

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Νιόβη Ν. Χρυσομαλλίδου
Αναπλ. Καθηγήτρια

Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

E-Mail: niobe@civil.auth.gr

1. Εισαγωγή

Είναι γενικά γνωστό ότι κατά τη διαδικασία σχεδιασμού των κτιρίων, ο μελετητής, -αρχιτέκτονας συνήθως- παίρνει υπόψη του μία σειρά παραμέτρους και καθορίζει κριτήρια και προτεραιότητες που επηρεάζουν καθοριστικά την "ιδέα" του κτιρίου. Έτσι, ξεκινώντας από το θεσμικό πλαίσιο (κανονισμούς και νόμους), το κτιριολογικό πρόγραμμα, τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φορέα, το διαθέσιμο οικοπέδο, την έκταση του κτιρίου, προχωρά και παίρνει υπόψη του τα χαρακτηριστικά του μικροπεριβάλλοντος (δομημένο περιβάλλον, μορφολογία εδάφους, θέα), τα οικονομικά δεδομένα κ.α. Με την συλλογή των παραπάνω πληροφοριών ο μελετητής διαμορφώνει την "κεντρική ιδέα του κτιρίου" μεταφέροντας παράλληλα και τις πρώτες σκέψεις του στο χαρτί. Με τη διαδικασία αυτή αρχίζει το κτίριο να αναπτύσσεται σε τρεις διαστάσεις (κατόψεις, όψεις, τομές) να εντάσσεται στο περιβάλλον του και να αποκτά μορφή.

Τα τελευταία βέβαια χρόνια στον γενικότερο προβληματισμό για την αρχιτεκτονική σύνθεση μπήκε δυναμικά και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων. Η τάση αυτή αμφισβητήθηκε, δέχθηκε έντονη κριτική, ενώ δεν ήταν και λίγες οι φορές που απορρίφθηκε από μεγάλη ομάδα αρχιτεκτόνων. Πιστεύεται ότι το πρόβλημα ξεκίνησε από την εποχή που τα ενεργειακά ζητήματα ήταν ακόμη στη φάση της επιστημονικής αναζήτησης και ωρίμανσης και τα παραδείγματα στον κτι-

ριακό τομέα δεν ήταν πράγματι τα καλλίτερα που είχε να επιδείξει κανείς. Ίσως το μόνο που ενδιέφερε τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης της "βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής" ήταν να αποδειχθεί ότι οι διάφορες "τεχνικές" και το "κτίριο" στο σύνολό του είναι ενεργειακά αποδοτικό. Πολύ λιγότερο ενδιέφερε να δειχθεί η αρμονική συνύπαρξη του ενεργειακού με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, στοχεύοντας στη δημιουργία ενός