πριν να προλάβουν αυτοί να φθάσουν στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου. Αυτός είναι και ο λόγος που γενικώς δεν συνίσταται η επάλειψη της εξωτερικής επιφάνειας των τοίχων με αδιαπέραστες στρώσεις, επειδή παρεμποδίζουν την «αναπνοή» των τοίχων και συμβάλλουν στην εμφάνιση του προβλήματος.

Ομοίως, καθοριστική για την εκδήλωση του φαινομένου είναι και η θέση της θερμομονωτικής στρώσης. Η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού από την εσωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου ευνοεί το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών, ενώ η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης από την εξωτερική πλευρά περιορίζει στο ελάχιστο και σχεδόν εξαλείφει τον κίνδυνο εκδήλωσης του φαινομένου.

## **Υγρασία οφειλόμενη στη βροχή**

Όλοι οι εξωτερικοί τοίχοι των κτιρίων δέχονται την επίδραση της βροχής, που, όταν συνοδεύεται και από τον αέρα, γίνεται εντονότερη (πλαγίως πίπτουσα βροχή). Ο βαθμός προσβολής εξαρτάται προφανώς από το είδος και την ποιότητα των υλικών κατασκευής, από τον τρόπο δόμησης, τη διάρκεια και την ένταση της βροχής.

Πιο ευπρόσβλητες από τη βροχή εμφανίζονται οι ανεπίχριστες τοιχοποιίες και σε παλαιότερες κατασκευές οι ωμοπλινθοδομές. Αντιθέτως, οι επιχρισμένες τοιχοποιίες, καθώς και οι επενδυμένες με διακοσμητικές πλίνθους, κατεργασμένες πέτρες, βιομηχανικά πλακίδια και άλλα υλικά επίστρωσης εμφανίζονται συνήθως με λιγότερα προβλήματα, υπό την προϋπόθεση πάντοτε ότι είναι σωστά δομημένες και σύμφωνα με τους κανόνες της φυσικής των κτιρίων.

Σε αντίθεση με ότι πιστεύεται, η βροχή δεν αποτελεί την πιο επικίνδυνη μορφή υγρασίας για μια εξωτερική τοιχοποιία, διότι αφενός η επίδραση της βροχής δεν αποτελεί μόνιμο αλλά παροδικό φαινόμενο, που επιτρέπει στις ενδιάμεσες περιόδους ανομβρίας το απορροφούμενο νερό να εξατμιστεί, και αφετέρου διότι το βάθος διείσδυσης στον τοίχο και εμποτισμού του έχει αποδειχθεί από μετρήσεις ότι δεν υπερβαίνει τα 5 με 6 cm. Μεγαλύτερα βάθη

εμποτισμού οφείλονται σε κακή δόμηση, λάθη ή παραλείψεις, που δημιουργούν προϋποθέσεις διόδου του νερού και εμφάνισης υγρασίας.

Μια καλά δομημένη τοιχοποιία επιβάλλει κατά τη δόμηση τη χρήση συνδετικού κονιάματος περιμετρικά των οπτόπλινθων, δηλαδή χωρίς να δημιουργούνται κενά μεταξύ των πλίνθων, κυρίως από τις πλευρικές τους επιφάνειες. Αντιθέτως, η ύπαρξη τέτοιων κενών, που συνήθως επικαλύπτονται με το επίχρισμα και αποκρύπτονται από το βλέμμα, δεν σημαίνει ότι έχουν εξαλειφθεί και επομένως συνεχίζουν να αποτελούν πύλη εισόδου της υγρασίας, που σταδιακά, ακολουθώντας την πορεία των κενών, μπορεί εύκολα να φτάσει μέχρι την εσωτερική επιφάνεια.

Ομοίως, καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση του νερού παίζει το τριχοειδές φαινόμενο. Όσο πιο λεπτά είναι τα αγγεία των υλικών, τόσο πιο έντονο εμφανίζεται αυτό. Αυτός είναι και ο λόγος που στις εξωτερικές τοιχοποιίες, που βάλονται περισσότερο από την βροχή, συνιστάται η χρήση χονδρόκοκκης άμμου για την Παρασκευή του επιχρίσματος, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός πύ λω λεπτών τριχοειδών αγγείων.

Ωστόσο, η ύγρανση των τοίχων δεν οφείλεται τόσο στην απορροφητική ικανότητα των τριχοειδών αγγείων, όσο στην ύπαρξη ρηγματώσεων στο επίχρισμα και στο συνδετικό κονίαμα. Αδύναμα σημεία από αυτή την άποψη αποτελούν τα σημεία σύνδεσης πλίνθων και λίθων. Σε όλα τα κονιάματα παρουσιάζονται μικρορηγματώσεις, αναπόφευκτες λίγο πού εξαιτίας των έντονων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων και των εξ αυτών προκαλούμενων συστολών και διαστολών των δομικών υλικών. Προκειμένου αυτές οι μικρορηγματώσεις να περιοριστούν στο ελάχιστο, είναι απαραίτητο τα κονιάματα, τουλάχιστον αυτά που δέχονται την έντονη ηλιακή ακτινοβολία ή την έντονη πνοή του ανέμου, να διατηρούν μια ελαστικότητα, που να τα επιτρέπει να μπορούν να παραλαμβάνουν τις επιφανειακές τάσεις και να μη ρηγματώνονται. Η ελαστικότητα επιτυγχάνεται με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων ασβέστη στα μείγματα κατά την Παρασκευή τους ή διαφόρων οργανικών πρόσμεικτων, που δημιουργούν «ελαστικές» επιφάνειες, σε αντίθεση με τα τσιμεντοκονιάματα, που εμφανίζουν πολύ μικρή ελαστικότητα και εύκολα ρηγματώνονται στις έντονες θερμοκρασιακές καταπονήσεις. Επιπλέον, τα τσιμεντοκονιάματα, καθώς με τη στερεοποίησή τους δημιουργούν στεγανές επιφάνειες, δύσκολα επιτρέπουν την εξάτμιση του νερού που θα διεισδύσει στη μάζα του δομικού στοιχείου από τις θέσεις των ρωγμών. Έτσι, εγκλωβίζουν την υγρασία στο εσωτερικό του τοίχου και δυσχεραίνουν την εξάτμιση προς τις εξωτερικές επιφάνειες.

Διόδους διέλευσης του νερού αποτελούν επίσης και οι οπές των πλίνθων, όταν αυτές τοποθετούνται εγκάρσια στη διεύθυνση του τοίχου. Στις όψεις των κτιρίων που πλήττονται έντονα από τη βροχή και έχουν εξωτερικό κέλυφος από πλίνθους υποδεικνύεται αυτό να κατασκευάζεται από συμπαγείς πλίνθους και όχι από διάτρητες και, αν αυτό δεν είναι εφικτό, οι διάτρητες πλίνθοι να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο που οι οπές τους να είναι παράλληλες προς τη διεύθυνση της τοιχοποιίας και ποτέ εγκάρσιες σε αυτήν.

## **Επιφανειακή συμπύκνωση λόγω εξάτμισης του νερού της βροχής**

Η εξάτμιση αποτελεί μια ενδόθερμη αντίδραση. Όταν δηλαδή μεταπίπτει το νερό από την υγρή στην αέρια φάση του και γίνεται υδρατμός, απαιτεί μια ποσότητα θερμότητας που την αντλεί από το περιβάλλον του. Έτσι, ένας τοίχος που έχει προσβληθεί έντονα από τη βροχή και έχει απορροφήσει μεγάλη ποσότητα νερού, σε μετέπειτα χρόνο θα αποβάλει αυτό το νερό με τη διαδικασία της εξάτμισης. Αυτό για να συμβεί, θα απαιτηθεί να αντληθεί μια σημαντική

ποσότητα θερμότητας από το περιβάλλον, μεγάλο μέρος της οποίας θα παραλάβει από τη θερμότητα που διατηρεί ο ίδιος ο τοίχος στη μάζα του. Θα αρχίσει τότε μια σταδιακή ψύξη του τοίχου και πτώση της θερμοκρασίας του, που θα ξεκινήσει από την εξωτερική του επιφάνεια, από την οποία θα εξατμίζεται το νερό, και θα προχωρήσει προς την εσωτερική. Καθώς όμως η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί υδρατμούς εξαρτάται από τη θερμοκρασία του, αν η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του τοίχου πέσει τόσο χαμηλά, ώστε σε εκείνη τη θερμοκρασία να μην μπορεί να συγκρατήσει τους περιεχόμενους υδρατμούς στον εσωτερικό αέρα του χώρου, η περίσσεια των υδρατμών θα συμπυκνωθεί και θα κατακαθίσει ως νερό στις εσωτερικές επιφάνειες του τοίχου. Το φαινόμενο εκδηλώνεται πιο έντονο σε περιοχές που πνέουν ψυχροί και υπό ένταση άνεμοι, συνήθως μετά από βροχόπτωση και εμφανίζεται είτε με τη μορφή μικρών διάσπαρτων κηλίδων φαιού χρώματος είτε με τη μορφή σταγόνων που ρέουν στην επιφάνεια.

Στην πρώτη περίπτωση, οι διάσπαρτες κηλίδες οφείλονται στους ρύπους της ατμόσφαιρας που «δένουν» με δυνάμεις συνάφειας επάνω στους υδρατμούς και που όταν καθίσουν επάνω στις ψυχρές επιφάνειες, το νερό απορροφάται και νοτίζει την επιφάνεια, ενώ οι ρύποι προσκολλώνται σε αυτήν. Κατόπιν τα στίγματα μπορεί σε σύντομο διάστημα να μεγαλώσουν λόγω της ανάπτυξης μικρομυκήτων και άλλων μικροοργανισμών που θα βρουν εκεί πρόσφορες μικροκλιματικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για να αναπτυχθούν. Στη δεύτερη περίπτωση, το νερό θα ρέει επάνω στην επιφάνεια, όταν αυτή δεν θα είναι απορροφητική (υαλοπίνακες, επιφάνειες επιστρωμένες με ελαιοχρώματα κτλ.). τότε οι συγκρατούμενοι ρύποι ρέουν και αυτοί επάνω στην επιφάνεια, παρασυρόμενοι από το νερό που συμπυκνώνεται.

Και στις δυο περιπτώσεις το αίτιο που προκαλεί την υγρασία είναι ένας συνδυασμός αφενός της υγρασίας λόγω βροχής, που εμποτίζει το δομικό στοιχείο, και αφετέρου της μειωμένης θερμομονωτικής προστασίας, που ευνοεί την εσωτερική επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών. Αυτός ο συνδυασμός είναι πολύ εύκολο να οδηγήσει σε παρερμηνείες για τα πραγματικά αίτια του φαινομένου και να υπάρχει η λανθασμένη εντύπωση ότι η υγρασία οφείλεται σε διαμπερή διείσδυση του νερού της βροχής μέσω του τοίχου. Σε μια τέτοια περίπτωση, λανθασμένες λύσεις, που οδηγούν σε εξωτερικές στεγανοποιήσεις της επιφάνειας του τοίχου, μπορεί να οδηγήσουν σε αποτελέσματα εντελώς αντίθετα από τα επιδιωκόμενα, διότι όχι μόνο δεν αντιμετωπίζουν το πραγματικό αίτιο του προβλήματος αλλά μπορεί να εγκλωβίζουν την υγρασία στο εσωτερικό του τοίχου, παρεμποδίζοντας την εξάτμιση της στον εσωτερικό αέρα.

Η πιο αποτελεσματική λύση σε όλες τις περιπτώσεις είναι η θερμική θωράκιση της τοιχοποιίας με το απαιτούμενο ή και επανξημένο πάχος θερμομονωτικής στρώσης, που θα διατηρεί την εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα. Επιπροσθέτως, συμβάλλει στην προστασία η επιλογή της δικέλυφης αεριζόμενης τοιχοποιίας ως εξωτερικού κελύφους του κτιρίου. Το εξωτερικό λεπτό κέλυφος θα δεχθεί όλες τις καταπονήσεις από τη βροχή και τους ισχυρούς ανέμους, παρεμποδίζοντας μέσω του αεριζόμενου διακένου την επίδρασή τους στο εσωτερικό θερμικά προστατευμένο κύριο σώμα της τοιχοποιίας.

## 1.6 Εξωτερική στεγανοποίηση των όψεων

Ο γενικός κανόνας στην κατασκευή μιας εξωτερικής τοιχοποιίας είναι να είναι έτσι δομημένη, ώστε να μπορεί ελεύθερα να «αναπνέει», χωρίς να διαμορφώνονται ανάμεσα στις στρώσεις της ή στις εξωτερικές επιφάνειάς της αδιαπέραστες στρώσεις.

Αρκετές φορές όμως η επίτευξη αυτού του στόχου δεν είναι απόλυτα εφικτή. Είτε για κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. με την διαμόρφωση ορθομαρμάρωσης) είτε για λόγους προστασίας της τοιχοποιίας διαμορφώνονται αδιαπέραστες επιφάνειες που μπορεί ενδεχομένως να παρέχουν προστασία στην κατασκευή έναντι της διείσδυσης των νερών της βροχής, παρεμποδίζουν όμως την πορεία των διαχεόμενων υδρατμών από το εσωτερικό του χώρου και λειτουργούν ως φράγματα υδρατμών. Το αποτέλεσμα είναι να συμβάλλουν στη συσσώρευση υγρασίας στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, κυρίως πίσω από την αδιαπέραστη από τους υδρατμούς επιφάνεια. Αν μάλιστα αυτή βρίσκεται στην ψυχρή περιοχή του δομικού στοιχείου (δηλαδή εξωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης), ο κίνδυνος υγραποίησης είναι πολύ υψηλός. Η υγρασία που δημιουργείται απορροφάται από τα δομικά υλικά, εκτοπίζοντας τον αέρα που υπάρχει στους πόρους τους και ακυρώνοντας στην ουσία την προσφερόμενη θερμομονωτική προστασία. Υπενθυμίζεται ότι το νερό παρουσιάζει περίπου 24 φορές μεγαλύτερη αγωγιμότητα από τον αέρα.

Ο κίνδυνος που δημιουργείται είναι ακόμα υψηλότερος, καθώς, αν το εγκλωβισμένο νερό πίσω από τις αδιαπέραστες στρώσεις μεταπέσει και πάλι από την υγρή στην αέρια φάση, δηλαδή ξαναγίνει υδρατμός, αναπτύσσονται έντονες πιέσεις, που μπορεί να προκαλέσουν μικρορηγματώσεις στις στεγανοποιημένες στρώσεις και να διευκολύνουν μέσω αυτών τη διείσδυση του νερού της βροχής, επιτείνοντας το φαινόμενο. Αυτό συμβαίνει επειδή το νερό κατά τη μετατροπή του και πάλι σε υδρατμό αυξάνει τον όγκο του περίπου κατά 1.500 φορές. Οι συνήθεις φθορές σε αυτή την περίπτωση, πέρα από τις μικρορηγματώσεις που μπορεί να υποστεί η επιφανειακή στρώση (π.χ. η στεγανοποίηση), είναι διογκώσεις του επιχρίσματος (φουσκώματα), αποκολλήσεις και πτώσεις των υλικών.

Και πάλι η πιο πρόσφορη λύση είναι η κατασκευή δικέλυφης αεριζόμενης τοιχοποιίας, καθώς το εξωτερικό κέλυφος παραλαμβάνει όλες τις καταπονήσεις, τις οποίες δεν μπορεί να μεταφέρει στις στρώσεις του εσωτερικού κελύφους. Από την άλλη, το εσωτερικό κέλυφος «αναπνέει» ελεύθερα, αφήνοντας τους υδρατμούς να εκτονώνονται στο διάκενο αερισμού μεταξύ των δύο κελυφών και αποφεύγοντας τον εμποτισμό των στρώσεών του από την υγρασία συμπύκνωσης.

Ωστόσο, η κατασκευή δικέλυφης αεριζόμενης τοιχοποιίας δεν είναι πάντοτε εφικτή. Αν, ομοίως, δεν είναι εφικτές και άλλες λύσεις προστασίας, όπως η διαμόρφωση προστεγασμάτων στις όψεις των κτιρίων που θα προσφέρουν την απαραίτητη προστασία έναντι των νερών της βροχής και η εξωτερική προστασία κρίνεται απαραίτητα, θα πρέπει με πολλή προσοχή να επιλεγεί το κατάλληλο προστατευτικό υλικό. Αυτό το υλικό δεν πρέπει να δημιουργεί ένα συνεχή και αδιαπέραστο υμένα στην επιφάνεια της όψης, διότι θα εμποδίζει την «αναπνοή» του τοίχου με όλα τα επακόλουθα που αναφέρθηκαν. Αντιθέτως, πρέπει να δημιουργεί μια διαπνέουσα επιφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικά σιλικονούχα υλικά, που διαστρώνονται με επάλειψη ή ψεκασμό και δεν σχηματίζουν επιφανειακό υμένα, αλλά εμποτίζουν τα υλικά, μεταφέροντας την προστασία που προσφέρουν στους πόρους. Αυτή η ικανότητά τους οφείλεται στη σύνθεση των μορίων τους, που αποτελείται από ένα οργανικό και ένα ανόργανο μέρος. Το ανόργανο μέρος προσφύεται επάνω στο δομικό υλικό, ενώ το οργανικό προσανατολίζεται προς την αντίθετη κατεύθυνση και αναπτύσσει απωθητικές ιδιότητες προς το νερό.

Το αρνητικό στοιχείο που καταγράφεται σε αυτά τα υλικά είναι η πιθανότητα διείσδυσης του νερού μέσω τυχόν ρηγματώσεων στη μάζα των δομικών υλικών, καθώς δύσκολα



απομακρύνεται από αυτό λόγω της προστασίας που προσφέρει το σιλικονούχο υλικό. Τέλος, επιφυλάξεις διατυπώνονται και για την διάρκεια ζωής αυτών των προστατευτικών υλικών, επειδή λόγω ανομοιογενούς πάχους της στρώσης προστασίας που διαμορφώνουν, οι περιοχές με το μικρότερο πάχος εμφανίζονται να είναι περισσότερο ευάλωτες.

## 1.7 Πυροπροστασία

Ανάμεσα στις άλλες λειτουργίες που επιτελούν, οι όψεις των κτιρίων αποτελούν κατεξοχήν τμήμα του κελύφους που προσβάλλεται από πιθανή πυρκαγιά στον περιβάλλοντα χώρο, καθώς μεταδίδει πιθανή φωτιά που θα εκδηλωθεί στο εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ανάλογα με το σχεδιασμό και τα υλικά κατασκευής τους, οι όψεις μπορούν να καθυστερήσουν ή να επιταχύνουν τη διάδοση της φωτιάς και για αυτό το λόγο ο Κανονισμός Πυροπροστασίας των κτιρίων θέτει ορισμένες απαιτήσεις που αφορούν τόσο στις ιδιότητες των δομικών υλικών των τελικών επιφανειών, όσο και στις αποστάσεις μεταξύ όμορων κτιρίων και στη γεωμετρία των όψεων.

### Η γεωμετρία των όψεων

Ο Κανονισμός Πυροπροστασίας, προκειμένου να ελέγξει την εξωτερική μετάδοση της φωτιάς, ορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη επιφάνεια ανοιγμάτων σε μία όψη ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της όψης σε συνάρτηση με την απόσταση που μεσολαβεί ανάμεσα στο υπό μελέτη κτίριο και στο όμορό του προς την αντίστοιχη πλευρά. Έτσι:

- Μία όψη κτιρίου που απέχει λιγότερο από 3m από το απέναντι κτίριο οφείλει να έχει ανοίγματα σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο του 15% της επιφάνειάς της.
- Μία όψη κτιρίου που απέχει 3 έως 5 m από το απέναντι κτίριο οφείλει να έχει ανοίγματα σε ποσοστό έως 25% της επιφάνειάς της.
- Μία όψη κτιρίου που απέχει 5 έως 10m από το απέναντι κτίριο επιτρέπεται να έχει ανοίγματα στο μισό της επιφάνειάς της.
- Τέλος, στην περίπτωση που μία όψη απέχει περισσότερο από 10m από το απέναντι κτίριο, επιτρέπεται να διαθέτει ανοίγματα σε ποσοστό έως 80% της επιφάνειάς της.

Ο ίδιος κανονισμός ορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση που οφείλει να τηρείται ανάμεσα σε ανοίγματα εξωτερικών τοιχοποιιών, τα οποία ανήκουν σε διαφορετικά πυροδιαμερίσματα. Εάν τα ανοίγματα βρίσκονται στην ίδια στάθμη του κτιρίου, η οριζόντια απόσταση μεταξύ τους δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1,40m. Ομοίως, εάν τα ανοίγματα βρίσκονται σε δύο διαδοχικές στάθμες του κτιρίου, η απόσταση ανάμεσα στο κατώτερο σημείο του επάνω ανοίγματος και στο ανώτερο σημείο του κάτω ανοίγματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1,40m. μάλιστα αυτή η διάσταση μπορεί να αφορά είτε στην κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο σημείων είτε το άθροισμα αυτής με το μήκος της οριζόντιας προεξοχής που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο ορόφων. Ανάλογες απαιτήσεις τίθενται και για την απόσταση που οφείλει να έχει ένα άνοιγμα από το άκρο της όψης ενός κτιρίου, σε περίπτωση που το κτίριο βρίσκεται σε επαφή με το γειτονικό του.

## Ώψεις από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή

Οι συνήθεις εξωτερικοί τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή, με τα πάχη που έχουν, προκειμένου να καλύπτουν τις απαιτήσεις των κανονισμών οπλισμού σκυροδέματος και θερμομονωτικής προστασίας, παρέχουν δείκτες πυραντίστασης που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Πυροπροστασίας για οποιαδήποτε χρήση κτιρίου. Ενδεικτικά, μια μη φέρουσα, επιχρισμένη μπατική οπτοπλινθοδομή με πάχος τουλάχιστον 19cm από διάτρητες οπτόπλινθους (συνήθης περίπτωση εξωτερικής τοιχοποιίας σε παλαιότερες κατασκευές του ελληνικού χώρου πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης το 1979) παρουσιάζει δείκτη πυραντίστασης 240min, ο οποίος υπερκαλύπτει κάθε απαίτηση του Κανονισμού Πυροπροστασίας. Οι συμπαγείς οπτόπλινθοι παρουσιάζουν ακόμη καλύτερη συμπεριφορά έναντι της φωτιάς.

Σε δικέλυφες τοιχοποιίες με διάκενο, στο οποίο είναι τοποθετημένο κάποιο θερμομονωτικό υλικό, το διάκενο πρέπει να σφραγίζεται με πυροσφραγμό (π.χ. από άοπλο σκυρόδεμα ή από πυκνό κονίαμα) σε όλο το πάχος του διακένου, σε όλες τις θέσεις συνάντησης του τοίχου με τους υπόλοιπους δικέλυφους τοίχους ή με τα κουφώματα.

Για τα φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα ο δείκτης πυραντίστασής τους λαμβάνεται από πίνακες σε συνάρτηση με τις διαστάσεις του δομικού στοιχείου (πάχος τοιχώματος, πλάτος δοκού κτλ.) και το πάχος επικάλυψης του χάλυβα οπλισμού, ο οποίος πρέπει να προστατεύεται από τη φωτιά.

## Οι μεταλλικές όψεις

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας τα μεταλλικά στοιχεία του φέροντος οργανισμού, είτε από χάλυβα είτε από κράματά του, που δεν διαθέτουν ειδική πυροπροστατευτική επίστρωση ή επένδυση, θεωρείται ότι παρουσιάζουν μηδενικό δείκτη πυραντίστασης. Μάλιστα, η απευθείας έκθεση του χάλυβα στη φωτιά είναι επικίνδυνη, καθώς οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται τότε μπορεί να υπερβούν κατά πολύ την κρίσιμη θερμοκρασία του χάλυβα, πέρα από την οποία η αντοχή του μειώνεται απότομα.

Για αυτό το λόγο τα χαλύβδινα φέροντα στοιχεία οφείλουν να προστατεύονται και γι' αυτό το σκοπό έχουν αναπτυχθεί ποικίλες τεχνικές. Η παλαιότερη είναι εκείνη του εγκιβωτισμού των χαλύβδινων μελών σε σκυρόδεμα, ενώ προοδευτικά επικράτησαν άλλες μέθοδοι, όπως ο εγκιβωτισμός των διατομών σε πυράντοχες δομικές πλάκες (γυψοσανίδες κτλ.), κάλυψη με εύκαμπτα πυροπροστατευτικά υλικά (κουβέρτες) και η εφαρμογή εκτοξευόμενων πυράντοχων υλικών βασιζόμενων στο διογκωμένο περλίτη, στο βερμικουλίτη και στο τσιμέντο. Σειρά πλεονεκτημάτων παρουσιάζει και η εφαρμογή διογκούμενων βαφών στα χαλύβδινα στοιχεία, με την οποία επιτυγχάνεται δείκτης πυραντίστασης περί τα 60 έως 90 min.

Κατά τη χρήση σύνθετων πετασμάτων από μεταλλικά φύλλα και θερμομονωτική στρώση στον πυρήνα ως στοιχείων πλήρωσης των όψεων του κτιρίου, η διάταξη των διαδοχικών φύλλων κατά την οριζόντια έννοια (αντί για την κατακόρυφη, που παίζει η συνηθέστερη) επιβραδύνει την εξάπλωση της φλόγας στο επίπεδο της όψης. Εξάλλου, σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια μιας τέτοιας όψης κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς και μετά από αυτήν είναι τρόπος σύνδεσης των πετασμάτων πλήρωσης με το σκελετό: Πυκνότερες συνδέσεις και ανθεκτικότερα στη φωτιά εξαρτήματα σύνδεσης συμβάλλουν στη διατήρηση της συνεργασίας στοιχείων πλήρωσης και φέροντος οργανισμού υπό τις ακραίες συνθήκες της έκθεσης στη φωτιά.

Επίσης κατά τη διαμόρφωση εκτεταμένων μεταλλικών όψεων, που περιβάλλουν μεγάλο τμήμα ενός κτιρίου, πρέπει να προβλέπονται πυροφραγμοί στις στάθμες των δαπέδων αλλά και κατακόρυφα, εφόσον οι όψεις είναι μεγάλου μήκους, ώστε να αποτρέπεται η εξάπλωση της φλόγας.

## **Οι ξύλινες όψεις**

Στις όψεις των σύγχρονων κτιρίων το ξύλο, εκτός της χρήσης του στο πλαίσιο των κουφωμάτων, δεν απαντάται ιδιαίτερα συχνά. Χρησιμοποιείται είτε ως υλικό επένδυσης, δηλαδή κατασκευής ενός δεύτερου, εξωτερικού κελύφους τοπικά ή συνολικά, είτε ως υλικό πλήρωσης, συνήθως σε κτίρια κατασκευασμένα από φέροντα οργανισμό, δάπεδα και οροφές επίσης από ξύλο.

Γενικά, δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως πυράντοχο υλικό και ειδικά οι πλάκες που είναι κατασκευασμένες από ξυλεία μεταδίδουν τη φωτιά γρήγορα. Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που παρεμποδίζουν την ανάφλεξη του υλικού ή επιβραδύνουν την επιφανειακή μετάδοση της φλόγας. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε προϊόντα που εφαρμόζονται στην ξυλεία είτε με εμποτισμό στη μάζα της είτε με επάλειψη της επιφάνειας.

## **Οι διαφανείς επιφάνειες στις όψεις**

Τα παράθυρα, οι πόρτες και γενικά τα διαφανή τμήματα αποτελούν το πλέον αδύναμο σημείο των όψεων από τη σκοπιά της δομικής πυροπροστασίας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια διατίθενται στο εμπόριο πολλά προϊόντα που μπορούν όχι μόνο να καλύψουν τις γενικές απαιτήσεις των εθνικών κανονισμών, αλλά και να ανταποκριθούν σε εξειδικευμένες απαιτήσεις πυροπροστασίας.

Τα πυράντοχα τζάμια, που έχουν πλέον αναπτυχθεί, οφείλουν τους υψηλούς δείκτες πυραντίστασής τους είτε στη σύστασή τους είτε στην παρεμβολή στρώσεων από θερμοδιογκούμενο υλικό μεταξύ των φύλλων τους είτε στην ενσωμάτωση φύλλων από ρητινώδες υλικό. Στην πρώτη περίπτωση πρόκειται για τζάμια ιδιαίτερα ανθεκτικά στην άνοδο θερμοκρασίας, που δεν θραύονται αλλά παραμένουν ακέραια, ακόμη και μετά από έκθεση 90min, εμποδίζοντας έτσι τη διέλευση της φλόγας.

Στη δεύτερη περίπτωση, διαφανή φύλλα από θερμοδιογκούμενο υλικό παρεμβάλλονται μεταξύ των φύλλων γυαλιού. Σε ενδεχόμενη πυρκαγιά το εκτεθειμένο φύλλο γυαλιού θραύεται και η ενδιάμεση στρώση, υπό την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας, διογκώνεται, προστατεύοντας το δεύτερο φύλλο γυαλιού και αποτρέποντας τη θραύση του. Ανάλογα με το πλήθος των διαδοχικών φύλλων γυαλιού και θερμοδιογκούμενου υλικού και το πάχος των ενδιάμεσων στρώσεων, ο δείκτης πυραντίστασης που εξασφαλίζουν αυτοί οι υαλοπίνακες κυμαίνεται από 30 έως 120 min.

Τέλος, στην περίπτωση πυράντοχων υαλοπινάκων με ενσωματωμένα ειδικά φύλλα ρητινώδους υλικού, σε ενδεχόμενη εκδήλωση πυρκαγιάς το υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ φύλλων γυαλιού απορροφά τη θερμότητα και δημιουργεί μια μονωτική στρώση, παρέχοντας ένα δείκτη πυραντίστασης μεταξύ 30 και 120 min, ανάλογα με το πλήθος των φύλλων ρητινώδους υλικού που παρεμβλήθηκαν. Εξάλλου, ανθεκτικοί στη φωτιά είναι και οι υαλοπίνακες που έχουν ενσωματωμένο μεταλλικό πλέγμα, το οποίο συγκρατεί τα θραύσματα του γυαλιού, αποτρέποντας την ταχεία κατάρρευση του υαλοπίνακα σε περίπτωση πυρκαγιάς.

## 1.8 Ρύπανση των όψεων

Η ρύπανση των όψεων προκαλείται από τη συνέργεια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των διάφορων καιρικών φαινομένων, όπως του ανέμου και της βροχής, μπορεί να διακριθεί σε φυσικοχημική και σε βιολογική ρύπανση. Η πρώτη συνδέεται με την παρουσία ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα και για αυτό το λόγο εκδηλώνεται ιδιαίτερα σε κτίρια που βρίσκονται στα μεγάλα αστικά κέντρα, ενώ η δεύτερη απαντάται εξίσου και σε κατασκευές εκτός αστικού ιστού.

### Η φυσικοχημική ρύπανση

Είτε με ξηρή απόθεση είτε με υγρή, στις όψεις των κτιρίων επικάθονται μέσω της όξινης βροχής ποικίλοι ρύποι, οι οποίοι βρίσκονται διεσπαρμένοι στη ατμόσφαιρα, κυρίως ως απόρροια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Μεταξύ αυτών, τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν τα δομικά υλικά των όψεων είναι το διοξείδιο του και το μονοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο και το υδροφθόριο. Ο βαθμός προσβολής μιας όψης από αυτούς τους παράγοντες εξαρτάται από:

- Τη θέση του κτιρίου, που μπορεί να βρίσκεται σε μια ιδιαίτερα επιβαρυσμένη περιοχή ή σε μια σχετικά «καθαρή»
- Τον προσανατολισμό της όψης, ανάλογα με τη φορά των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή
- Την ενδεχόμενη παρουσία όμορων κτιρίων, που λειτουργούν προστατευτικά έναντι του ανέμου και της βροχής
- Τις ιδιότητες των δομικών υλικών στην επιφάνεια της όψης και ιδιαίτερα την απορροφητικότητα, το πορώδες και την τραχύτητα

### Η βιολογική ρύπανση

Η βιολογική ρύπανση είναι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης βλάστησης, μυκήτων και άλλων μικροοργανισμών στις όψεις των κτιρίων. Η παρουσία υγρασίας, καθώς και η έλλειψη ηλιασμού και αερισμού των δομικών στοιχείων συμβάλλουν στην εμφάνιση του φαινομένου. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τη σύνθεση των δομικών υλικών της τοιχοποιίας, παρέχεται περισσότερο ή λιγότερο φιλόξενο υπόβαθρο για τη συγκέντρωση τέτοιων ζωικών και φυτικών προξένων ρύπανσης.

### Η επίδραση στα δομικά υλικά

Η σοβαρότητα των επιπτώσεων της ρύπανσης στις όψεις των κτιρίων εξαρτάται τόσο από την έκταση της προσβολής, όσο και από την ευαισθησία των δομικών υλικών στους ρυπαντές.

Έτσι:

- Το σκυρόδεμα και οι οπτόπλινθοι είναι σε γενικές γραμμές μη ευπρόσβλητα από τη ρύπανση υλικά. Ειδικά για το οπλισμένο σκυρόδεμα, εφόσον έχουν εκτελεστεί σωστά οι εργασίες σκυροδέτησης και έχουν τηρηθεί οι απαιτούμενες επικαλύψεις του οπλισμού, ο χάλυβας του οπλισμού προστατεύεται επαρκώς από τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες.
- Οι φυσικοί λίθοι στην πλειονότητά τους αποτελούν ευπρόσβλητα υλικά. Η μορφή και η έκταση των επιπτώσεων της ρύπανσης σχετίζεται κατά βάση με το πορώδες κάθε πετρώματος.
- Τα μέταλλα κατά κανόνα δεν υφίστανται βιολογική ρύπανση, ωστόσο η φυσικοχημική ρύπανση προξενεί διάβρωση σε όλα σχεδόν τα μέταλλα. Ο χαλκός και ο χάλυβας παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία, ενώ ο ανοξείδωτος χάλυβας και το αλουμίνιο δεν προσβάλλονται εύκολα.
- Το ξύλο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στη βιολογική ρύπανση.

### **Τρόποι αντιμετώπισης**

Για την αντιμετώπιση των αποτελεσμάτων της ρύπανσης στις όψεις υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι, οι οποίες βασίζονται στη χρήση είτε του νερού είτε της αμμοβολής είτε πολυάριθμων χημικών καθαριστικών. Η καταλληλότερη κατά περίπτωση μέθοδος προσδιορίζεται από τον τύπο και την έκταση της ρύπανσης, καθώς και από το είδος των δομικών υλικών.

Τα προηγμένα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά για τον καθαρισμό των δομικών είναι μεγάλο το εύρος των αυτοκαθαριζόμενων υλικών, που είναι προϊόντα νανοτεχνολογίας.

## **2. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΟΨΕΙΣ**

## 2.1 Συμπαγείς όψεις

Η όψη σε κάθε κτίριο αποτελεί το κυρίαρχο και πιο δυναμικό τμήμα του κελύφους και πιο δυναμικό τμήμα του κελύφους κατά συνέπεια επηρεάζει τόσο τον περιβάλλοντα χώρο, όσο και τον εσωτερικό. Η διαμόρφωση της όψης προωθεί την ταυτότητα του κτιρίου, καθορίζει το βαθμό της ένταξής του στο αστικό ή φυσικό περιβάλλον και αποτελεί το όριο μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού τοίχου. Κατά συνέπεια ο σχεδιασμός της όψης είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το συνολικό σχεδιασμό του κτιρίου, τη χρήση, τη δομή και τις κτιριακές λειτουργίες. Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού όψεων είναι η δομική αντοχή, οι λειτουργίες, η αισθητική και τα υλικά κατασκευής.

□ Η δομική αντοχή. Το κέλυφος ενός κτιρίου και οι όψεις που το συνθέτουν οφείλουν να έχουν αντοχή στις εξωτερικές και εσωτερικές δυνάμεις που ασκούνται επάνω τους. Η πλειονότητα αυτών των δυνάμεων είναι στατικά και δυναμικά φορτία, όπως μόνιμα και κινητά, φορτία ανέμου, σεισμού ή έκρηξης.

Τα δομικά στοιχεία μιας όψης μπορεί να αποτελούνται από διαφορετικά υλικά, όπως σκυρόδεμα, τούβλο, μέταλλο, ξύλο και σε μεταξύ τους συνδυασμούς. Ανάλογα με την επιδιωκόμενη αισθητική και την κατασκευαστική πρακτική, αυτά τα στοιχεία είναι εμφανή ή ενσωματωμένα στο κέλυφος. Κοινή παράμετρος για όλα τα δομικά στοιχεία είναι η διασφάλιση της μηχανικής αντοχής, η προστασία από εξωγενείς παράγοντες, η συντήρηση, ο καθαρισμός και η ενεργειακή τους συμπεριφορά.

□ Λειτουργίες. Η όψη του κτιρίου αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα και επιτελεί πλήθος λειτουργιών που αποσκοπούν στην προστασία του ίδιου του κελύφους, καθώς και των χρηστών του. Βασικές παράμετροι κατά το σχεδιασμό και την επιλογή των υλικών και τεχνολογικών που συνθέτουν το κέλυφος είναι η υγροπροστασία, η θερμομόνωση, ο αερισμός, η ηχομόνωση, η πυροπροστασία. Η ασφάλεια και η αντοχή σε ανέμους και άλλα καιρικά φαινόμενα.

□ Αισθητική. Σημαντική συνιστώσα της ταυτότητας κάθε κτιριακού έργου, εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα ποσοτικά μεγέθη και τη λειτουργικότητα είναι η αισθητική του αξία. Η αισθητική των όψεων είναι ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό που μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, το περιβάλλον στο οποίο εντάσσεται, τις τάσεις της αρχιτεκτονικής που επικρατούν σε κάθε χρονική περίοδο και τόπο, τα υλικά, την τεχνολογία που είναι διαθέσιμη, καθώς και το κόστος κατασκευής. Επίσης μια όψη μπορεί να αποτελείται από εξωτερική και εσωτερική παρειά, εξυπηρετώντας διαφορετικούς λειτουργικούς και αισθητικούς σκοπούς. Ωστόσο, υπάρχουν γενικές και διαχρονικές αρχές που εξασφαλίζουν την αισθητική ποιότητα μιας όψης, όπως ο σεβασμός του αστικού ή φυσικού τοπίου, η συμβατότητα υλικών και χρωμάτων, η αρτιότητα της κατασκευής χωρίς κακοτεχνίες και αστοχίες και η σωστή συντήρηση βάσει προδιαγραφών.

□ Υλικά. Η οπτική εντύπωση μιας όψης καθορίζεται από τα υλικά κατασκευής και επένδυσής της. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας δομικών υλικών παρέχει στο μηχανικό τεράστιο εύρος επιλογής νέων και παραδοσιακών υλικών με αναβαθμισμένες ιδιότητες,

αυξημένη αντοχή και ευελιξία στις εφαρμογές. Η διαμόρφωση των όψεων γίνεται είτε με εμφανή στοιχεία του σκελετού είτε με επένδυση του σκελετού με άλλο υλικό. Η επένδυση του κελύφους μπορεί να είναι κτιστή, επικολλητή ή αναρτημένη σε αεριζόμενη ή μη όψη. Τα υλικά που επικρατούν στις σύγχρονες όψεις είναι:

- σκυρόδεμα
- πέτρα
- τούβλο
- πλακίδια
- μέταλλο
- γυαλί
- ξύλο

### **2.1.1 Ανοίγματα και κουφώματα**

Κάθε όψη χαρακτηρίζεται από την εναλλαγή συμπαγών και διάφανων επιφανειών σε διαφορετικές αναλογίες και συνδυασμούς. Τα ανοίγματα είναι τα στοιχεία εκείνα του κελύφους που καθιστούν δυνατή την «επικοινωνία» μεταξύ των εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος, επιτρέποντας μια ελεγχόμενη αλληλεπίδραση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού κλίματος.

### **Σχεδιασμός ανοιγμάτων**

Οι παράμετροι εκείνες που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των ανοιγμάτων είναι :

- Θέση και γεωμετρία. Η διάταξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων καθορίζονται από τη χρήση του κτιρίου και την εσωτερική του διαρρύθμιση, καθώς επηρεάζουν σημαντικά τα επίπεδα φυσικού φωτισμού, τον αερισμό και τη θέα των χρηστών προς τον εξωτερικό χώρο. Επιπλέον, η τοποθέτηση των ανοιγμάτων στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα, έχει άμεση σχέση με τις εσωτερικές λειτουργίες του κτιρίου. Η όψη ενός κτιρίου ανά όροφο διακρίνονται σε τρεις ζώνες: στα ψηλά ανοίγματα, στα ανοίγματα στο επίπεδο των ματιών και στα χαμηλά. Επειδή η θέση του ανοίγματος συνδέεται με την παροχή φρέσκου αέρα και την άμεση οπτική επαφή με το περιβάλλον, κατά το σχεδιασμό των κουφωμάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ευκολία χειρισμού του ανοίγματος σε σχέση με τη θέση και τη στάση του χρήστη. Ενδεικτικά μέσα ύψη του επιπέδου των ματιών ενός ανθρώπου είναι 175cm σε όρθια θέση, 130cm σε καθιστή θέση εργασίας, 80cm σε καθιστή θέση χαλάρωσης και 70cm σε ξαπλωμένη στάση.
- Φωτισμός και οπτική άνεση. Η θέση, το μέγεθος και ο τρόπος σχεδιασμού του ανοίγματος καθορίζουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους. Η ποσότητα φυσικού φωτός (daylight factor) ως ο λόγος (σε ποσοστό) της φωτεινής έντασης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού σημείου υπό κανονικές συνθήκες.
- Αερισμός. Ο φυσικός αερισμός ενός κτιρίου επιτελείται μέσω των ανοιγμάτων του και

εξαρτάται από τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και τη διάταξή τους. Ανάλογα με τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση και την εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων διαμορφώνεται η ποιότητα, η ένταση και η αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού.

□ Αισθητική. Τα ανοίγματα, εκτός από την ικανοποιητική των λειτουργικών απαιτήσεων του κτιρίου, αποτελούν σημαντικό εργαλείο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Η διαμόρφωση των ανοιγμάτων μαζί με την ογκοπλασία του κελύφους και την επιλογή των υλικών, είναι τα μέσα που διαθέτει ο αρχιτέκτονας για την κατασκευή κτιρίων με σύγχρονες όψεις, λειτουργικές και καλαίσθητες.

## **Κουφώματα**

Τα κουφώματα αποτελούν το μέσο πλήρωσης των ανοιγμάτων μιας όψης. Τα κριτήρια επιλογής ενός κουφώματος είναι:

□ Ενεργειακή συμπεριφορά. Η ενεργειακή απόδοση των κουφωμάτων καθορίζεται από τη θερμομονωτική τους ικανότητα, τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και την ηλιοπροστατευτική τους λειτουργία.

□ Ηχομόνωση. Το κούφωμα θα πρέπει να παρέχει μεγάλο βαθμό ηχοπροστασίας, κυρίως στα αστικά κέντρα.

□ Αντοχή. Ένα κούφωμα θα πρέπει να είναι ανθεκτικό σε στατικές και μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και στη φθορά που επιφέρει η πάροδος του χρόνου, οι ρύποι, η ατμοσφαιρική ρύπανση κτλ.

□ Ασφάλεια. Η στιβαρότητα της κατασκευής και τα υλικά που χρησιμοποιούνται ορίζουν το βαθμό προστασίας του κουφώματος σε περίπτωση διάρρηξης ή άλλων επιθέσεων.

□ Κόστος. Στο συνολικό κόστος ενός κουφώματος, εκτός από το κόστος αγοράς, θα πρέπει να συνυπολογίζονται τα μακροπρόθεσμα οφέλη λόγω καλής ενεργειακής συμπεριφοράς, η διάρκεια ζωής και οι ανάγκες συντήρησης.

□ Καθαρισμός και συντήρηση. Η επιλογή ενός κουφώματος, που καθαρίζεται εύκολα και έχει ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης, εξοικονομεί σημαντικό χρόνο και μειώνει το συνολικό κόστος χρόνου ζωής.

□ Αισθητική. Τα κουφώματα αποτελούν σημαντικά αρχιτεκτονικά στοιχεία στη διαμόρφωση της μορφολογίας των όψεων στα κτίρια. Επιπλέον, αποτελούν στοιχεία της διακόσμησης των εσωτερικών χώρων και επιβάλλεται η επιλογή τους να εναρμονίζεται με τα υπόλοιπα στοιχεία οργάνωσης του χώρου.

## **Ειδη κουφωμάτων**

Κάθε κούφωμα αποτελείται από το πλαίσιο του υαλοπίνακα. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του πλαισίου διακρίνονται σε :

□ Αλουμινίου. Κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στην ελληνική αγορά κουφωμάτων. Συνδυάζουν αντοχή στις καταπονήσεις, στην ηλιακή ακτινοβολία και στις καιρικές επιδράσεις, παρέχουν ηχομόνωση και θερμομόνωση ( η εκδοχή με θερμοδιακοπή),



παρουσιάζουν αεροστεγανότητα και υδατοστεγανότητα, απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και διατίθενται σε πλήθος χρωμάτων. Ως προϊόν έντονης βιομηχανικής κατεργασίας έχει υψηλό κόστος.

□ Ξύλο. Τα κουφώματα από ξύλο έχουν διαχρονική αισθητική και λειτουργική αξία. Έχουν άριστη θερμομονωτική και ηχομονωτική συμπεριφορά, αντοχή σε στρεβλώσεις και παραμορφώσεις, σταθερότητα στις διαστάσεις, δυνατότητα κατασκευής σε οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος και μεγάλη διάρκεια ζωής με κατάλληλη συντήρηση. Το κόστος των ξύλινων κουφωμάτων είναι αντίστοιχο με αυτό των κουφωμάτων αλουμινίου.

□ Συνθετικά ή PVC. Έχουν υψηλό συντελεστή θερμομόνωσης, καλή εφαρμογή και λειτουργικότητα. Σε σχέση όμως με τα κουφώματα αλουμινίου και ξύλου έχουν μικρότερη αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία και στις καταπονήσεις, οπότε δεν ενδείκνυνται για ανοίγματα μεγάλων διαστάσεων.

Στην αγορά κυκλοφορούν και πολλοί άλλοι τύποι κουφωμάτων που συνδυάζουν δύο υλικά στο πλαίσιο τους (π.χ. εξωτερικά από ξύλο και εσωτερικά από αλουμίνιο) ή διαφορετικούς τύπους των ίδιων υλικών.

Οι υαλοπίνακες των κουφωμάτων διακρίνονται στους απλούς και τους πολυστρωματικούς (διπλούς, τριπλούς). Οι πολυστρωματικοί αποτελούνται από δύο, τρεις ή τέσσερις υαλοπίνακες συνδυασμένους σε ένα ενιαίο πέτασμα που μεταξύ τους παρεμβάλλεται κενό, μεμβράνη ή ευγενές αέριο. Το αποτέλεσμα είναι υαλοπίνακες με βελτιωμένες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες, καθώς και μεγαλύτερη αντοχή. Την τελευταία δεκαετία έχει επικρατήσει η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέες κατασκευές και ανακαινήσεις και σε περιορισμένες εφαρμογές η χρήση κουφωμάτων με τριπλούς υαλοπίνακες.

Ως προς τον τρόπο ανοίγματος τα κουφώματα διακρίνονται σε ανοιγόμενα, ανακλινόμενα, προβαλλόμενα, συρόμενα επάλληλα, συρόμενα χωνευτά, συρόμενα πολύφυλλα (φυσούνες) και περιστρεφόμενα γύρω από οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου γίνεται ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, τις λειτουργικές ανάγκες των χρηστών και τη διαθεσιμότητα του χώρου κίνησης σε κάποιους τύπους κουφωμάτων (π.χ. ανοιγόμενα).

## 2.2 Μέταλλο

Τα μέταλλα και τα κράματά τους είναι υλικά που χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκατίες στην κατασκευή των όψεων. Παλαιότερα, τα μεταλλικά πετάσματα εφαρμόζονταν ως υλικά πλήρωσης σε κτίρια με μεταλλικό σκελετό, με περιορισμένη ευελιξία και αμφίβολη αισθητική αξία. Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της βιομηχανίας επεξεργασίας μετάλλων έχει διευρύνει τα είδη και τις δυνατότητες των εφαρμογών, καθιερώνοντας το σύστημα της μεταλλικής επένδυσης δομικών στοιχείων από οποιοδήποτε υλικό. Η επένδυση όψεων με μεταλλικά φύλλα είναι μια πρακτική που απαιτεί εξελιγμένο τεχνολογικό υπόβαθρο ως προς τη διαμόρφωση των φύλλων στην επιθυμητή φόρμα και σε μικρό πάχος, καθώς και την εξασφάλιση της βέλτιστης στήριξής τους.

Οι μεταλλικές επενδύσεις που είναι διαθέσιμες στην αγορά ποικίλουν ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και τις ιδιότητές τους. Αυτές εξαρτώνται από το

είδος του κράματος και την κατεργασία που έχει υποστεί. Σε γενικές γραμμές οι σύγχρονες μεταλλικές επενδύσεις διατηρούν υψηλό ποιοτικό χαρακτήρα λόγω των ακόλουθων χαρακτηριστικών τους:

- Προστασία των όψεων. Οι μεταλλικές επενδύσεις λόγω αντοχής του υλικού προστατεύουν το κέλυφος του κτιρίου από τις κλιματικές συνθήκες και από οποιαδήποτε εξωτερική επίδραση μπορεί να του επιφέρει φθορές. Συνεπώς μειώνουν τις απαιτήσεις συντήρησης των δομικών στοιχείων και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του.
- Ευελιξία στις εφαρμογές. Οι σύγχρονες μέθοδοι επεξεργασίας των μεταλλικών φύλλων μπορούν να αποδώσουν οποιοδήποτε μέγεθος, σχήμα και φόρμα προτείνει ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός. Οι μεταλλικές επενδύσεις λόγω της μορφολογικής πλαστικότητας που διαθέτουν, σε συνδυασμό με τα εξελιγμένα συστήματα στήριξής τους, προσαρμόζονται εύκολα τόσο σε νέα κτίρια, όσο και σε ανακαινιζόμενα.
- Αισθητική. Η μεγάλη ευελιξία των σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας του μετάλλου και η αντοχή των κραμάτων στη διαβρωτική δράση των ατμοσφαιρικών συνθηκών ενισχύουν την αισθητική αξία του υλικού και κυρίως τη διαχρονικότητά της.
- Βιωσιμότητα. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις επενδύσεις είναι οικολογικά ακίνδυνα με ποσοστό ανακύκλωσης άνω του 90%.

### **Υλικά, χαρακτηριστικά και τρόποι εφαρμογής μεταλλικών επενδύσεων**

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές σπανίως είναι καθαρά. Συνήθως είναι κράματα δύο ή περισσότερων καθαρών μετάλλων και ανάλογα με την ποικιλία και την αναλογία των συστατικών τους παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους αλλά και με τα μέταλλα που περιέχουν.

#### **2.2.1 Αλουμίνιο**

Οι επενδύσεις από πετάσματα αλουμινίου είναι από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές διαμόρφωσης όψεων με μεταλλικά στοιχεία. Το καθαρό αλουμίνιο είναι ιδιαίτερα όλκιμο υλικό με συνεπακόλουθη μικρή αντοχή. Για αυτό το λόγο και προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή του, στις επενδύσεις χρησιμοποιείται ως κράμα με διάφορα άλλα στοιχεία, όπως μαγνήσιο, μαγγάνιο, πυρίτιο, ψευδάργυρο και χαλκό, σχηματίζοντας υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες.

Τα πετάσματα παράγονται βιομηχανικά και αποτελούνται από φύλλα αλουμινίου που πλαισιώνουν πυρήνα από πολυαιθυλένιο. Διατίθενται σε ποικιλία διαστάσεων και σε πάχη που εξαρτώνται από το μέγεθος του πετάσματος. Συνήθως παράγονται με πάχη πυρήνα 2,3 και 5mm, επάνω στον οποίο συγκολλώνται φύλλα αλουμινίου πάχους 0,5 mm το καθένα και συνεπώς το μέσο πάχος ενός συνθετικού πετάσματος αλουμινίου είναι τα 4mm. Η εξωτερική τους στρώση φέρει βαφή PVDF (μέσου πάχους 32mm), που προσφέρει τελική επιφάνεια υψηλής συνοχής και προστασίας. Οι βαφές PVDF επιστρώνονται σε τρία στάδια και διακρίνονται σε δύο τύπους: στη θερμοπλαστική επίστρωση (φθοριούχο πολυμερές τριπλού κλιβανισμού με θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη Corafion). Και οι δύο τύποι εμφανίζουν άριστες επιφανειακές ιδιότητες, εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση, με τη δεύτερη να αποτελεί καταλληλότερη επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη προστασία από όξινη

βροχή, βιομηχανική ρύπανση και αλκαλικές ουσίες. Για επιπλέον προστασία του πετάσματος υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής ειδικής πλαστικής αυτοκόλλητης μεμβράνης που προσφέρει προστασία από την υπερϊώδη ακτινοβολία και τα ελαφρά χτυπήματα. Οι μεμβράνες διατίθενται σε ρολά μέγιστου πλάτους 155cm και το πάχος τους μόλις 75 μm.

Η στήριξη των πετασμάτων στην όψη γίνεται μέσω βοηθητικού σκελετού. Ο σκελετός στερεώνεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου με τρόπο που είναι εφικτός ο αερισμός της όψης και να εξασφαλίζεται η βέλτιστη μηχανική συμπεριφορά της συνολικής επένδυσης. Υπάρχουν δύο τύποι σκελετού στήριξης. Ο πρώτος αποτελείται από κάρναβο οριζόντιων και κατακόρυφων μεταλλικών στοιχείων από στραντζαριστή λαμαρίνα, επάνω στα οποία στερεώνονται τα πετάσματα με βίδες ή αμφικέφαλους ήλους (πριτσίνια). Είναι ο οικονομικότερος τρόπος, αλλά έχει μειονέκτημα ότι λόγω της μόνιμης σύνδεσης των επί μέρους στοιχείων του με το υπόβαθρο ακολουθεί συστολοδιαστολές, μετακινήσεις και παραμορφώσεις του υποβάθρου, αναπτύσσοντας τάσεις. Επιπλέον, υπάρχει το ενδεχόμενο η λαμαρίνα να σκουριάσει από το νερό που διεισδύει μέσω των πετασμάτων. Στο δεύτερο τύπο ο σκελετός διαμορφώνεται με ορθογώνια αλουμινίου που συνδέονται λυόμενα με το υπόβαθρο. Τα πετάσματα στερεώνονται με βίδες και πριτσίνια ή αναρτώνται από ειδικά διαμορφωμένες εγκοπές. Αποτελεί ακριβότερη λύση αλλά εξασφαλίζει αρτιότητα επένδυσης.

Οι κυριότεροι λόγοι που καθιστούν τα πετάσματα αλουμινίου τόσο δημοφιλή συνοψίζονται στους εξής:

- Έχουν μικρό βάρος και συνεπώς επιβαρύνουν το υπόβαθρο με λιγότερα φορτία.
- Είναι ανθεκτικά σε δυσμενείς ατμοσφαιρικές συνθήκες λόγω ενός στρώματος οξειδίου που αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου στην επιφάνεια του υλικού και προστατεύει από την οξείδωση.
- Είναι ανθεκτικά σε ταλαντώσεις, θραύση και παραμορφώσεις
- Είναι ηχομονοτικά
- Έχουν εύκολη συντήρηση, επειδή οι προστατευτικές τους επιστρώσεις δεν επιτρέπουν τη συσσώρευση ρύπων.
- Διατίθενται σε ποικιλία χρωματισμών
- Δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και είναι απόλυτα ανακυκλώσιμα.
- Έχουν χαμηλό κόστος επεξεργασίας και ανακύκλωσης, μολονότι είναι υψηλό το κόστος παραγωγής τους λόγω μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας.

### **2.2.2 Χαλκός**

Ο χαλκός χάρη στις εξαιρετικές φυσικές του ιδιότητες και τα σημαντικά πλεονεκτήματα που διαθέτει, θεωρείται από τα καταλληλότερα υλικά στις αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Παραδοσιακά χρησιμοποιείται στις στέγες των κτιρίων, όμως τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται συχνά και σε επενδύσεις χρησιμοποιείται με δύο τρόπους: σε φύλλα και σε σύνθετα πετάσματα με δύο φύλλα χαλκού εκατέρωθεν ενός πυρήνα πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας συνολικού πάχους 5-6mm (4-5mm το πάχος του πυρήνα και από 0,3-0,5mm τα φύλλα χαλκού). Επίσης παράγεται σε σκληρή, ημίσκληρη ή μαλακή κατάσταση ανάλογα με

την επεξεργασία που έχει υποστεί. Ανάλογα με την κατάσταση του αλλάζουν και οι μηχανικές του ιδιότητες.

Η στήριξη των πετασμάτων χαλκού δεν διαφέρει από το συνηθισμένο τρόπο στήριξης των περισσότερων μεταλλικών πετασμάτων. Τα πετάσματα χαλκού αναρτώνται ή στερεώνονται με βίδες ή αμφικέφαλους ήλους σε μεταλλικό σκελετό από οριζόντιους και κατακόρυφους οδηγούς, ο οποίος είναι στερεωμένος στο υπόβαθρο της όψης.

Αντίθετα, τα φύλλα χαλκού, πάχους μικρότερου του 1,5mm εφαρμόζουν σε πλήρη επιφάνεια, επειδή τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά δεν επιτρέπουν τη σημειακή στήριξη ανά αποστάσεις. Είναι μεμονωμένα φύλλα πλάτους 1m και μήκους 2m, που μπορούν να υποδιαιρεθούν ή ρολά πλάτους 1m και πάχους 0,6 και 0,7 mm (σπανιότερα χρησιμοποιούνται και ρολά πλάτους 50 ή 67cm). Ανεξάρτητα από το είδος του υπόβαθρου, το υπόστρωμα μπορεί να είναι από σκυρόδεμα ή από ξύλο που είναι και η συνηθέστερη εκδοχή. Σε αυτή την περίπτωση στερεώνεται στα δομικά στοιχεία πλέγμα από οριζόντια και κατακόρυφα μεταλλικά ή ξύλινα στοιχεία και επάνω σε αυτό διαμορφώνεται το ξύλινο πέτσωμα. Το ξύλινο υπόβαθρο κατασκευάζεται από ανθεκτικά παράγωγα ξύλου σε φύλλα (π.χ. κόντρα πλακέ θαλάσσης), πάχους τουλάχιστον 18 mm, ώστε να επιτυγχάνεται καλή πρόσφυση κατά το κάρφωμα των φύλλων. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου ενδέχεται να τοποθετηθούν επάνω στην ξύλινη επιφάνεια ελαστικές μεμβράνες ή υαλοϋφάσματα για ενίσχυση της στεγανοποίησης και της μόνωσης πριν από τη στερέωση των χάλκινων φύλλων με ανοξειδωτους ή χάλκινους ειδικούς συνδέσμους. Η συνένωση των χάλκινων φύλλων με απλή αναδίπλωση, με κάθετη ραφή με χρήση ξύλινων δοκίδων. Όλες οι συνδεσμολογίες αποσκοπούν στην παραλαβή των συστολοδιαστολών λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και στην αποτροπή της εισόδου του νερού της βροχής, χωρίς να εμποδίζουν την «αναπνοή» της όψης.

Ένα από τα κύρια ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη μελέτη της μεταλλικής επένδυσης είναι ο αερισμός της πρόσοψης. Ο χαλκός, όπως και τα άλλα μέταλλα επένδυσης όψεων, χαρακτηρίζεται από τη μη υδροτμοπερατότητα του υλικού. Επομένως, επιβάλλεται ο αερισμός της όψης και προτείνεται η εφαρμογή της μεταλλικής επένδυσης σε δικέλυφη αεριζόμενη κατασκευή. Ο ομοιόμορφος αερισμός των επιφανειών απαιτεί τη σωστή κατανομή των ανοιγμάτων εισαγωγής αέρα. Για συνήθεις εφαρμογές έως 24 m είναι επαρκή ανοίγματα μεγέθους 4x4 (cm) ή 6x6 (cm). σε μεγαλύτερες κατασκευές απαιτούνται περισσότερα ανοίγματα. Η είσοδος του αέρα επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση διάτρητων φύλλων χαλκού σε μη ορατά σημεία και η έξοδος με την πρόβλεψη ανοιγμάτων (οπών) στα υψηλότερα σημεία της κατασκευής.

Οι επενδύσεις χαλκού διατίθενται σε φυσικό χρώμα, σε οξειδωμένη και ελαφρώς οξειδωμένη και σταθεροποιημένη (μπρονζέ) επιφάνεια. Ο φυσικός χαλκός με την πάροδο του χρόνου και την έκθεσή στις ατμοσφαιρικές συνθήκες οξειδώνεται με μια μικρή σταδιακή φυσική διεργασία και αποκτά μια χαρακτηριστική πατίνα, η οποία προστατεύει το υλικό. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των χάλκινων επενδύσεων είναι:

- Η εξαιρετική αντοχή στις περισσότερες συνθήκες έκθεσης
- Το μικρο βάρος
- Η αντοχή σε εφελκυσμό, η επιμήκυνση θραύσης και ο συντελεστής θερμικής διαστολής έναντι των περισσότερων μετάλλων (αλουμίνιο, ψευδάργυρο και μόλυβδο, εκτός από χάλυβα)

□ Η εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση λόγω επαφής με τα περισσότερα οικοδομικά υλικά υλικά (με εξαίρεση την αμμωνία) και τα μέταλλα (εκτός ψευδαργύρου και αλουμινίου). Ωστόσο συστήνεται ο διαχωρισμός των υλικών.

### 2.2.3 Τιτανιούχος ψευδάργυρος

Ο τιτανιούχος ψευδάργυρος, αν και είναι υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως εδώ και πολλές δεκαετίες στην κεντρική Ευρώπη, μόλις τα τελευταία χρόνια έκανε δυναμική εμφάνιση στην ελληνική κατασκευαστική πρακτική. Πρόκειται για κράμα με κύριο συστατικό τον καθαρό ψευδάργυρο και με πού μικρότερη ποσότητα χαλκού και τιτανίου.

Τα προϊόντα από τιτανιούχο ψευδάργυρο παρασκευάζονται βιομηχανικά με τήξη του κράματος και χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη ποικιλία στα είδη και στη μορφή τους. Σε γενικές γραμμές τα τυποποιημένα προϊόντα διακρίνονται σε ρολά, φύλλα και πετάσματα.

□ Ρολά. Διατίθενται σε πάχη από 0,60 mm έως 1,00 mm και πλάτη ταινίας που κυμαίνονται μεταξύ 20 και 100 cm.

□ Φύλλα. Παρασκευάζονται σε πάχη από 0,55 έως 1,00 mm με πλάτη έως 1 m και μήκη έως 3 m. τα φύλλα μπορεί να είναι επιπεδα, τραπεζοειδή ή κυματοειδή, μεγάλα τεμάχια, λωρίδες, ακόμη και πλακίδια ρομβοειδούς, τετράγωνου ή ορθογωνικού σχήματος.

□ Πετάσματα. Πρόκειται για προκατασκευασμένα πετάσματα (κασέτες) που τοποθετούνται σε κατακόρυφη ή οριζόντια διάταξη.

Κατόπιν συνενόησης με τις εταιρείες επεξεργασίας μεταλλικών επενδύσεων, τα παραπάνω προϊόντα παρασκευάζονται σε ειδικές διαστάσεις, προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες κάθε έργου.

Ανάλογα με το είδος της επένδυσης από τιτανιούχο ψευδάργυρο, προτείνεται και το κατάλληλο σύστημα στήριξης. Σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, στις οποίες η επένδυση αποτελείται από πετάσματα ή φύλλα τραπεζοειδούς και κυματοειδούς διατομής, η στερέωση στο υπόβαθρο γίνεται μέσω συστήματος κατακόρυφων και οριζόντιων οδηγών από αλουμίνιο ή γαλβανισμένο χάλυβα. Στις υπόλοιπες εφαρμογές, με φύλλα ή ρολό, μεταξύ της επένδυσης και της όψης παρεμβάλλεται συνεχής ξύλινη επιφάνεια που στερεώνεται στο υπόβαθρο με ορθοστάτες. Σκόπιμο είναι η ξύλινη επιφάνεια να επιστρώνεται με μεμβράνη πριν από την εφαρμογή της μεταλλικής επένδυσης, ώστε να διαχωρίζονται τα υλικά και να αποτρέπεται η προσβολή της εσωτερικής επιφάνειας του τιτανιούχου ψευδάργυρου από υδρατμούς. Για καλύτερη απόδοση του συστήματος και την παράταση της διάρκειας ζωής της επένδυσης καλό είναι να τοποθετείται φράγμα υδρατμών μεταξύ ξύλιου υποστρώματος και τοιχοποιίας και πάντα πριν από τη θερμή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης, ώστε η πορεία των διερχόμενων υδρατμών να διακοπεί εξαρχής. Σε αντιστοιχία με όλες τις επενδύσεις που στερεώνονται σε απόσταση από το υπόβαθρο, υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής μονωτικού υλικού. Οι μονωτικές πλάκες για θερμομόνωση ή ηχομόνωση τοποθετούνται σε επαφή σε επαφή με το κέλφος του κτιρίου και αφού προηγηθεί φράγμα υδρατμών μεταξύ κελύφους και μόνωσης.

Οι αρμοί μεταξύ των στοιχείων από τιτανιούχο ψευδάργυρο ποικίλλουν ανάλογα με το είδος της επένδυσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις διαμορφώνονται με επικάλυψη τμήματος του υποκείμενου τεμαχίου από το υπερκείμενο ή με αναδίπλωση μπορεί να γίνει κατακόρυφη ραφή ή με τη χρήση ξύλινων τεγίδων. Ορισμένα πετάσματα έχουν διαμορφωμένες τις ακμές

τους με εσοχές και προεξοχές, ώστε η ένωσή τους να γίνεται με «κούμπωμα», αφήνοντας τη χαρακτηριστική σκοτία.

Ο τιτανιούχος ψευδάργυρος είναι υλικό με μακροχρόνια αρχιτεκτονική αξία λόγω των ακόλουθων ιδιοτήτων του:

- Επεξεργασιμότητα. Ανήκει στα μαλακά μέταλλα λόγω του μικρού ειδικού βάρους και συνεπώς μπορεί να διαμορφωθεί εύκολα σε οποιοδήποτε σχήμα και μορφή.
- Προστασία από την διάβρωση. Με την πάροδο του χρόνου αναπτύσσεται στην επιφάνεια του υλικού μια προστατευτική επίστρωση ανθρακικού ψευδαργύρου (πατίνα), που καθιστά πολύ ανθεκτικό στη διάβρωση.
- Αντοχή. Λόγω του κράματος με χαλκό και τιτάνιο, ο τιτανιούχος ψευδάργυρος έχει βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής. Η αντοχή του υλικού σε μηχανικές καταπονήσεις, σε διάβρωση και στην επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας του προσδίδει διάρκεια ζωής πολλαπλάσια σε σχέση με άλλα μέταλλα.
- Αισθητική. Το φυσικό χρώμα του τιτανιούχου ψευδάργυρου είναι το στιλπνό ανοιχτό γκρι, που με τη διαδικασία της φυσικής οξείδωσης αποκτά μια ματ υφή, εναρμονισμένη με το περιβάλλον. Εναλλακτικά μπορεί να φέρει πολυεστερική βαφή σε ποικιλία αποχρώσεων.
- Φιλικό προς το περιβάλλον. Είναι οικολογικά ακίνδυνο και ανακυκλώσιμο υλικό σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90%.

## 2.2.4 Χάλυβας

Ο χάλυβας χρησιμοποιείται στη διαμόρφωση όψεων με την μορφή φύλλων, επιπέδων ή με διάφορες διατομές πτυχώσεων και αυλακώσεων. Στις περισσότερες διατομές τα φύλλα από χάλυβα αποτελούν το κύριο δομικό στοιχείο πλήρωσης του κελύφους και σπανιότερα χρησιμοποιούνται σε επενδύσεις.

Τα χαλύβδινα φύλλα επένδυσης διατίθενται σε μεγάλες διαστάσεις (έως 13 m) το δε σχήμα τους προσαρμόζεται στις διαστάσεις της προς επένδυση επιφάνειας. Η στερέωσή τους στο υπόστρωμα γίνεται μέσω βοηθητικού σκελετού, επάνω στον οποίο βιδώνονται τα επί μέρους φύλλα. Η συναρμογή των διαδοχικών φύλλων γίνεται με επικάλυψη ή αναδίπλωση για την εξασφάλιση της στεγανότητας της κατασκευής. Στα επίπεδα φύλλα προτιμάται επικάλυψη 10-20 cm και αυλακωτά μία ή δύο αυλακώσεις, ανάλογα με τις διαστάσεις τους. Στην περίπτωση της αναδίπλωσης συνήθως εφαρμόζεται η κατακόρυφη ραφή με αναδίπλωση.

Οι αρμοί στεγανοποιούνται με προκασκευασμένα στοιχεία από συνθετικό υλικό ή με ειδικά χαλύβδινα ελάσματα. Στις μεγάλες ολόσωμες μεταλλικές επενδύσεις καλό είναι τα στεγανοποιητικά μέσα να έχουν δυνατότητα ολίσθησης για την εκτόνωση των τάσεων που αναπτύσσονται λόγω συστολοδιαστολών από θερμοκρασιακές μεταβολές.

Ένας άλλος τύπος επένδυσης από χάλυβα είναι τα σύνθετα μονωτικά πετάσματα με πυρήνα από πολυουρεθάνη ή πετροβάμβακα που παρέχουν επαρκή θερμομόνωση και πυραντίσταση των δομικών στοιχείων. Η στήριξή τους γίνεται με τρόπο παρόμοιο με των χαλύβδινων φύλλων.

Οι εξωτερικές επενδύσεις από χάλυβα διακρίνονται σε ανοξείδωτες και γαλβανισμένες.

- Ανοξείδωτες. Ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι υψηλής ποιότητας χάλυβας με περιεκτικότητα σε χρώμιο τουλάχιστον 10%. Είναι εξαιρετικά ανθεκτικός, δεν χρειάζεται επεξεργασία της τελικής του επιφάνειας, επειδή δεν επηρεάζεται από τη διάβρωση, αλλά έχει αυξημένο κόστος.
- Γαλβανισμένες. Στην επιφάνεια του κοινού χάλυβα ενσωματώνεται λεπτή στρώση ψευδαργύρου με ηλεκτροχημικό τρόπο ή με εμβάπτιση σε ρευστό τηγμένο ψευδάργυρο. Με αυτή την επεξεργασία ο χάλυβας γίνεται αδρανής σε ηλεκτρολυτικά φαινόμενα και ανθεκτικός στις διαβρωτικές συνθήκες. Ο γαλβανισμένος χάλυβας μπορεί να δεχτεί επιφανειακή επεξεργασία για γυαλιστερή ή ανακλαστική επιφάνεια, ακόμα και να βαφεί, όπως ο κοινός χάλυβας.

Οι χαλύβδινες επιφάνειες, απλές ή γαλβανισμένες, καλό είναι να επιστρώνονται με ειδικές λάκες, ρητινούχου σύστασης. Ανάλογα με το είδος της λάκας ενισχύεται η αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, διάβρωση και υπεριώδη ακτινοβολία και διασφαλίζεται η ποιότητα του υλικού. Η σταθερότητα των χρωμάτων και κατά συνέπεια η καλαισθητή εμφάνιση.

## Οξειδωμένος χάλυβας

Ο οξειδωμένος χάλυβας (cor-ten) είναι υλικό με μεγάλη αντοχή και ιδιαίτερη αισθητική, που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στις σύγχρονες μεταλλικές επενδύσεις. Λόγω της χημικής του σύνθεσης ο οξειδωμένος χάλυβας, αντιδρά στην επίδραση των καιρικών συνθηκών με τη δημιουργία ενός προστατευτικού στρώματος, (πατίνας) στην επιφάνειά του. Με την πάροδο του χρόνου και την επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών, αυτό το στρώμα, που ουσιαστικά είναι προϊόν φυσικής διάβρωσης του χάλυβα, αναπτύσσεται και επαναδημιουργείται διαρκώς. Η εμφάνιση της πατίνας καθορίζεται από την ένταση των διαβρωτικών παραγόντων και τα χαρακτηριστικά της επενδυμένης επιφάνειας (προσανατολισμό, σκίαση, προστασία από γειτονικές κατασκευές κτλ.).

Ο οξειδωμένος χάλυβας εφαρμόζεται σε φύλλα, συμπαγή ή διάτρητα και διατίθεται σε δύο ποιότητες βάσει μέγιστου πάχους υλικού. Τα φύλλα της πρώτης ποιότητας έχουν πάχος μέχρι 12,5 mm, ενώ της δεύτερης μέχρι 50 mm. Τα φύλλα προσαρμόζονται με βίδες, ήλους ή πριτσίνια επάνω σε γαλβανισμένους ορθοστάτες που στερεώνονται στην τοιχοποιία. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή του υλικού των εξαρτημάτων για την αποφυγή ηλεκτροχημικών αντιδράσεων, με επικρατέστερη λύση τα ανοξείδωτα στοιχεία. Στο διάκενο προβλέπεται τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης και αναπνέουσας μεμβράνης.

Λόγω της διαρκούς διάβρωσης του υλικού, μετά την πάροδο εύλογου χρονικού διαστήματος παρατηρείται μείωση του πάχους του φύλλου, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη από τον αρχιτέκτονα ήδη από το στάδιο της μελέτης της επένδυσης. Σε περιοχές με έντονα καιρικά φαινόμενα και ατμοσφαιρική ρύπανση προβλέπεται αρχικά μεγαλύτερο πάχος επένδυσης και εφαρμόζεται συμβατική επιφανειακή αντιδιαβρωτική προστασία. Η προστασία κρίνεται απαραίτητη σε κατασκευές που είναι εκτεθειμένες στο νερό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε περιοχές με αυξημένη υγρασία ή παραθαλάσσια μέρη. Για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων που έχει η επένδυση με οξειδωμένο χάλυβα σε σχέση με τον κοινό χάλυβα είναι σημαντικό ο σχεδιασμός, η μελέτη και η κατασκευή της σύνθεσης να εξασφαλίζουν την ανεμπόδιση και μακροπρόθεσμη διενέργεια της οξείδωσης. Η επεξεργασία του υλικού διέπεται από προδιαγραφές και τεχνικές οδηγίες που πρέπει να τηρούνται.

### 2.2.5 Άλλα μέταλλα

Σε μικρότερο ποσοστό συγκριτικά με το αλουμίνιο, το χαλκό, τον τιτανιούχο ψευδάργυρο και το χάλυβα χρησιμοποιούνται στις επενδύσεις όψεων και τα εξής μέταλλα ή κράματα μετάλλων:

- Τιτάνιο. Διακρίνεται για υψηλές μηχανικές αντοχές, την αυξημένη σκληρότητα και το μικρότερο βάρος. Διατίθεται σε φύλλα και σύνθετα θερμομονωτικά πετάσματα. Λόγω της αδράνειάς του στις περισσότερες ατμοσφαιρικές συνθήκες, θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον και είναι 100% ανακυκλώσιμο. Ενδείκνυται για περιπτώσεις που έχει καθοριστική σημασία το βάρος της επένδυσης.
- Μόλυβδος. Είναι μέταλλο μαλακό και χαρακτηρίζεται από τις χαμηλές θερμικές και ηλεκτρικές του ιδιότητες. Διαθέτει ένα χαρακτηριστικό γυαλιστερό γκρι-μπλε χρώμα που με την πάροδο του χρόνου μετατρέπεται σε ματ γκρι-γαλάζιο λόγω της επιφανειακής οξειδωσης. Διατίθεται σε φύλλα που στερεώνονται επάνω σε ξύλινο πέτσωμα και συνδέονται με αναδίπλωση, βίδωμα ή μολυβδοκόλληση.
- Ορείχαλκος. Είναι κράμα χαλκού και ψευδαργύρου και χρησιμοποιείται σε φύλλα που εφαρμόζουν όμοια με τον χαλκό. Λόγω της περιορισμένης αντοχής και του έντονου χρώματος βρίσκει εφαρμογή περισσότερο σε εσωτερικούς χώρους.

### 2.2.6 Διάτρητα μεταλλικά στοιχεία

Η διαμόρφωση της όψης κτιρίων με διάτρητα μεταλλικά πετάσματα είναι μια δημοφιλής εναλλακτική λύση των μεταλλικών επενδύσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό, στο οποίο διαφοροποιούνται και αποτελεί συνάμα το κίνητρο για την επιλογή τους, είναι η διαφάνεια. Ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας των μεταλλικών πλεγμάτων διαφοροποιείται ο βαθμός διαφάνειας, προσδίδοντας στο υλικό μεγάλη ευελιξία για την ικανοποίηση των λειτουργικών και αισθητικών απαιτήσεων ενός κτιριακού έργου. Επιπλέον πλεονεκτήματα των μεταλλικών πλεγμάτων είναι η ευκολία στην τοποθέτηση, το μικρό βάρος και η οικιλία στις δυνατότητες μορφοποίησης, στοιχεία που τα καθιστούν κατάλληλη επιλογή για καινούρια αλλά και υφιστάμενα κτίρια (ανακαινίσεις).

Τα μεταλλικά στοιχεία συνδυάζουν την αισθητική ποιότητα με την λειτουργικότητα. Κρίνονται ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην προστασία του κελύφους από την ηλιακή ακτινοβολία. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό του μεταλλικού πετάσματος εξασφαλίζονται συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης σε όλη την διάρκεια του χρόνου.

### Προστασία μεταλλικών επιφανειών

Η επιλογή της κατάλληλης αντιδιαβρωτικής προστατευτικής μεθόδου εξαρτάται από τις ιδιαίτερες λειτουργικές απαιτήσεις του κτιρίου και το επιδιωκόμενο αισθητικό αποτέλεσμα. Οι τεχνικές εναντίον της διάβρωσης διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:



□ Φυσική προστασία. Τα περισσότερα από τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις επενδύσεις όψεων, όπως το αλουμίνιο, ο χαλκός, ο τιτανιούχος ψευδάργυρος, ο οξειδωμένος και ανοξειδωτος χάλυβας αποκτούν με την πάροδο του χρόνου και την παρατεταμένη έκθεσή τους στις ατμοσφαιρικές συνθήκες μια επιφανειακή προστατευτική στρώση, προϊόν οξείδωσης. Σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, χωρίς έντονη υγρασία και ατμοσφαιρικούς ρύπους, η φυσική προστασία κρίνεται επαρκής. Τα κράματα που έχουν αυτή την ιδιότητα είναι κατάλληλα για την κατασκευή μεταλλικών πλεγμάτων, επειδή οποιαδήποτε πρόσθετη επεξεργασία τους μετά την πλέξη είναι αναποτελεσματική.

□ Μεταλλικές επιστρώσεις. Οι μεταλλικές προστατευτικές επιστρώσεις εφαρμόζονται σε μεταλλικά στοιχεία επένδυσης είτε ηλεκτροχημικά με μορφή διαλυμάτων ή ατμών σε στερεή μορφή. Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές είναι η επισμάλτωση και ο γαλβανισμός. Η επισμάλτωση είναι μια υαλώδης επίστρωση που αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις οξειδίου του πυριτίου, οι οποίες εφαρμόζονται με ψεκασμό ή βύθιση και κατόπιν ψήνονται σε θερμοκρασία 800°C. Κατά το γαλβανισμό τα μεταλλικά (χαλυβδίνα συνήθως) στοιχεία εμβαπτίζονται σε τηγμένο ψευδάργυρο 450°C και σχηματίζεται επιφανειακή επίστρωση ψευδαργύρου πάχους μόλις 0,1mm. Η λεπτή επιφανειακή επίστρωση καλύπτει το αρχικό μέταλλο, αλλά είναι ευαίσθητη σε μηχανικές καταπονήσεις, ιδιαίτερα στις ακμές, στις οπές και στις ζώνες συγκόλλησης. Σύρματα με μεταλλικές επιστρώσεις ενδείκνυνται για την κατασκευή πλεγμάτων.

□ Μη μεταλλικές επιστρώσεις. Περιλαμβάνουν διαφανείς και αδιαφανείς βαφές οργανικών ενώσεων μεταβλητού πάχους. Κατά την ηλεκτροστατική βαφή των μεταλλικών επιφανειών τα στοιχεία της βαφής έλκονται από το μέταλλο και με την επιβολή υψηλών θερμοκρασιών δημιουργούν σταθερή επιφάνεια ποικίλων χρωματισμών. Οι οργανικές επιστρώσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα μέταλλα καλό είναι όμως να αποφεύγονται στα πλεγματα. Ορισμένες βαφές αυτής της κατηγορίας προσφέρουν ηχομονωτική ή αντικραδασμική προστασία.

## 2.3 Δικέλυφες αεριζόμενες όψεις

Η κατασκευή δικέλφων όψεων προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές, όπως μείωση του ακουστικού θορύβου χωρίς παρεμπόδιση της θέας και ελαχιστοποίηση των εξωτερικών επιδράσεων στο κτίριο με εκμετάλευση της δυνατότητας του φυσικού αερισμού. Ανάλογα με το κλίμα, η δικέλυφη όψη θα πρέπει να ικανοποιεί διαφορετικές απαιτήσεις και στόχους. Έτσι, στα κρύα κλίματα, με τη διαμόρφωση της όψης απαιτείται η ελαχιστοποίηση της επίδρασης των εξωτερικών χαμηλών θερμοκρασιών τον χειμώνα, ενώ σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα απαιτείται ο φυσικός αερισμός για μετρίαση της επίδρασης των υψηλών θερμοκρασιών το καλοκαίρι, καθώς και η επαρκής σκίαση.

Το πλάτος του διάκενου μεταξύ των δύο κελύφων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως και ένα μέτρο και μπορεί να είναι φυσικά ή μηχανικά αεριζόμενο ή συνδυασμός και των δύο.

### 2.3.1 Όψεις από αδιαφανή υλικά

Σε αυτήν την περίπτωση διαμορφώνεται ένα αεριζόμενο διάκενο μεταξύ του εξωτερικού

κελύφους και της θερμομονωτικής στρώσης, που τοποθετείται σε επαφή με το εσωτερικό κέλυφος, οπότε τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της θερμομονωτικής ικανότητας της όψης. Αυτός ο τρόπος κατασκευής είναι αριστη επιλογή τόσο για νέες κατασκευές, όσο και για την αποκατάσταση και ανακαίνιση κτιρίων με στόχο την ενεργειακή και αισθητική αναβάθμιση. Έχει ελάχιστη επίδραση στην υφιστάμενη όψη (από την απόψη των πρόσθετων φορτίων), ενώ η πληθώρα των πετασμάτων του εξωτερικού κελύφους δημιουργεί διάφορα αισθητικά αποτελέσματα, και συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Μ' αυτή τη διαμόρφωση η μόνωση είναι συνεχής, οπότε αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και αποτρέπεται η υγραποίηση λόγω διάχυσης των υδρατμών. Η θέρμανση της αέριας μάζας στο διάκενο προκαλεί την κίνησή της μέσα στο διάκενο, οπότε επιτυγχάνεται ο συνεχής αερισμός (φαινόμενο της καμινάδας). Με την κατάλληλη διαστασιολόγηση του διακένου, οι διαχεόμενοι υδρατμοί από τον εσωτερικό χώρο εκτονώνονται στο διάκενο και απομακρύνονται αποτελεσματικά. Έτσι, η θερμομονωτική στρώση παραμένει στεγνή, διατηρώντας τη θερμομονωτική της ικανότητα. Το εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου προστατεύεται αποτελεσματικά με το εξωτερικό κέλυφος έναντι των ακραίων καιρικών συνθηκών, από τη σκόνη, τη ρύπανση και την υγρασία οπότε αυξάνεται η διάρκεια ζωής του και συγχρόνως εξασφαλίζονται άριστες συνθήκες ευεξίας στους χρήστες.

### **Τύποι εξωτερικών επενδύσεων**

Αναφορικά οι τύποι εξωτερικών επενδύσεων είναι:

- Πέτασμα με κεραμικά πλακίδια
- Επίπεδα τσιμεντοειδή πετάσματα με πολυμερή
- Μεταλλικά φύλλα
- Σύνθετα πετάσματα

### **3. ΔΙΑΤΡΗΤΕΣ ΟΨΕΙΣ**

Διάτρητα φύλλα, πλέγματα, εκτατά πλέγματα καλωδίων, σχάρες κ.ά. αποτελούν τα συνηθέστερα μεταλλικά υλικά που απαντώνται σήμερα στην αγορά. Ως προϊόντα απλής παραγωγικής διαδικασίας με χαμηλό κόστος, χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο από τους αρχιτέκτονες για τη διαμόρφωση των όψεων κατασκευών και την ηλιοπροστασία του κελύφους. Η σκίαση που προσφέρουν επηρεάζει θετικά το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, καθώς μειώνει τα έξοδα κλιματισμού το καλοκαίρι, επιτρέποντας όμως τον αερισμό. Επίσης, ανάλογα με την ηλιοφάνεια, τη βροχή, τη σκίαση και την ώρα της ημέρας δημιουργούν διαφορετική εντύπωση.

Τα πλεονεκτήματα των μεταλλικών στοιχείων επένδυσης είναι η εύκολη τοποθέτησή τους, η ελάχιστη συντήρηση που χρειάζονται και η μεγάλη δυνατότητα μορφοποίησής τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Επιπλέον, είναι ανθεκτικά στα φορτία και στο χρόνο, τοποθετούνται εύκολα χωρίς ιδιαίτερες επεμβάσεις τόσο σε νέες, όσο και σε υφιστάμενες

κατασκευές, τις οποίες δεν επιβαρύνουν με πολλά πρόσθετα φορτία.

Ειδικά, όσο αφορά στα διάτρητα στοιχεία, σημαντικό ρόλο στην επέκταση της χρήσης τους έπαιξε η ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας. Αναμφίβολα, η εξέλιξη των μεθόδων κατεργασίας των υλικών, από τις σμίλες και τα πρώιμα τρυπάνια έως τα μηχανήματα ψηφιακής καθοδήγησης (CNC) και τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, διεύρυνε τις δυνατότητες σχεδιασμού και κατασκευής, ακόμη και ιδιαίτερα πολύπλοκων διάτρητων μορφών.

## Υλικά κατασκευής

Πληθώρα μετάλλων ή πιο συγκεκριμένα, κραμάτων τους έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αυτών των μεταλλικών στοιχείων. Τα πιο συνηθισμένα κράματα για δομικές εφαρμογές είναι:

- Κράματα αλουμινίου. Τα προϊόντα από τα κράματα αλουμινίου έχουν ασημόλευκο χρώμα, είναι ελαφρά, έχουν ικανοποιητικές αντοχές, είναι ανθεκτικά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες και ανακλούν τη θερμότητα σε μεγάλο ποσοστό. Μολονότι το κόστος παραγωγής τους είναι αρκετά υψηλό, η ικανοποιητική αντοχή τους, η ανθεκτικότητα τους σε διάβρωση και η δυνατότητα ανακύκλωσης που έχουν μειώνουν μακροπρόθεσμα το τελικό κόστος εφαρμογής τους.
- Κράματα χαλκού. Ο κόκκινος χαλκός είναι υλικό μαλακό πολύ όλκιμο και μετά τον άργυρο, ο καλύτερος αγωγός θερμότητας και ηλεκτρισμού. Με την έκθεσή του στον ατμοσφαιρικό αέρα δημιουργεί προστατευτικό στρώμα (προϊόν οξείδωσης) που δίνει στον χαλκό χαρακτηριστικό χρώμα (πράσινη πατίνα), το οποίο αλλάζει με τον καιρό, αλλά συγχρόνως προστατεύει το προϊόν από τη διάβρωση. Η βροχή, το χιόνι ο αέρας απομακρύνουν αυτό το προστατευτικό στρώμα, το οποίο όμως επαναδημιουργείται. Παρά το υψηλό κόστος στα προϊόντα χαλκού είναι ανταγωνιστικά λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας τους στο χρόνο με ελάχιστες εργασίες συντήρησης.
- Χάλυβες. φύλλα χάλυβα χρησιμοποιούνται συχνά στις όψεις των κτιρίων λόγω των αντοχών του υλικού, της ικανοποιητικής τιμής και της μειωμένης οικολογικής επιβάρυνσης. Ο κοινός χάλυβας χρειάζεται προστασία έναντι της διάβρωσης. Οι ανοξείδωτοι χάλυβες εμφανίζουν καλύτερη συμπεριφορά έναντι της διάβρωσης. Αυτό όμως δεν σημαίνει όμως ότι δεν διαβρώνονται καθόλου. Η εφαρμογή τους σε περιβάλλοντα με έντονους διαβρωτικούς παράγοντες, η ύπαρξη αλάτων, χλωρίου κτλ., πρέπει να γίνεται με προσοχή. Λόγω της ύπαρξης χρωμίου και νικελίου στην σύστασή τους, οι ανοξείδωτοι χάλυβες είναι γενικώς ακριβά υλικά.
- Κράματα τιτανίου. Τα κράματα τιτανίου είναι όλκιμα υλικά με ασημόλευκο χρώμα. Αναπτύσσουν μεγάλες αντοχές (μεγαλύτερες από 1200N/mm<sup>2</sup>), πολύ μεγάλη ανθεκτικότητα στη διάβρωση και είναι γενικώς σκληρά υλικά. Το μικρό τους βάρος σε σχέση με την αντοχή που αναπτύσσουν (42% ελαφρότερο από τον κοινό χάλυβα) τα κατέστησε ιδανικά υλικά για χρήσεις ειδικών απαιτήσεων, όπως διαστημική και αεροναυπηγική. Τελευταία άρχισαν να χρησιμοποιούνται και στις κατασκευές σε περιορισμένου αριθμού εφαρμογές, λόγω του υψηλού κόστους.

## 3.1 Διάτρητες μεταλλικές επιφάνειες

Η ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας κατέστησε δυνατό το σχεδιασμό και την παραγωγή διάτρητων επιφανειών με οποιαδήποτε μορφή και σε ποικίλες διαστάσεις. Οι οπές στις συμπαγείς επιφάνειες δεν χρειάζεται πλέον να έχουν τυποποιημένο σχήμα, αλλά ούτε και να επαναλαμβάνονται σε συγκεκριμένες αποστάσεις. Αντίθετα, οποιοδήποτε μοτίβο, είτε είναι ελεύθερο και καμπυλόμορφο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σχέδιο κοπής και διάτρησης διαφόρων επιφανειών. Βεβαίως, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διατηρείται η δυσκαμψία του φύλλου και να αποφεύγονται οι οπές στις ακμές των μεταλλικών φύλλων. Οι διατρήσεις γίνονται σε όλων των ειδών τα ελάσματα (φύλλα σιδήρου, γαλβανιζέ, ανοξείδωτα, αλουμινίου, ορείχαλκου κτλ.), τα οποία διατίθενται είτε σε φύλλα είτε σε ρολά.

Τα διάτρητα φύλλα επιτυγχάνουν διαφορετικό αισθητικό αποτέλεσμα, ανάλογα με την απόσταση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής. Την ημέρα, από μακρινή απόσταση οι οπές των διάτρητων φύλλων φαίνονται ελαφρώς πιο σκούρες από ότι η υπόλοιπη μεταλλική επιφάνεια, επειδή δεν αντανακλούν φως. Κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν ο εσωτερικός χώρος φωτίζεται η όψη δείχνει να «λάμπει» στις θέσεις των οπών.

Τα διάτρητα φύλλα μπορούν να λειτουργήσουν και ως φίλτρα ήχου, καθώς μπορεί να είναι είτε ηχοδιαπερατά είτε ηχομονωτικά, εφόσον το μέγεθος και η διάταξη των οπών και το πάχος των φύλλων καθορίζουν τις συχνότητες ήχου που θα διαπεράσουν την επιφάνεια.

Επίσης τα διάτρητα μεταλλικά φύλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρεμπόδιση διέλευσης μικροκυμάτων, ραδιοκυμάτων και άλλων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Όσον αφορά στην κατασκευή των διάτρητων επιφανειών, η τεχνολογία CNC επιτρέπει τη δημιουργία οπών με μεγάλη ακρίβεια, είτε πρόκειται για απλά γεωμετρικά σχήματα είτε για πολύπλοκα μοτίβα, ενώ είναι πλέον δυνατή και η κατασκευή μεμονωμένων τεμαχίων με εντελώς πρωτότυπα και μη-επαναλαμβανόμενα σχέδια. Ως εκ τούτου με την ανάπτυξη των εφαρμογών ψηφιακού σχεδιασμού και των μηχανών ψηφιακής καθοδήγησης εισήχθησαν για πρώτη φορά στη βιομηχανική και μαζική παραγωγή οι έννοιες της μοναδικότητας και του εξατομικευμένου σχεδίου.

### **3.2 Τύποι προϊόντων**

Ανάλογα με την παραγωγική τους διαδικασία τα μεταλλικά προϊόντα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάτρητες μεταλλικές επιφάνειες, εκτατά πλέγματα, απλά πλέγματα, σχάρες κτλ.

#### **Εκτατά πλέγματα**

Τα εκτατά πλέγματα είναι προϊόντα που κατασκευάζονται είτε από σύρματα που συνδέονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας ρομβοειδείς συνήθως οπές, είτε είναι προϊόντα κατεργασίας λεπτών ελασμάτων που κόπτονται και αναδιπλώνονται, δημιουργώντας κυματώσεις. Η κατασκευή τους πραγματοποιείται χωρίς απώλεια υλικού, ενώ δεν χρειάζεται συγκόλληση ή «πλέξιμο» για την κατασκευή τους. Παράγονται σε πλήθος διαστάσεων και μπορούν να κοπούν στα επιθυμητά μεγέθη, χωρίς να χάσουν την δυσκαμψία τους, η οποία οφείλεται στο ιδιαίτερο σχήμα τους. Το μικρό τους βάρος και η υψηλή δυσκαμψία τους τα καθιστά ιδανικά υλικά για την εφαρμογή σε μεγάλες επιφάνειες όψεων, όπως πολυώροφους σταθμούς αυτοκινήτων.

#### **Σχάρες**

Οι σχάρες κατασκευάζονται από χάλυβα, κοινό ή ανοξείδωτο, αλουμίνιο και άλλα μέταλλα,

ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της εφαρμογής. Αποτελούνται από λεπτά επιμήκη στοιχεία, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους είτε με πίεση είτε με ηλεκτροσυγκόλληση και διατίθενται στην αγορά σε πλήθος διαστάσεων.

## **Πλέγματα**

Μια μεγάλη κατηγορία μεταλλικών προϊόντων που προσφέρουν διαφάνειά είναι τα μεταλλικά πλέγματα τα οποία κατασκευάζονται με «πλέξη» συρμάτων από χάλυβα, γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο, αλουμίνιο, χαλκό, μπρούτζο, τιτάνιο, κασσίτερο ή και άλλα υλικά, σε διάφορα μοτίβα.

Τα πλέγματα στηρίζονται στην κατασκευή μέσω εξαρτημάτων, τα οποία είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να διατηρούν το πλέγμα υπό τάση. Συνήθως χρειάζονται στήριξη μόνο στο επάνω και κάτω μέρος τους, ενώ τα ενδιάμεσα στηρίγματά τους είναι ελάχιστα, δεν επιβαρύνουν την κατασκευή και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διατήρηση μιας σταθερής απόστασης από την όψη της κατασκευής, στην οποία εφαρμόζονται.

Παρέχουν ελεύθερη επιφάνεια μεγαλύτερη του 50%, γεγονός που επιτρέπει μία καλή ορατότητα, αποτρέποντας παράλληλα το φαινόμενο της θάμβωσης στο εσωτερικό του κτιρίου, που είναι σημαντικό στην περίπτωση εφαρμογής τους σε σταθμούς αυτοκινήτων. Ενώ περιορίζουν τη διέλευση των ακτινών του ηλίου, επιτρέπουν τον αερισμό, μειώνοντας έτσι το κόστος για κλιματισμό και τον εξαερισμό αντίστοιχα.

Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η παραγωγική διαδικασία τους είναι μια διαδικασία εν ψυχρώ, η οποία έχει μειωμένο περιβαλλοντικό κόστος σε σχέση με παραγωγικές μεθόδους εν θερμώ, θεωρούνται υλικά της οικολογικής αρχιτεκτονικής, σύμφωνα με τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης.

Τα πλέγματα, ανάλογα με τον ποιότητα, είναι ταξινομημένα σε έξι κατηγορίες από το 0 έως το 5. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός της κατηγορίας, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζουν.

## **Τοποθέτηση**

Γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την τοποθέτηση μεταλλικών στοιχείων αποτελούν οι παραμορφώσεις από συστολοδιαστολές λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας. Θα πρέπει, επομένως, να προβλέπονται αρμοί διαστολής, ώστε να παραλαμβάνονται οι παραμορφώσεις. Στις περιοχές επαφής των μεταλλικών επιφανειών μπορεί να δημιουργηθούν τριγμοί και μικροθόρυβοι, οι οποίοι αποτρέπονται με τη χρήση πλαστικών εξαρτημάτων στα στοιχεία που βρίσκονται σε επαφή. Σημειακή στήριξη ( κοχλίες, άγκιστρα κτλ.) ή γραμμική στήριξη (επικόλληση, συγκόλληση κτλ) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύνδεση των επιφανειών στη στηρίζουσα κατασκευή.

Επίσης θα πρέπει να προβλέπεται η πιθανότητα ηλεκτροχημικής διάβρωσης διαφορετικών μεταλλικών στοιχείων που βρίσκονται σε επαφή. Αλκαλικά υλικά, όπως τσιμέντο ή η άσβεστος μπορεί να άσβεστος μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση των μεταλλικών στοιχείων, ιδιαίτερα κάτω από την επίδραση της υγρασίας. Για αυτό το λόγο τα μεταλλικά στοιχεία θα πρέπει να προστατεύονται.

## **4. ΟΨΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Η σημαντικότερη ένδειξη της αλληλεπίδρασης μεταξύ ψηφιακού κόσμου και αρχιτεκτονικής

σύνθεσης είναι ο παραμετρικός σχεδιασμός, μια νέα θεώρηση που κερδίζει διαρκώς έδαφος στη διεθνή κατασκευαστική πρακτική. Κάθε κτίριο εμπεριέχει πλήθος πληροφοριών που αφορούν στο κέλυφος, στη χρήση, στους χρήστες, στην αλληλεπίδραση με τον περιβάλλοντα χώρο, στην ενεργειακή κατανάλωση, στις μεταβολές σε βάθος χρόνου κ.ά. ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δεν προκύπτει πλέον από σταθερά μεγέθη και αρχές, αλλά καθορίζεται μέσα από την αναζήτηση των ασταθών σχέσεων που διέπουν τις προαναφερθείσες παραμέτρους. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο ο υπολογιστής δεν χρησιμοποιείται απλώς ως ένα μέσο αναπαράστασης μιας μορφής αλλά μέσω των κατάλληλων λογισμικών διαχειρίζεται τον όγκο των πληροφοριών και βοηθάει τον αρχιτέκτονα να συνθέσει και να ελέγξει σύνθετες μεταβαλλόμενες μορφές.

Ο παραμετρικός σχεδιασμός συνδέεται άμεσα με την υλοποίηση του ψηφιακού προϊόντος μέσω κατάλληλης τεχνολογίας που εξασφαλίζει τη «συνέχεια από τον υπολογιστή στο εργοστάσιο» (file to factory) και εδραιώνει μια νέα σχέση της αρχιτεκτονικής με την κατασκευαστική βιομηχανία. Είναι πλέον εφικτή η παραγωγή σύνθετων κατασκευών και δομικών υλικών που δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθούν με τους συμβατικούς τρόπους κατασκευής, διασφαλίζοντας την ακρίβεια, την ποιότητα και την αισθητική.

#### **4.1 Τεχνολογία υλοποίησης παραμετρικού σχεδιασμού**

Η τεχνολογία που μπορεί να υποστηρίξει τη μετατροπή του ψηφιακού προϊόντος σε τρισδιάστατο αντικείμενο συνοψίζεται σε τρία μηχανήματα:

- Μηχάνημα χάραξης και κοπής με λέιζερ (laser cutter). το μηχάνημα κατευθύνει μέσω υπολογιστή ακτίνα λέιζερ υψηλής έντασης επάνω σε συμπαγές υλικό, το χαράσσει και αφαιρεί τα τμήματα που υποδεικνύει το σχέδιο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μέταλλα, ξύλο, κεραμικό, πλαστικό, ύφασμα και χαρτί, χαράζει με μεγάλη ακρίβεια και αφήνει κομμένες ακμές με ομοιόμορφα τελειώματα.
- Μηχάνημα ψηφιακής κοπής (CNC milling machine). Το μηχάνημα καθοδηγείται ψηφιακά μέσω υπολογιστή που μεταβιβάζει ηλεκτρονικά όλες τις εντολές για την κατεργασία του υλικού. Στην απλούστερη μορφή του η κεφαλή κοπής κινείται στους τρεις άξονες, ενώ τα πιο εξελιγμένα μηχανήματα συνεργάζεται με όλα τα δομικά υλικά.
- Τρισδιάστατος εκτυπωτής. Είτε πρόκειται για εκτυπωτή εναπόθεσης ύλης είτε για εκτυπωτή στερεό-λιθογραφίας, το μηχάνημα δημιουργεί εκ του μηδενός ένα τρισδιάστατο αντικείμενο σύμφωνα με το ψηφιακό μοντέλο που χορηγείται, καθώς το κόστος μειώνεται και οι δυνατότητες αυξάνονται, αναμένεται να βρει ευρύτερες εφαρμογές στον κατασκευαστικό τομέα.

#### **Σύγχρονες εφαρμογές σε μέταλλο**

Η επένδυση των όψεων κτιρίων με μεταλλικά πετάσματα αποτελεί μια καθιερωμένη πρακτική εδώ και αρκετές δεκαετίες. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας επεξεργασίας μετάλλου και κυρίως η συνεργασία των CAD λογισμικών με τα μηχανήματα παραγωγής επιτρέπει πλέον τη μεταφορά οποιουδήποτε μοτίβου και οποιασδήποτε φόρμας στις μεταλλικές όψεις, απελευθερώνοντας τη φαντασία των αρχιτεκτόνων.

Οι μεταλλικές επενδύσεις όψεων εξυπηρετούν σκοπούς αισθητικούς αλλά και λειτουργικούς, όπως οι εφαρμογές αεριζόμενης πρόσοψης, η προστασία των δομικών στοιχείων, ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας και η σκίαση. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται ως υλικά

επένδυσης όψεων διακρίνονται σε αυτά, των οποίων η επιφάνεια δεν αλλοιώνεται με την πάροδο του χρόνου, όπως ο χαλκός και ο μόλυβδος.

Στις σύγχρονες όψεις ο παραμετρικός σχεδιασμός των μεταλλικών πετασμάτων και οι δυνατότητες παραγωγής τους με μηχανήματα CNC ή λέιζερ επιτρέπουν τη δημιουργία τρισδιάστατων όψεων πολύπλοκης γεωμετρίας, καθώς και απεριόριστες επιλογές στην επεξεργασία της επιφάνειάς τους. Τα μεταλλικά φύλλα, επίπεδα ή τρισδιάστατα, μπορούν να φέρουν ανάγλυφο σχέδιο ή να είναι διάτρητα. Το μοτίβο των ανάγλυφων σχημάτων ή των διατρήσεων στην απλούστερη εκδοχή προκύπτει από την επανάληψη τυποποιημένων μονάδων και μπορεί να φτάσει μέχρι το πρωτότυπο σχεδιασμό κάθε πετάσματος στις πιο σύνθετες εφαρμογές.

## **5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ**

Η συγκεκριμένη πτυχιακή πραγματεύεται την μελέτη και τον σχεδιασμό σκιάστρων και στεγάστρου στο κτίριο Ιωάννης Μακρυγέννης ή γνωστότερο ως μιμόζα, το οποίο αποτελεί παράρτημα των Α.Τ.Ε.Ι Πατρών και στεγάζει τις σχολές της ανακαίνισης και αποκατάστασης κτιρίων και λογοθεραπείας. Επιλέχθηκε ως ιδανική λύση για την σκίαση του κτιρίου με βάση την επάρκεια της σκίασης αλλά και του αισθητικού αποτελέσματος του έργου, η κατασκευή μεταλλικής αεριζόμενης όψης με πετάσματα από αλουμινίο και επεξεργασία αυτών με laser ή μηχανήματα CNC για την διάτρησή τους.

## **6. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΙΔΕΑ**

Η ιδέα για την αεριζόμενη οψη, δλδ την συνολική σκίαση του κτιρίου προέκυψε λόγω των

σημερινων αναγκών της νομοθεσίας για την ενεργειακη αναβαθμιση των κτιριων. Αν και όχι τόσο οικονομικη λυση, η εξολοκληρου επενδυση ενός κτιριου με σκοπο την σκιαση του ευεργετει το κτιριο ενεργειακα, δεδομενου ότι η σκιαση λαμβανοντας υποψη και το φυσικο φωτισμο, προσφερει μειωση για αναγκη δροσισμού το καλοκαιρι αλλά ταυτοχρονα και λιγοτερη θερμανση το χειμωνα, αφου η αεριζομενη οψη φερει και θερμομονωση. Παρολο λοιπον που η κατασκευη μπορει να μην είναι και ιδιαίτερα οικονομικη, μακροπροθεσμα αποτελει μια εξαιρετικη λυση διοτι η καταναλωση ενεργειας του κτιριου μπορει να φτασει μεχρι και 60%.

Περαν φυσικα της εξοικονομησης ενεργειας, οι αεριζομενες οψεις είναι ένας εξαιρετικος τροπος ώστε να αναβαθμιστει ένα κτιριο και αισθητικα λογο του πλυθους των υλικων και πλεον και των τεχνοτροπιων τους.

Η συγκεκριμενη πτυχιακη εξελαβε υποψη της τις αρχες κατασκευης μιας μεταλλικης υποψης σε όλα τα επιπεδα κατασκευης της, προσθετοντας στοιχεια όπως οι διατρισεις και το χρωμα για λειτουργικους αλλά και για αισθητικους λογους.

## **7.ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Το κτιριο βρισκεται στην πόλη της Πατρας, στην περιοχη Ταραμπουρα και βρισκεται μεταξύ των οδών Αστυπάλαιας (βορειοανατολικά) - Ακρωτηριου ( νοτιοανατολικά)- Αυλιδος (νοτιοδυτικά). Η προσβαση σε αυτό γινεται από την κυρια εισοδο της που βρισκεται στην βορειοδυτικη πλευρα του κτιριου.

Προκειται για ένα τριοροφο κτιριο με ισογειο, συνολικου εμβαδου 3977,912 τ.μ. (994,478 τ.μ. ανα οροφο), υψους 16.4525μ συμπεριλαμβανοντας και το δωμα (2,6 μ). Τα ανοιγματα επι των οψεων, είναι μεγάλα, υπαρχει γεωμετρια, πλιν της οψης που βρισκεται η κεντρικη εισοδος και το κλιμακοστασιο καθώς και οι τουαλετες. Η καταταξη τους ανα οροφο είναι ομοια και καλυπτουν ολοκληρη την αποσταση των εξωτερικων υποστυλωματων. Εισοδοι υπαρχουν από ολες τις πλευρες του, αλλά πλεον χρησιμοποιειται μονο αυτή που αναφερθηκε παραπαρω ως κυρια.

Είναι εξολοκλήρου φτιαγμενο από οπλισμενο σκυροδεμα μιας και η παλαιότερη χρηση του



ηταν βιοτεχνια εσωρουχων υπο την επονομασια μιμοζα, που παρολη την αλλαγη του ονοματος της σε Ιωαννης Μακρυγεννης, χρησιμοποιειται ακομα τοσο απο τους φοιτητες οσο και απο τους μονιμους κατοικους.

### **Γιατί επιλέχθηκε η κατασκευή αεριζόμενης μεταλλικής όψης**

Το ζητούμενο της πτυχιακής είναι τα συστήματα σκίασης για την βελτίωση του μικροκλίματος των κτιρίων, και πιο συγκεκριμένα την μελέτη της περίπτωσης του κτιρίου που στεγάζει το Τμήμα Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιρίων του ΑΤΕΙ Πατρών.

Τα δεδομένα καθώς και τα προβλήματα είναι τα εξής:

1. Το μέγεθος του κτιρίου, τα πολλά ανοίγματα του καθώς και η μορφολογία του. Ένα απλό παραλληλόγραμμο κτίριο χωρίς κανένα ενδιαφέρον
2. Ο προσανατολισμός του κτιρίου οπότε και η ανάγκη σκίασης της Νοτιοανατολικής και Νοτιοδυτικής πλευράς του
3. Η Νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου η οποία βρίσκεται επί της οδού Αυλίδος δεν επιτρέπει την επέκταση του κτιρίου μιας και το πεζοδρόμιο της είναι πολύ στενό.
4. Το κτίριο είναι κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα

Βάση των παραπάνω λοιπόν, επιλέχθηκε η κατασκευή μεταλλικής αεριζόμενης όψης η οποία:

1. Σκιάζει πλήρως τις δύο όψεις που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, τόσο στα ανοίγματα όσο και στο κέλυφος του ώστε ταυτόχρονα να δημιουργεί καλύτερες συνθήκες εσωτερικά και στην εμπόδιση εισχώρισης φωτός αλλά και στην μείωση της ζέστης.
2. Εξωραΐζει το κτίριο και του δίνει χαρακτήρα οπότε πάβει πλέον να είναι αδιάφορο. Μιας και βρίσκεται μέσα στην πόλη σε σημείο που η περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί αδιάφορη, δίνει μια νέα οπτική, μπορεί να πεί κανείς αισιοδοξία και χαρά μέσω του σχήματος και των χρωμάτων.
3. Η απόσταση της νοτιοδυτικής καινούριας όψης από την παλιά, είναι 16,5cm, διάσταση που δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την διέλευση των πεζών.

Η ιδέα για την μορφολογία και την απεικόνιση του δέντρου πάνω στις αεριζόμενες μεταλλικές όψεις, ξεκίνησε από το παλιο και γνωστότερο ονομα του όσο και από την απαίτηση της ίδιας της πτυχιακής. Τα πανελα αλουμινίου λοιπόν, φέρουν επανω τους την απεικόνιση ενός δέντρου, δίνοντας εμφαση τοσο στο ονομα του (μιμοζα) όσο και το λογο της κατασκευης του (ο φυσικος σκιασμος που προερχεται από δεντρα).

Το δέντρο αυτό, αγκαλιάζει τις δυο οψεις του κτιριου (νοτιοανατολική και νοτιοδυτική όψη) που εκτιθονται στην ηλιακη ακτινοβολια, τις οδους Ακρωτηριου και Αυλιδος, με αποτελεσμα ιδιαιτερα την καλοκαιρινη περιοδο να δημιουργουνται προβληματα, όπως αυξηση της θερμοκρασιας και θαμβωση, δημιουργωντας εξερετικα δυσμενεις συνθηκες παραμονης στους χωρους του εσωτερικου τους. Δεδομενου οτι γινεται η ολική αναμόρφωση των οψεων του κτιρίου μέσω της αεριζόμενης όψης, ακολούθησε και η αναμόρφωση και των δύο άλλων όψων του, ώστε να υπάρχει μια ομοιογένεια.

### **Περιγραφή της κατασκευής**

Γιατί αλουμίνιο; Τα κράματα αλουμινίου χαρακτηρίζονται από χαμηλό βάρος,

ικανοποιητικές αντοχές, ανθεκτικότητα έναντι της διάβρωσης και δυνατότητα ανακύκλωσης. Αποτελούν το πλέον διαδεδομένο υλικό διαμόρφωσης μεταλλικών επενδύσεων όψης. Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε μορφή συνθετών πεταμάτων με πυρήνα πολυαιθυλενίου και φύλλα αλουμινίου εκατέρωθεν. Τα πετάσματα παράγονται σε τυποποιημένα πλάτη και πάχη και στην περίμετρό τους φέρουν αναδίπλωση ποικίλων μορφών για την ενίσχυση των μηχανικών αντοχών και τη διευκόλυνση της στερέωσής τους στο σκελετό της όψης.

Όπως προαναφέρθηκε πρόκειται για την κατασκευή αεριζόμενης μεταλλικής όψης η οποία φέρει διάτρητα στοιχεία και χρωματισμούς. Τα πετάσματα αλουμινίου συνιστάται να αναρτώνται ή να στηρίζονται επί καννάβου διαμορφωμένου με ορθοστάτες αλουμινίου προς αποφυγή σχηματισμού σκουριάς. Για την κάλυψη ειδικών σημείων, όπως εκείνων γύρω από τα ανοίγματα, διατίθενται ειδικά τεμάχια, ενώ η διαμόρφωση των αρμών μεταξύ των πετασμάτων είναι συνήθως υδροπερατή και αεροπερατή. Επιλέχθηκε λοιπόν, η ανάρτηση των πετασμάτων με το σύστημα των κασετών, που λόγω της πολυπλοκότητας του σε σχέση με τους απλούς τρόπους ανάρτησης (βίδες, πριτσίνια) εξασφαλίζει:

1. Την καλύτερη απόδοση του υλικού στις διαστολές και συστολές, χωρίς να δημιουργείται παραμόρφωση.
2. Μεγαλύτερη ασφάλεια και σταθερότητα των πετασμάτων π.χ. από τον αέρα, βάση του Ευροκώδικα EC1.
3. Η όλη κατασκευή, παρόλη την σταθερότητα της, δεν επηρεάζει τα στατικά του κτιρίου, και δεδομένου ότι οι υπάρχουσες προδιαγραφές του ήταν για να αντέχει μεγάλα φορτία γιατί όπως αναφέρθηκε παραπάνω ήταν βιοτεχνία, θεωρείται αμελητέο το βάρος της.

### **Τοποθέτηση πανελων στο κτίριο**

Τα πετάσματα αλουμινίου, τα οποία είναι μεταλλικές λαμαρίνες καλύψεων από αλουμίνιο ή κράματα αλουμινίου, έχουν πάχος 2mm. Τα φύλλα έχουν μέγιστο μέγεθος 1,25 x 2,50, για αυτό, για την κατασκευή των κασετών, με βάση τα δεδομένα για την άρτια κατασκευή τους έχουν προσμετρηθεί οι διαστάσεις τους ώστε να μπορούν να ευσταθούν βάση των παραπάνω διαστάσεων. Βάση σχεδιασμού, τα πανέλα πότε φέρουν διατρήσεις και πότε είναι συμπαγή.

Η ήδη υπάρχουσα μορφολογία της όψης αλλά και η ανάγκη σκίασης των ανοιγμάτων, οδήγησε στην ιδιαίτερη διαμόρφωση της αεριζόμενης μεταλλικής όψης. Οι οδηγοί και τα πανέλα τοποθετήθηκαν με βάση τα ανοίγματα των όψεων, παίρνοντάς τα ως σημείο αναφοράς. Μπροστά από τα ανοίγματα έχει τοποθετηθεί μια ειδική κατασκευή, η οποία θα αναπτυχθεί παρακάτω, η οποία γίνεται ένα με την μεταλλική όψη καθώς την ακολουθεί, και δίνεται η αίσθηση ότι πρόκειται για ενιαίο κομμάτι της.

Τα πανέλα με βάση τις οδηγίες των κατασκευαστών, έχουν απόσταση από το έδαφος, αφού συνίσταται να μην υπάρχει επαφή λόγω πιθανής διάβρωσης τους με την πάροδο του χρόνου. Οι όψεις όπως φαίνεται και στα σχέδια, ξεπερνούν το ύψος του κτιρίου. Η αεριζόμενη όψη σταματάει στο ύψος των 27,5cm από το δώμα. Από εκεί και πάνω και έχοντας λάβει μια μικρή απόσταση διάκενου μεταξύ αεριζόμενης όψεις και πετασμάτων, συνεχίζουν φύλλα αλουμινίου τα οποία στηρίζονται με απλή ανάρτηση (όπως οι πινακίδες) των οποίων η κατασκευή που τα στηρίζει, στηρίζεται με την σειρά της στο δώμα.

Η απόσταση της όψης από τον τοίχο είναι στα 16,5cm. Επιτρέπει στον αέρα να την διαπερνάει και να ανακυκλώνεται ο αέρας. Σε αυτό εξυπηρετούν και οι διατρήσεις που σχηματίζονται πάνω σε αυτό. Όμως για μεγαλύτερη ασφάλεια του κτιρίου από τυχόν ανάπτυξη υδρατμών προτείνεται η τοποθέτηση ειδικής μεμβράνης για την αποφυγή τους.

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, για την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, είναι αναγκαία και η μόνωση τους. Οπότε μιας και πρόκειται για μόνιμη κατασκευή, θα μπορούσε πίσω από αυτή να μπει μόνωση πάχους 5-7cm.

### **Σκιασμός ανοιγμάτων**

Μπροστά από τα ανοίγματα έχουν τοποθετηθεί ειδικές κατασκευές από αλουμίνιο που ακολουθούν τις όψεις ομοιόμορφα. Είναι τοποθετημένες πάνω στις όψεις και η απόστασή τους από τον τοίχο είναι και εδώ 16,5cm. Εδώ έχουμε κάθετους οδηγούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι πάνω και κάτω από τα ανοίγματα. Στο ενδιάμεσο τους υπάρχουν διάτρητα πανέλα αλουμινίου τα οποία σύρονται πάνω σε αυτούς, αναδιπλώνονται προς τα έξω, και τοποθετούνται δεξιά και αριστερά ανά άνοιγμα. Συγκεκριμένα, μπροστά από κάθε άνοιγμα υπάρχουν τέσσερα πανέλα τα οποία “σπάνε” ανά δύο και ανοίγουν. Οι διατρήσεις είναι μελετημένες έτσι ώστε να εισχωρεί ένα επιθυμητό ποσοστό φωτός όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ του, ανάλογα της όψης. Οι διατρήσεις διαφέρουν κατά όροφο έχοντας μεγαλύτερη πυκνότητα στον 1ο, 2ο και 3ο όροφο, ενώ στο ισόγειο και τον 1ο οι διατρήσεις αραιώνουν. Δηλαδή:

1ος- 2ος-3ος: 50,8% και 57,5%

ισόγειο: 65,4%

Η κατασκευή αυτή έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Ανά πάσα στιγμή υπάρχει δυνατότητα σκίασης αλλά και ο μέγιστος φωτισμός σε κάθε άνοιγμα μεμονωμένα
2. Ο φωτισμός και ο αερισμός του κτιρίου δεν επηρεάζεται αφού το άνοιγμα μπορεί να μείνει εξ ολοκλήρου ακάλυπτο όσο και καλυμμένο
3. Λειτουργεί χειροκίνητα οπότε δεν επιβαρύνει ενεργειακά το κτίριο

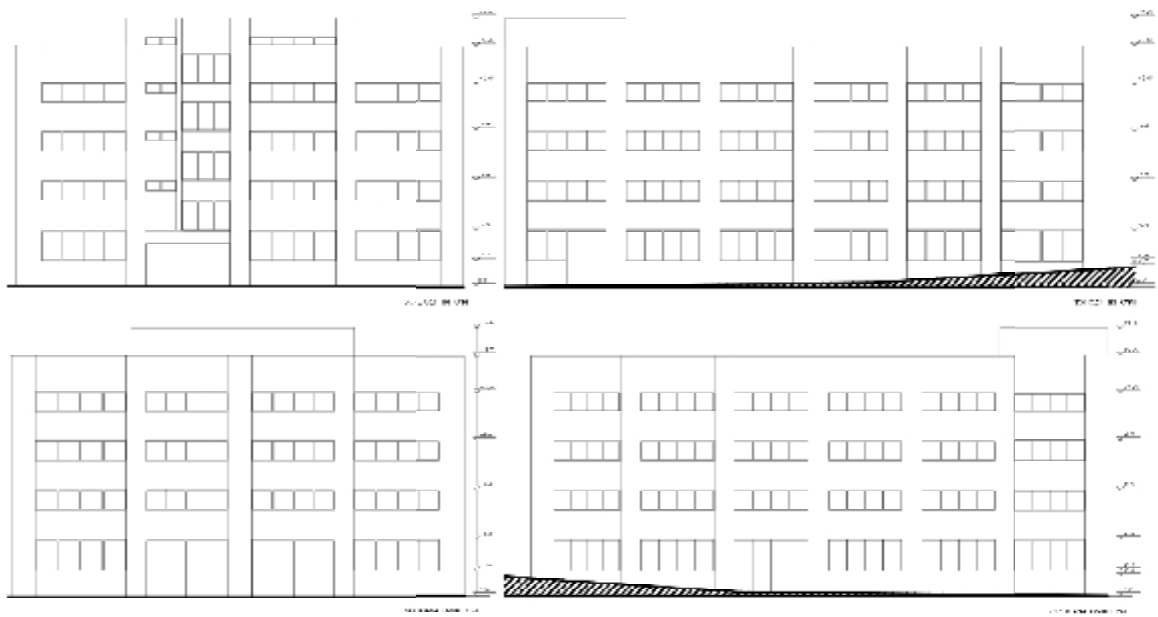
### **Σκιασμός Δώματος**

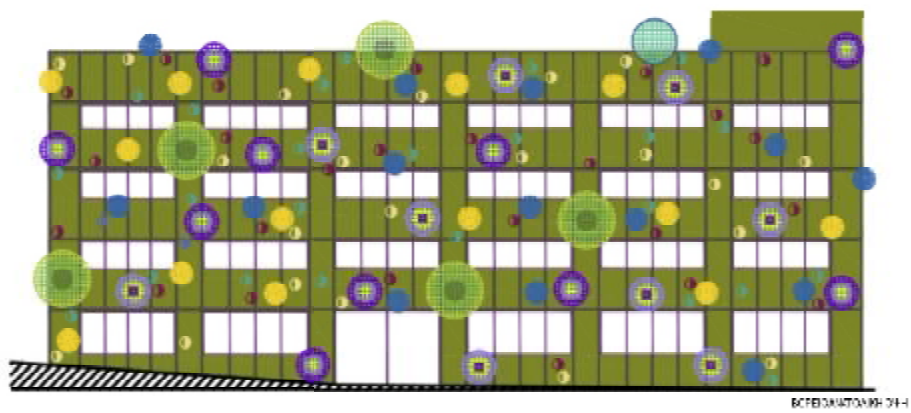
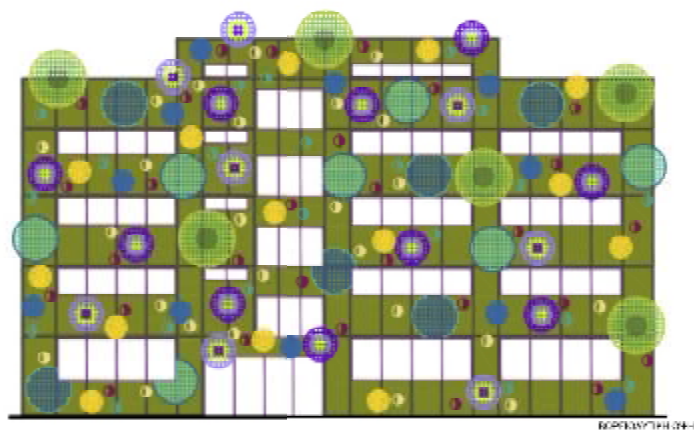
Το δώμα σκιάζεται άμεσα αλλά και έμμεσα. Άμεσα γιατί επιλέχθηκε να κατασκευαστεί πράσινο δώμα και έμμεσα μέσω των πανέλων αλουμινίου που από τις 2μ.μ. ξεκινάει και σκιάζει σταδιακά το δώμα.

Δεδομένου ότι το δώμα από την στιγμή που φυτεύεται, πρέπει να είναι προσβάσιμο, αλλά και του εσωτερικού χώρου που διαθέτει οπότε μπορεί και αυτός με την σειρά του να αξιοποιηθεί ( παλαιότερα π.χ. ως κυλικείο της σχολής), με την ανάλογη διαμόρφωση το δώμα μπορεί να μετατραπεί και τόπος αναψυχής.

## **8. ΣΧΕΔΙΑ**

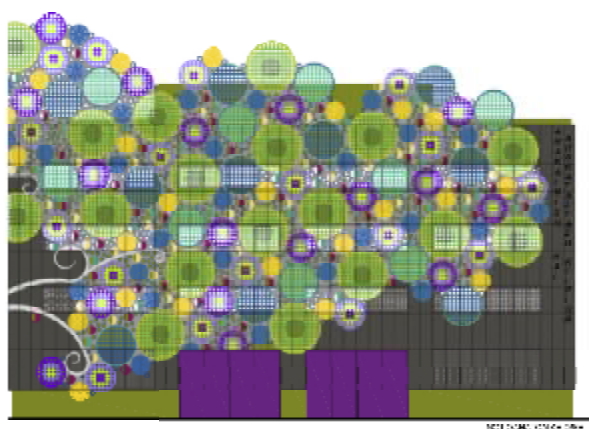
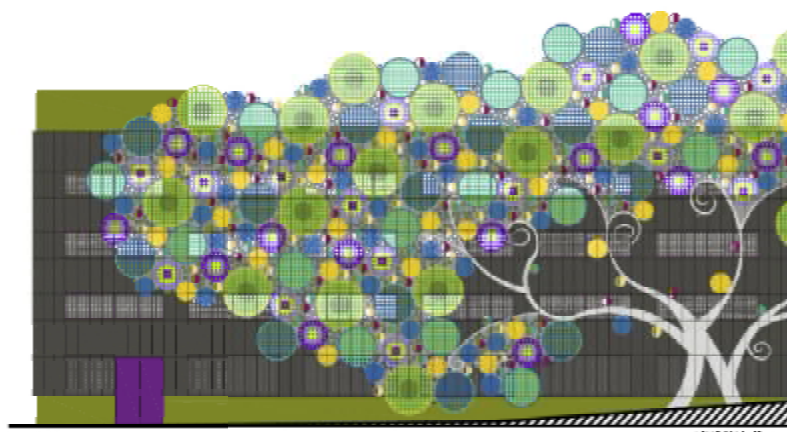
### 8.1. Αρχικές όψεις κτιρίου





8.2. Νέα Βορειοανατολική και Βορειοδυτική όψη κτιρίου

### 8.3. Μεταλλικές όψεις κτίριου στην Νοτιοανατολική και Νοτιοδυτική όψη



## 9.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

House 77 στην παραθαλάσσια πόλη Povoas de Varzim της Πορτογαλίας. Επένδυση με ανοξείδωτα μεταλλικά πετάσματα που φέρουν διάτρητα σχήματα, τα οποία προσομοιάζουν



τα σύμβολα του πρώιμου τρόπου γραφής “singlas poveiras” της τοπικής κοινωνίας.



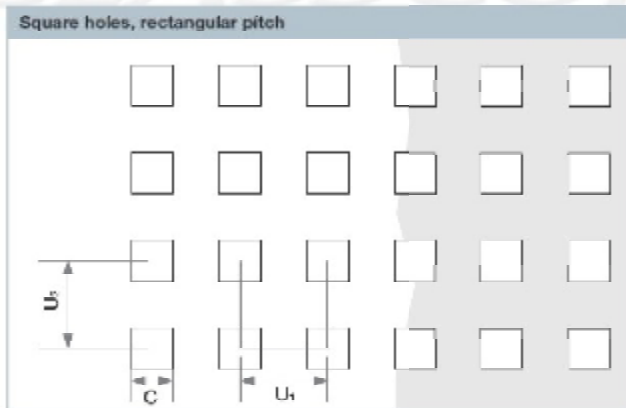
Cherokee lofts, στο Los Angeles





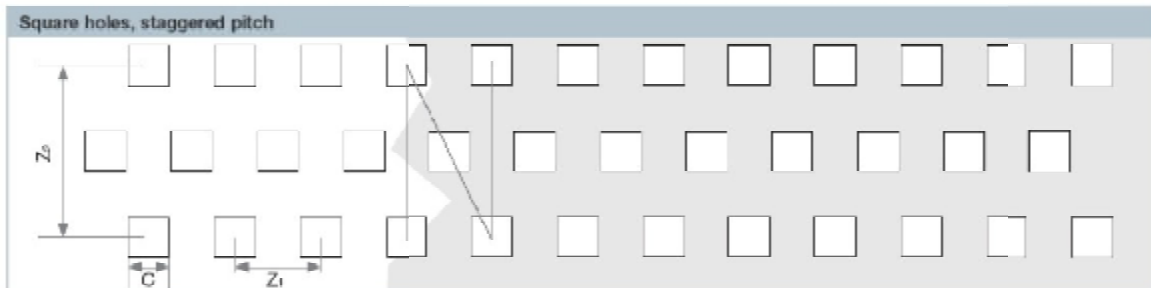
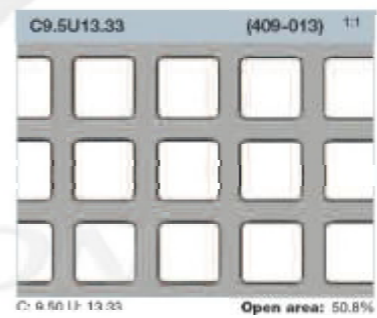
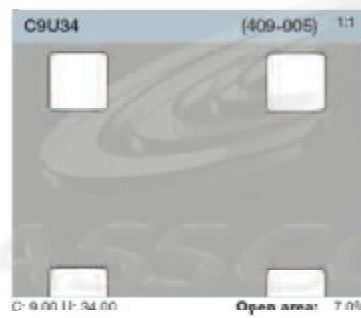
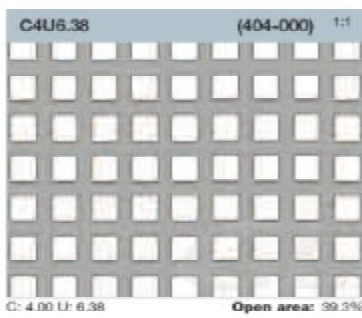
Κατασκευαστικό φυλλάδιο διάτρησης μετάλλων και ποσοστών σκιασμού

# 1. SQUARE HOLES – RECTANGULAR PITCH / ΤΕΤΡΑΓΩΝΕΣ ΟΠΕΙΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



**Rectangular pitch - a few examples**

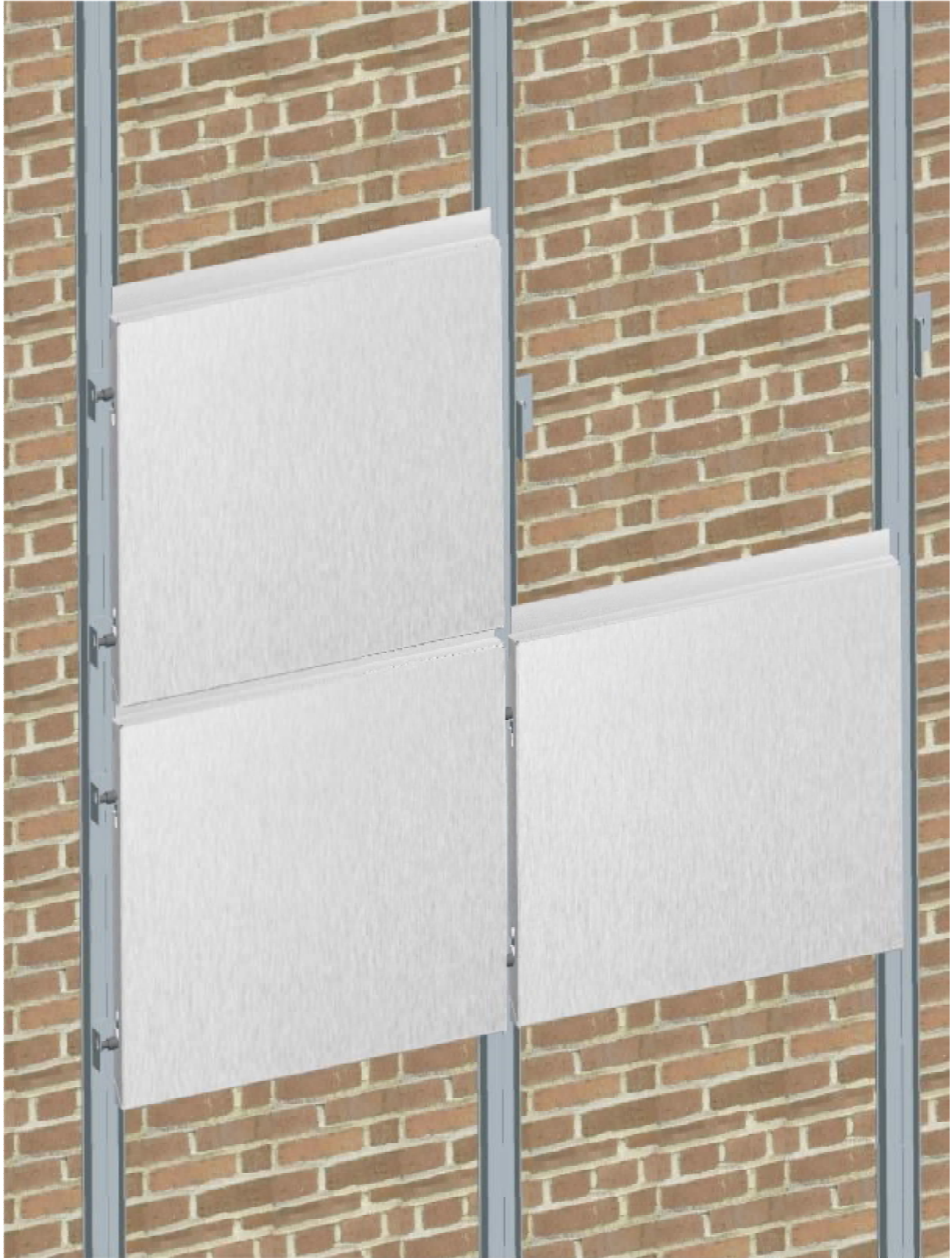
No.	C	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	Open area
C1.2U1.7	1.20	1.70	1.70	49.8%
C3U5	3.00	5.00	5.00	36.0%
C4U6.38	4.00	6.38	6.38	39.3%
C5U7.5	5.00	7.50	7.50	44.4%
C8U12	8.00	12.00	12.00	44.4%
C9U34	9.00	34.00	34.00	7.0%
C9.5U13.33	9.50	13.33	13.33	50.8%
C10U12	10.00	12.00	12.00	69.4%
C15U20	15.00	20.00	20.00	56.3%
C20U25	20.00	25.00	25.00	64.0%
C50U62	50.00	62.00	62.00	65.0%



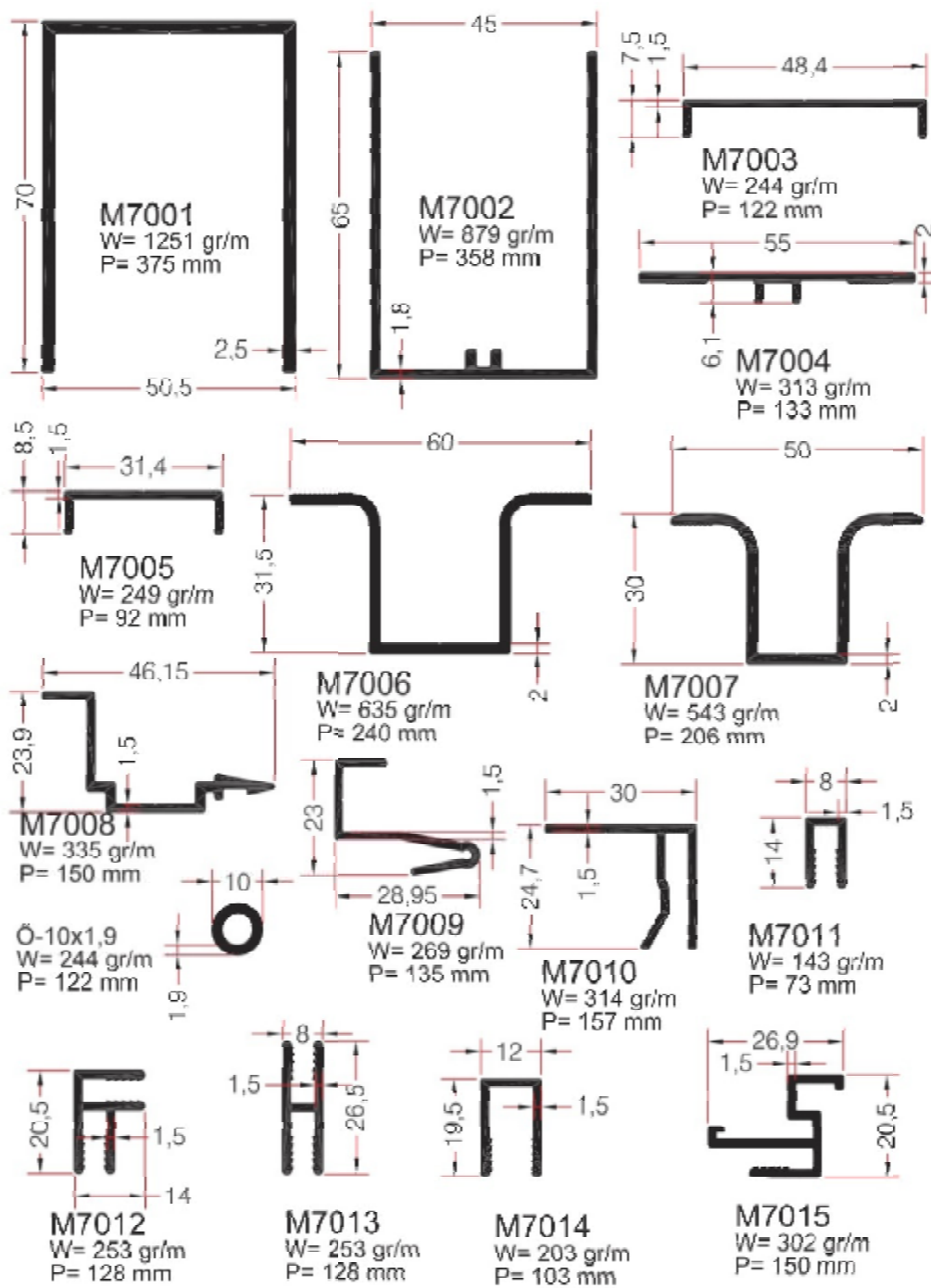
**Staggered pitch - a few examples**

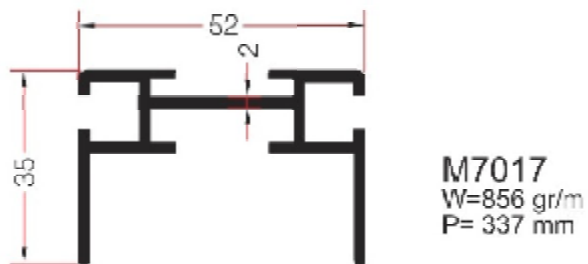
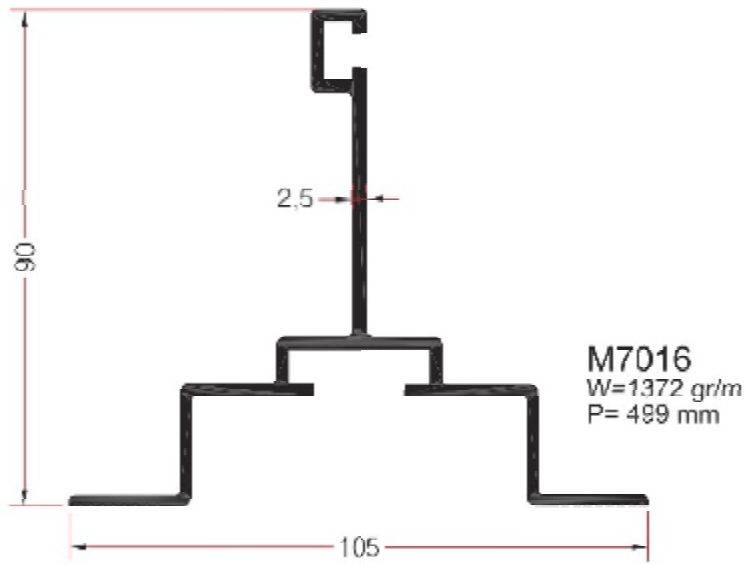
No.	C	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Open area
C2.2Z4.25x8.5	2.20	4.25	8.50	96.9%
C7Z8.5x17	7.00	8.50	17.00	67.8%
C9Z11x22	9.00	11.00	22.00	52.9%
C12.7Z16x32	12.70	16.00	32.00	63.0%
C100Z120x240	100.00	120.00	240.00	69.4%

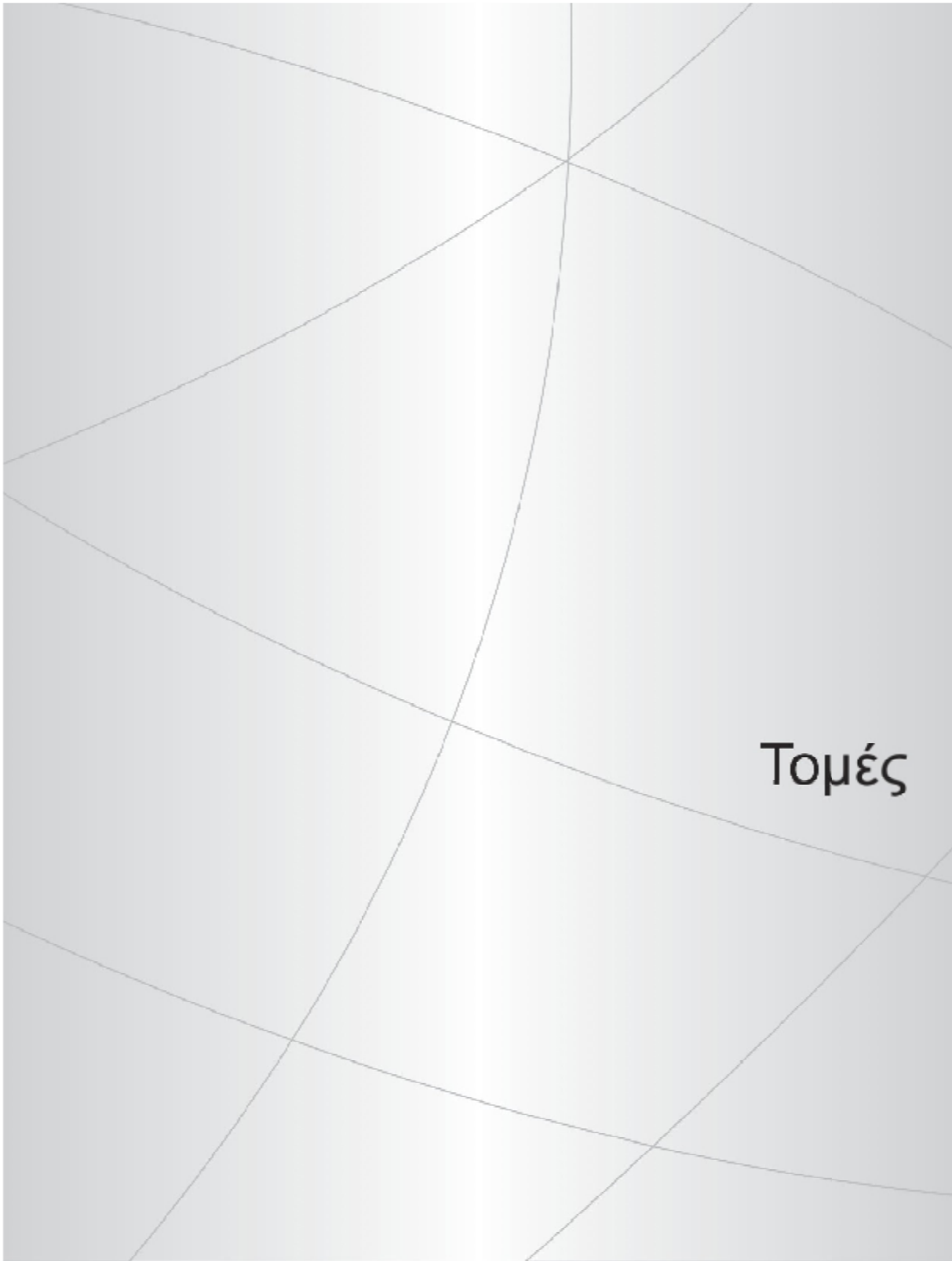




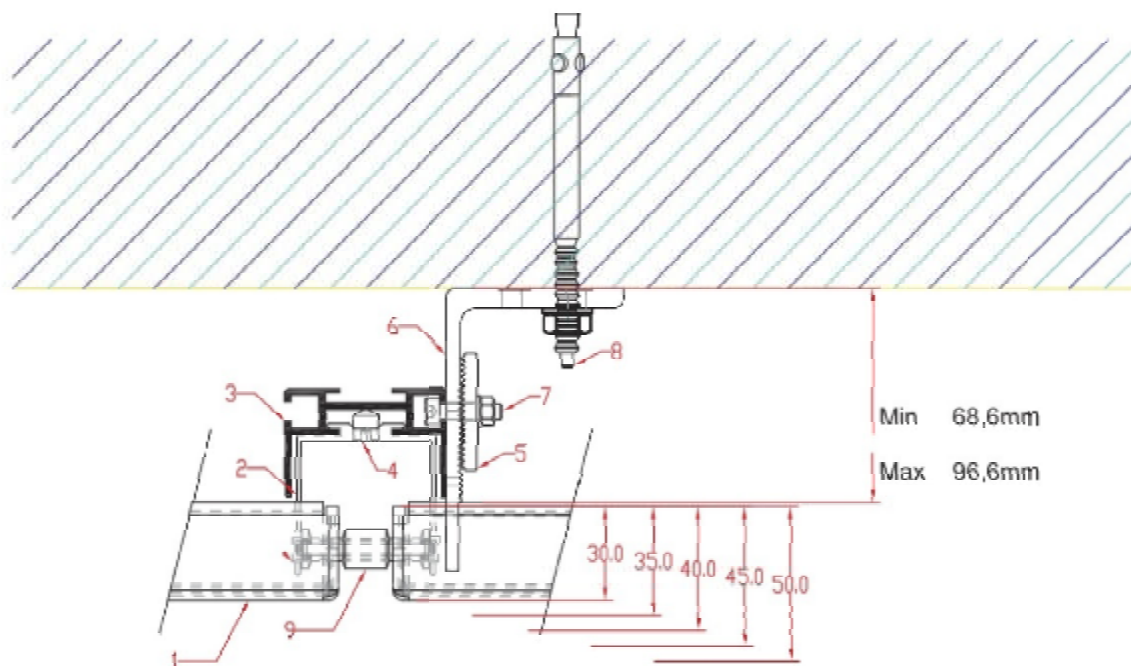
Κατασκευαστικό φυλλάδιο μεταλλικής όψης με τη μέθοδο τοποθέτησης κασετών πάνω σε κάθετους οδηγούς.







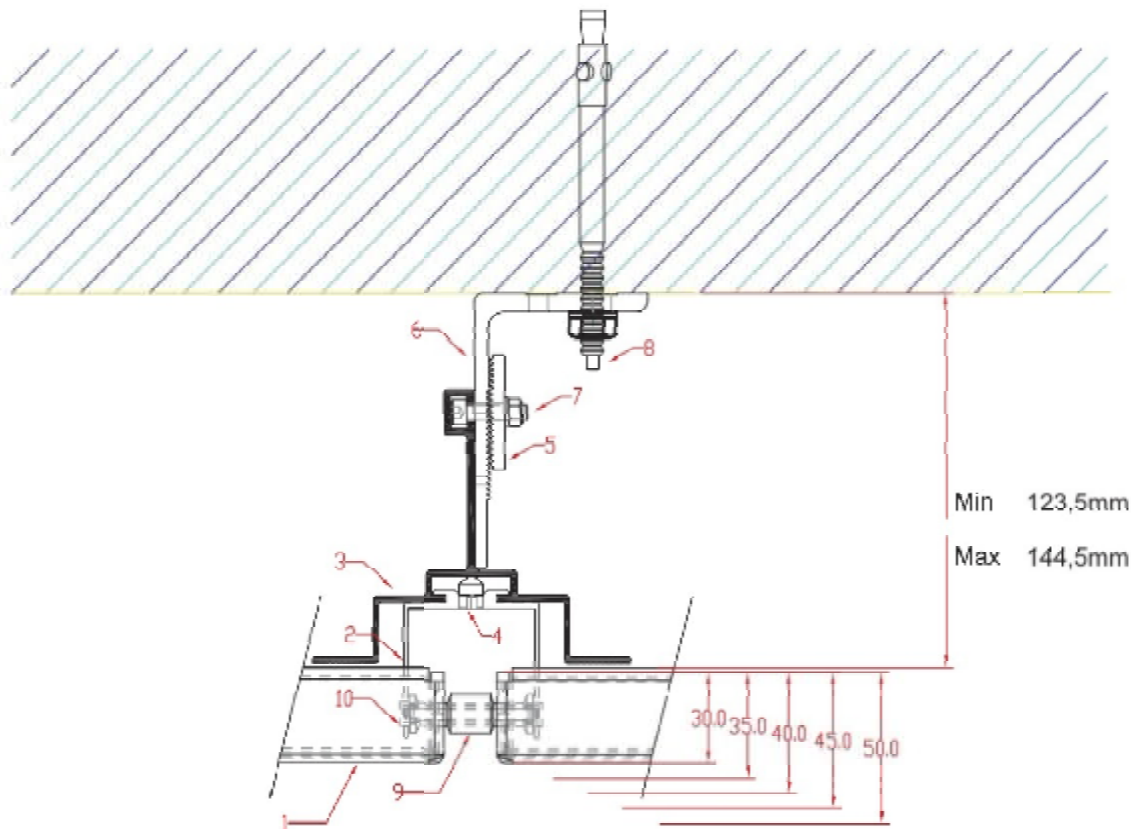
Τομές



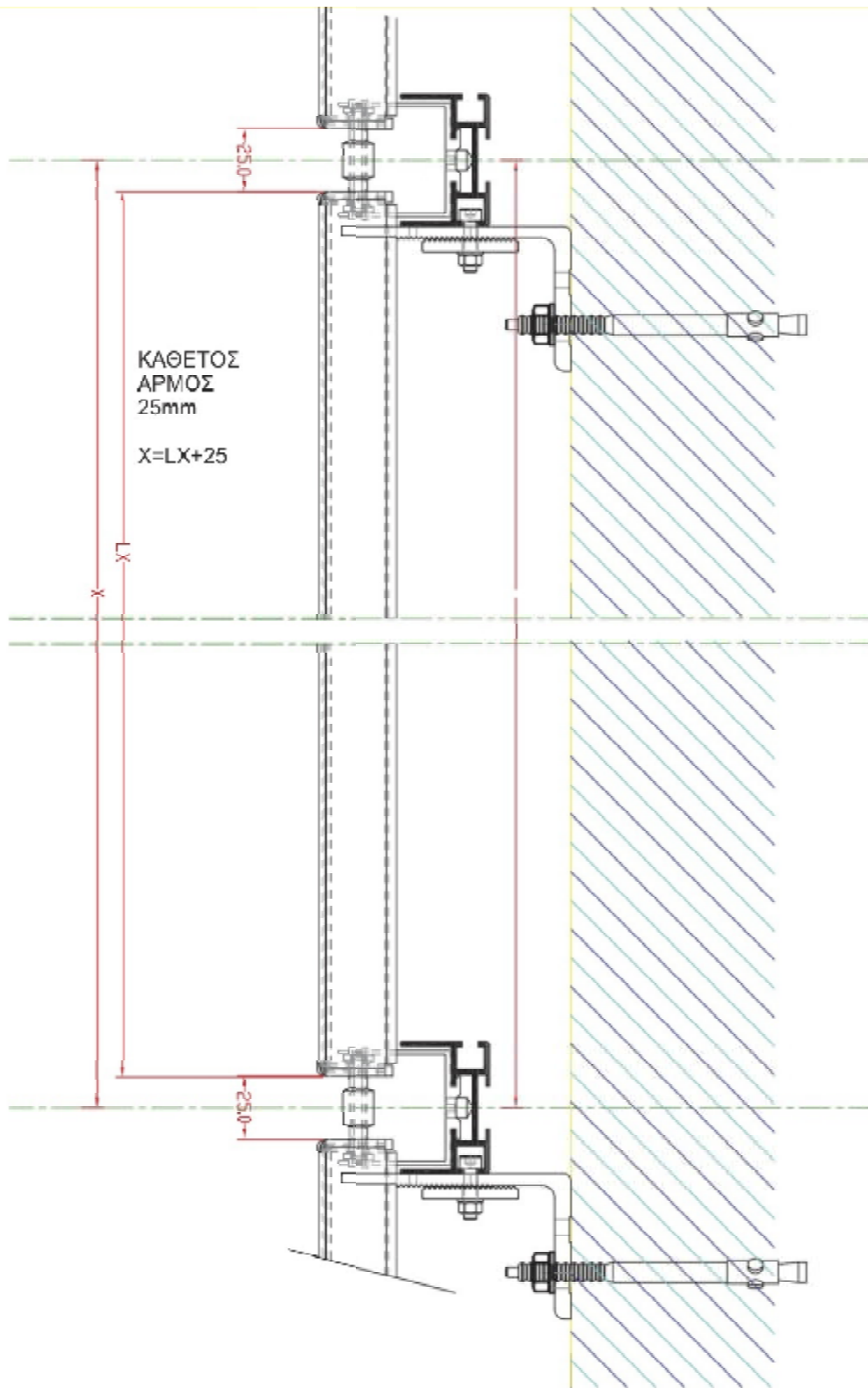
- 1 ΚΑΣΕΤΙΝΑ J-BOND
- 2 "Π" ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ - 7007018000
- 3 ΠΡΟΦΙΛ ΚΟΛΩΝΑΣ J-BOND M7017
- 4 ΒΙΔΑ M8X10
- 5 ΛΑΜΑΚΙ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΒΙΔΑΣ - 7009210100
- 6 ΓΩΝΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ - 7009240200
- 7 ΒΙΔΑ M5X20
- 8 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑ ΤΟΙΧΟΥ M8X120 - 7690812000
- 9 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ - 2004100210
- 10 ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΠΕΙΡΟΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗ - 2000701800

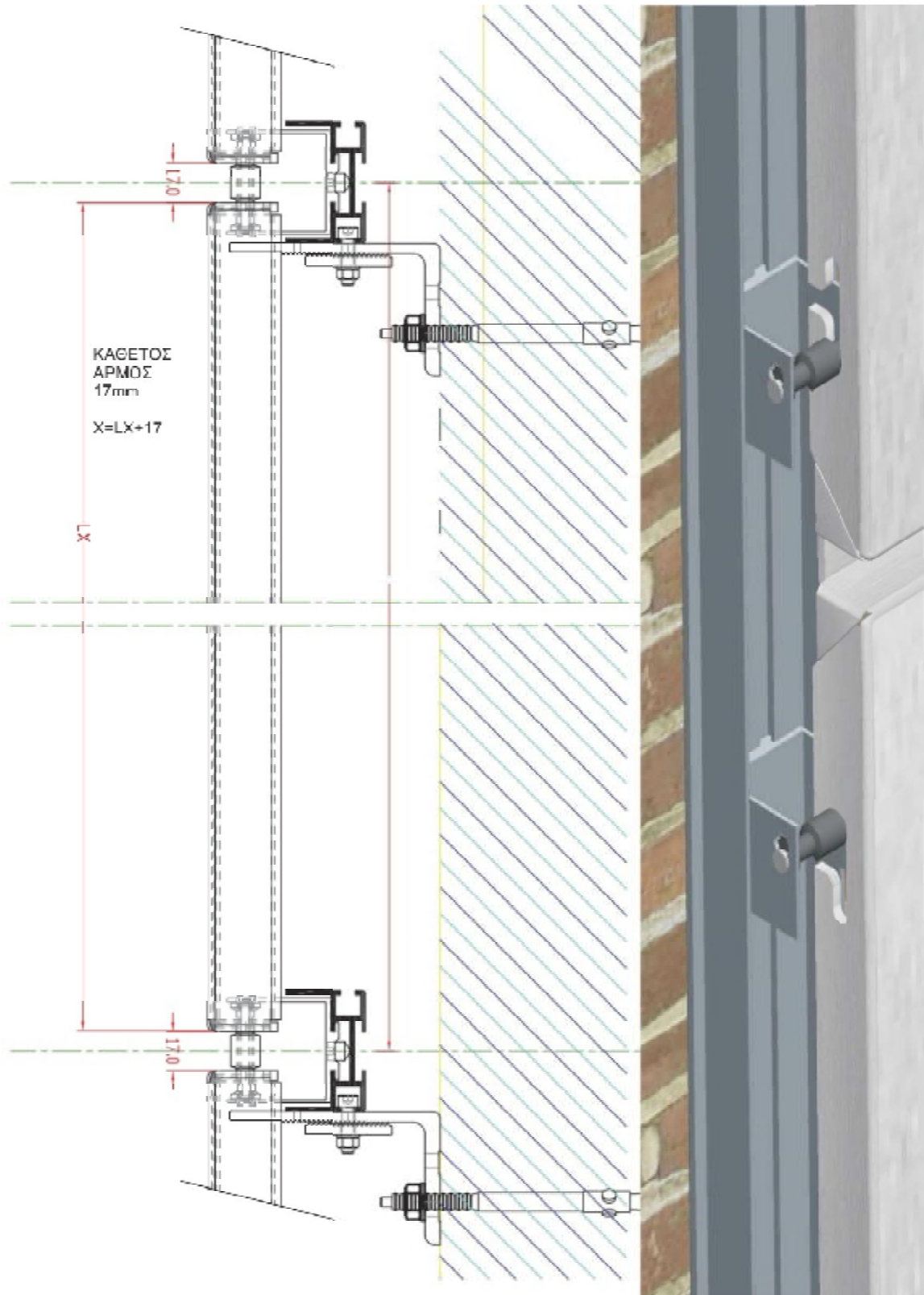




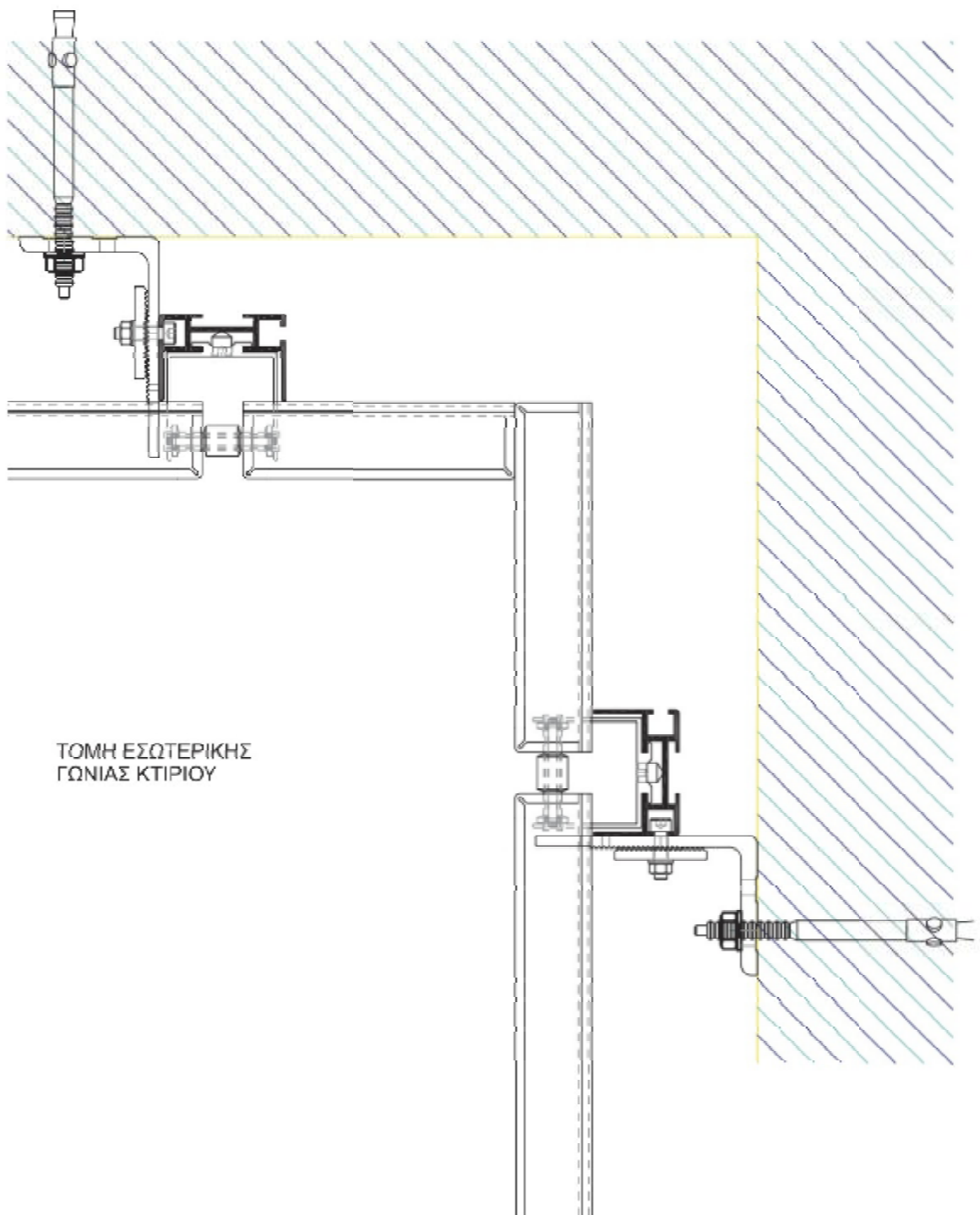


- 1 ΚΑΣΕΤΙΝΑ J-BOND
- 2 "Γ" ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ - 7007018000
- 3 Μ7017 ΠΡΟΦΙΛ ΚΟΛΩΝΑΣ J-BOND
- 4 ΒΙΔΑ Μ8Χ10
- 5 ΛΑΜΑΚΙ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΒΙΔΑΣ - 7009210100
- 6 ΓΩΝΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ - 7009240200
- 7 ΒΙΔΑ Μ5Χ20
- 8 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΓΑΡΕΜΒΥΣΜΑ ΤΟΙΧΟΥ Μ8Χ120 - 7690812000
- 9 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ - 2004100210
- 10 ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΠΕΙΡΟΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗ - 2000701800



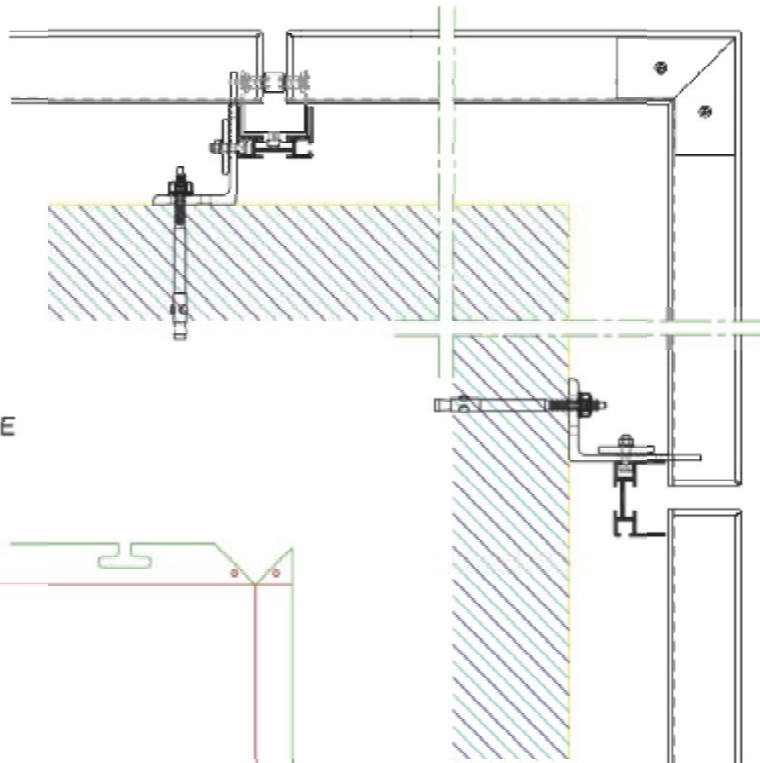




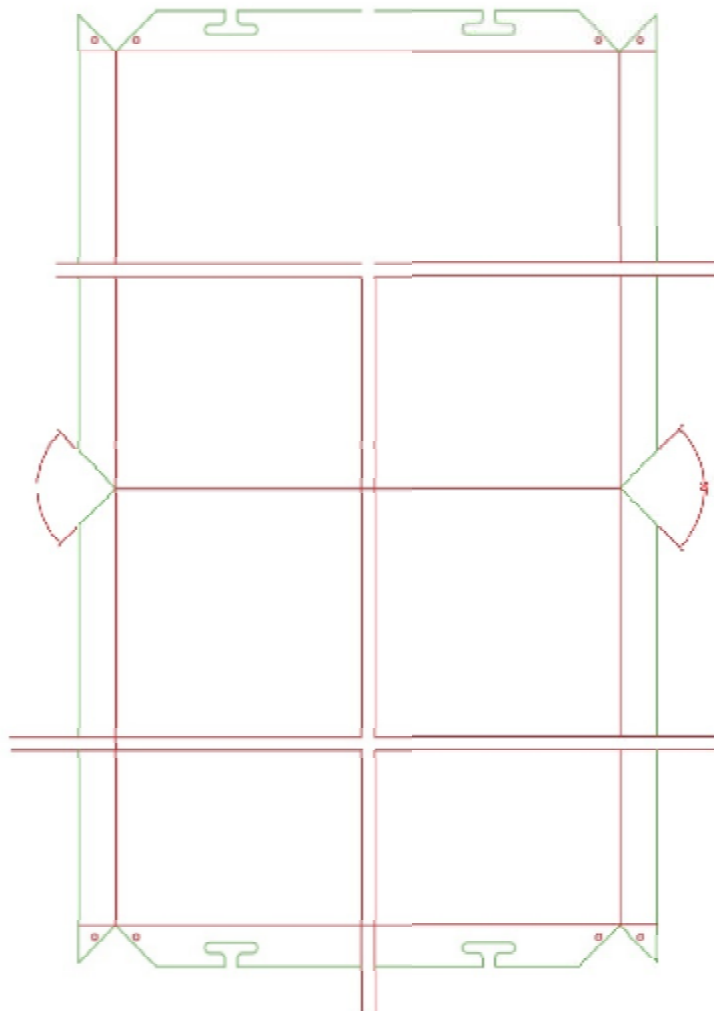


ΤΟΜΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ  
ΓΩΝΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΤΟΜΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ  
ΓΩΝΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ



ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ  
J-BOND ΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΕ  
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ



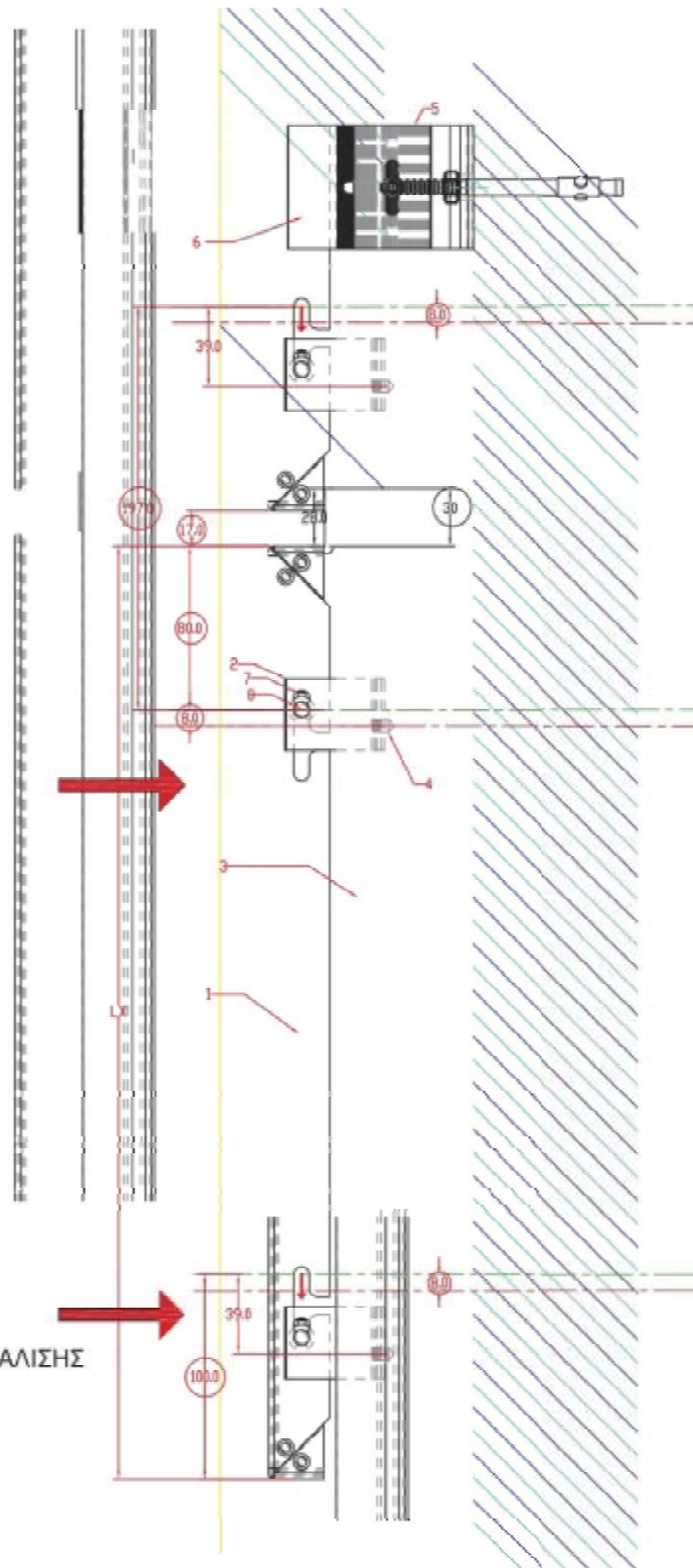
- 1 J-BOND
- 2 "Π" ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ (7007018000)
- 3 ΚΟΛΩΝΑ J-BOND M7017'
- 4 ΒΙΔΑ Μ8Χ10
- 5 ΛΑΜΑΚΙ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΒΙΔΑΣ (7009210100)

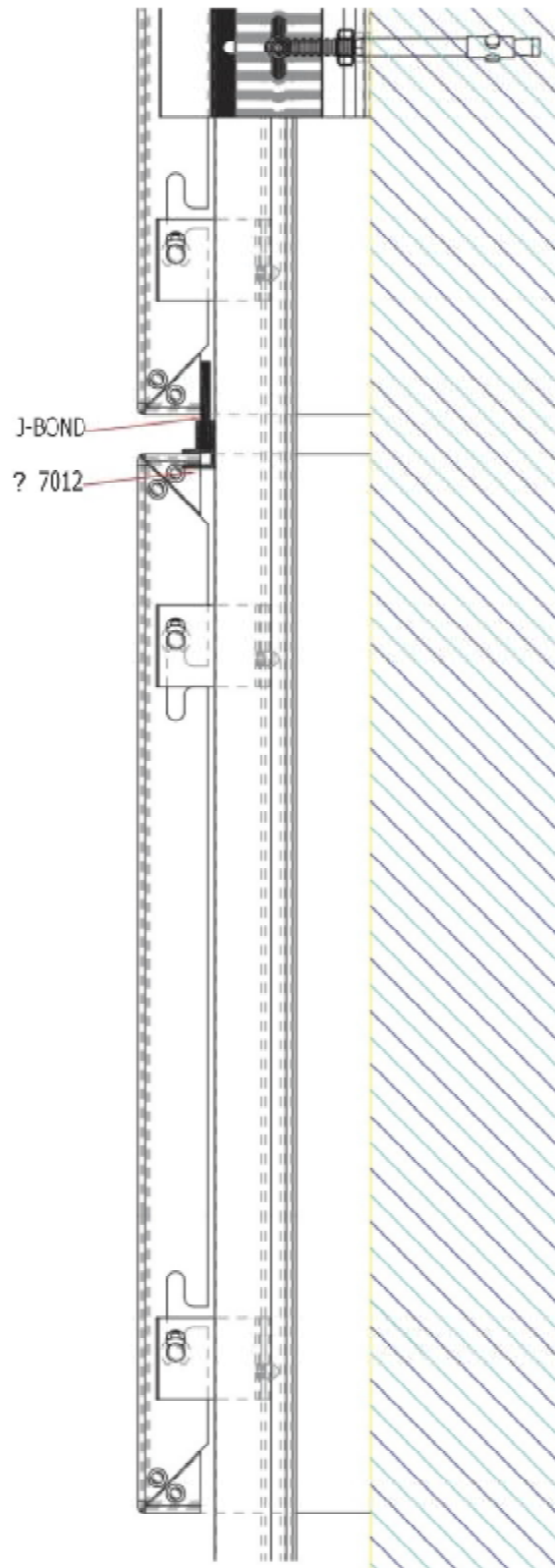
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΑΡΜΟΣ  
17mm

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

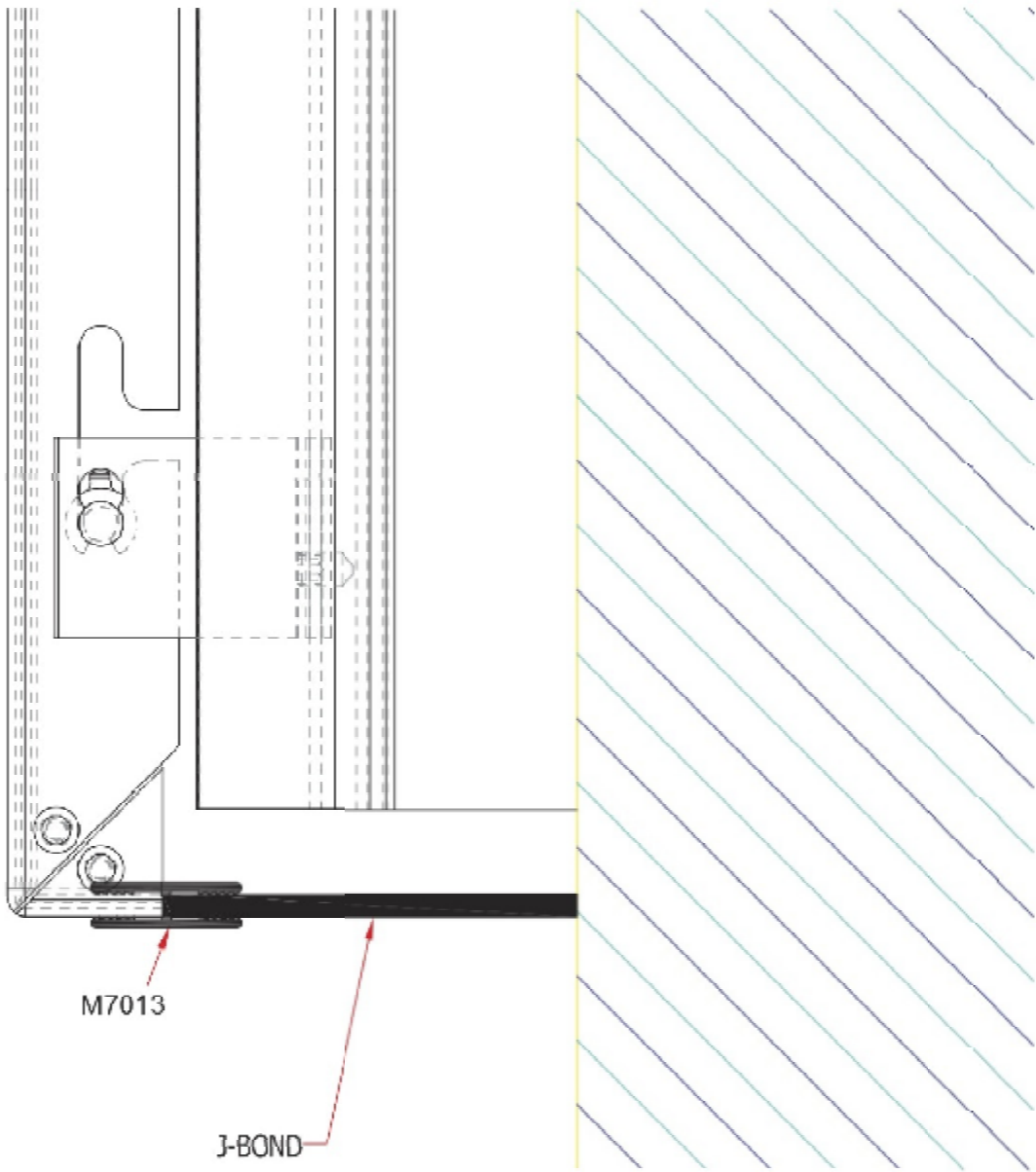
- 6 ΓΩΝΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ (7009240200)
- 7 ΒΙΔΑ Μ5Χ20
- 8 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑ ΜΠΕΤΟΥ Μ8Χ120 (7690812000)
- 9 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗΣ (2004100210)
- 10 ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΠΕΙΡΟΣ (2000701800)

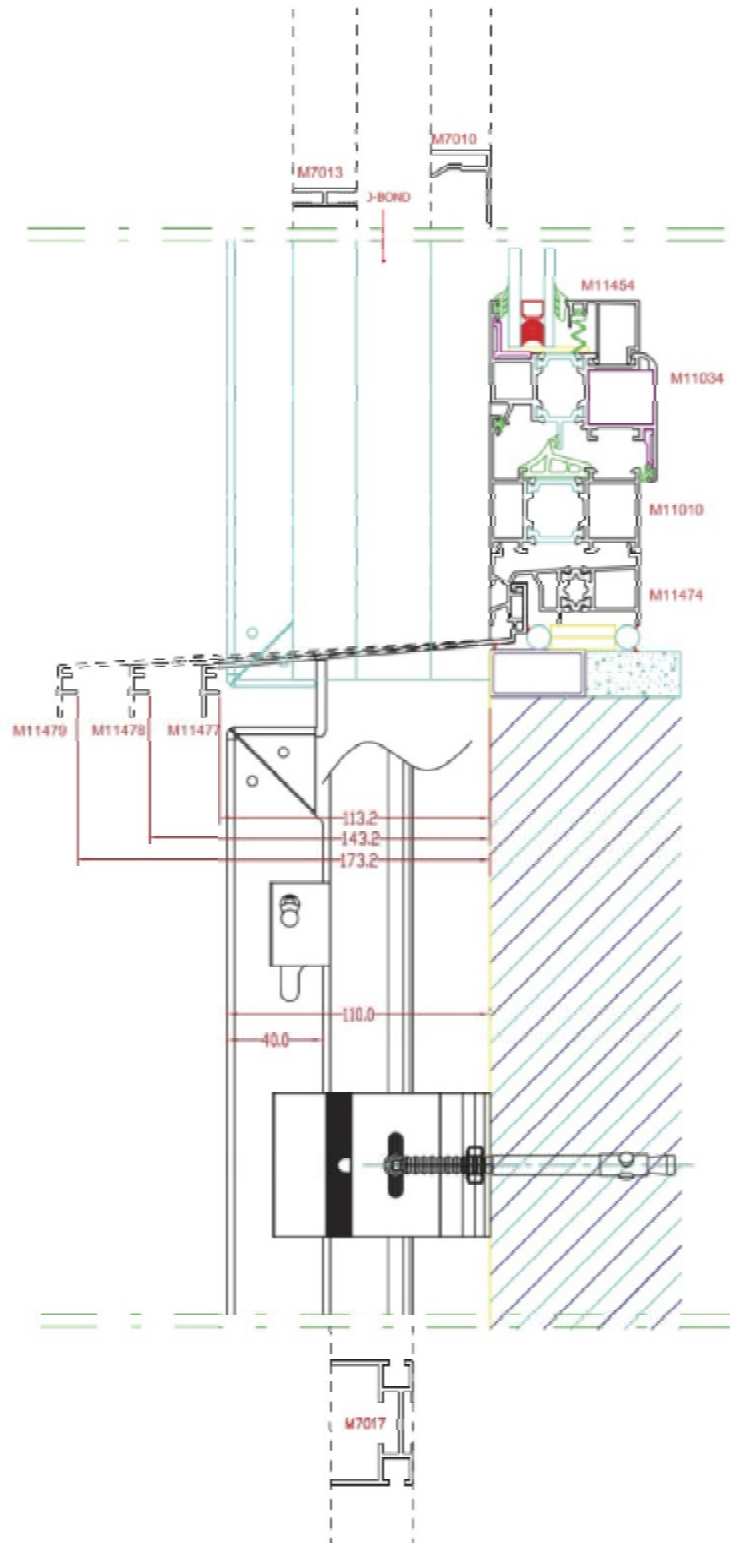
ΣΗΜΕΙΟ ΑΣΦΑΛΙΣΗΣ

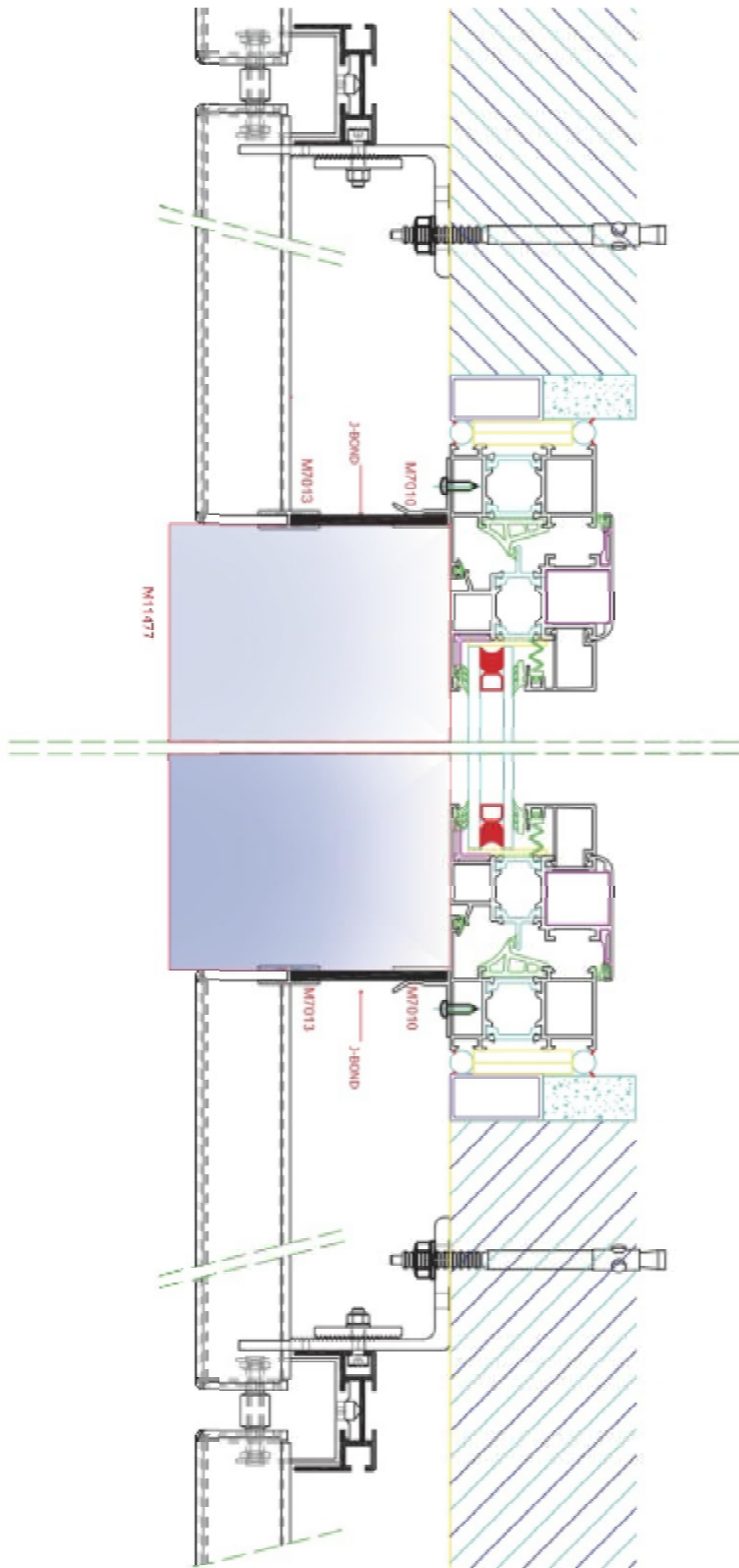


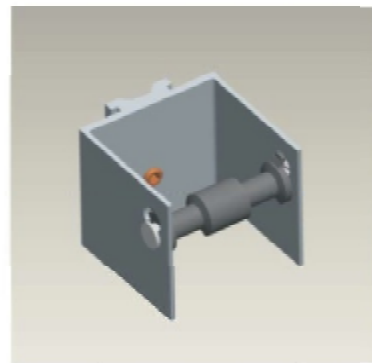
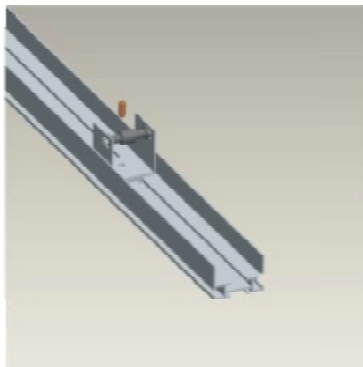
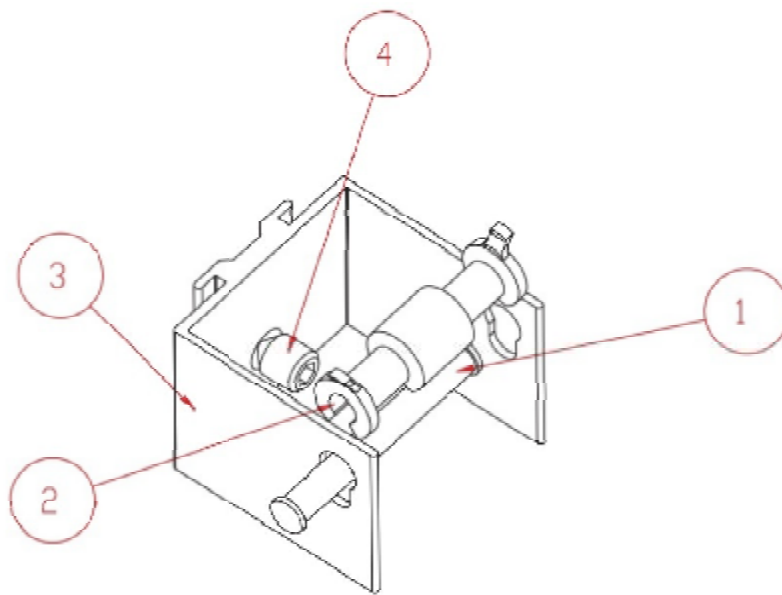






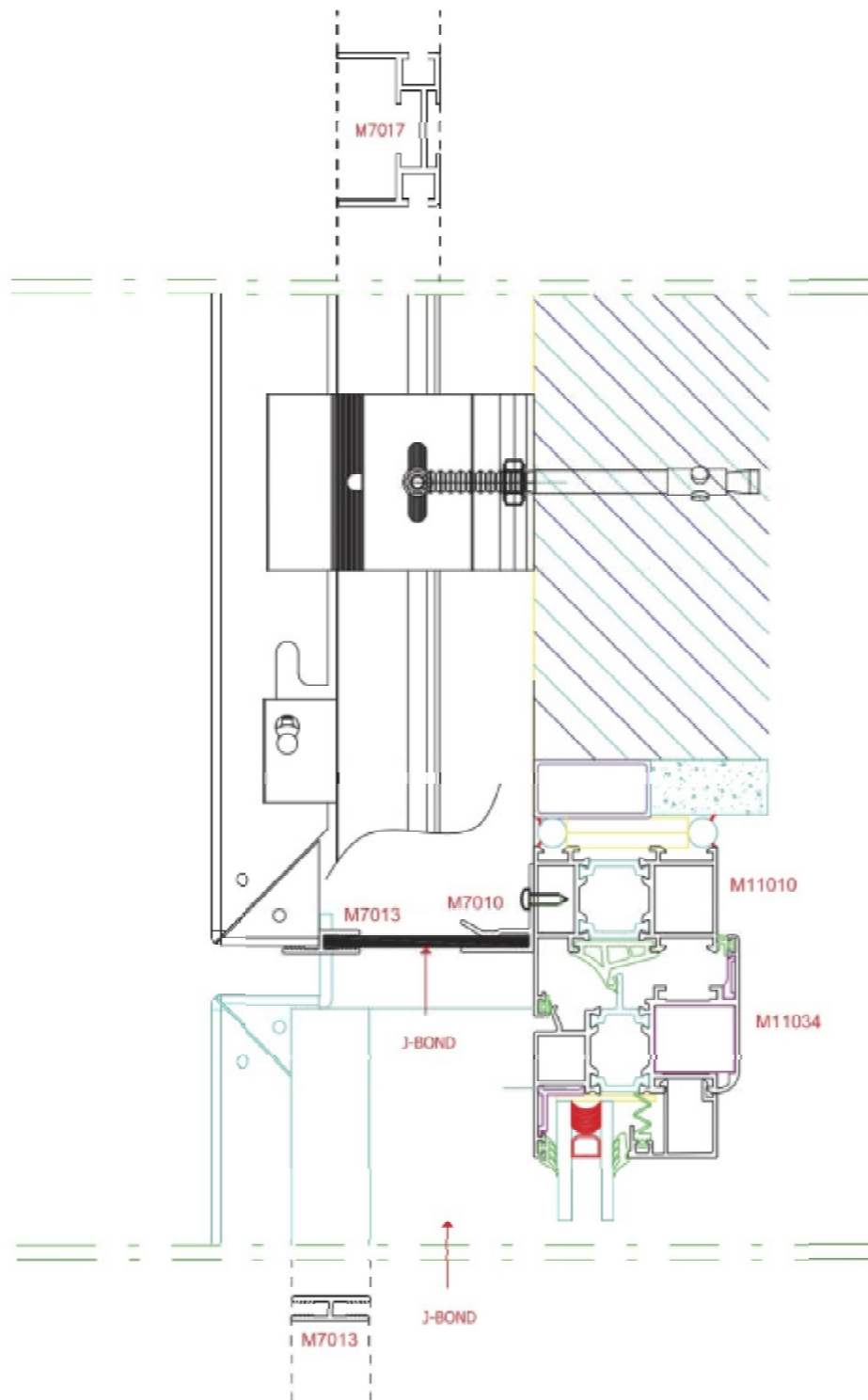






**“Π” ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΕΤ 7003500000**

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
700.70.180.00	"Π" ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΙΝΑΣ
200.41.002.10	ΛΑΜΑΚΙ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΒΙΔΑΣ
200.07.018.00	ΓΩΝΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
---	ΒΙΔΑ Μ8Χ10



## 11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. “Σύγχρονες όψεις” εκδόσεις ΚΤΙΡΙΟ
2. “Τοιχοποιίες εξωτερικές” Τεχνικό περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ
3. “εκοδομείν” εκδόσεις ΨΥΧΑΛΟΣ
4. “Ενεργειακός σχεδιασμός-Εισαγωγή για αρχιτέκτονες” εκδόσεις ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ-ΠΑΙΔΕΙΑ
5. “Οικολογική αρχιτεκτονική” εκδόσεις ΚΕΔΡΟΣ
6. “Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων-Οικοδομικές επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για την βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς τους.” Από σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, από τον κύριο Αραβαντινό Δημήτρη, αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.
7. [www.alumil.com](http://www.alumil.com)
8. [www.glasscon.com](http://www.glasscon.com)
9. [www.etem.com](http://www.etem.com)
10. [www.elval.gr](http://www.elval.gr)
11. [www.evek.gr](http://www.evek.gr)
12. [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
13. [www.gaisma.com](http://www.gaisma.com)
14. [www.metalso.gr](http://www.metalso.gr)
15. [www.google.com](http://www.google.com)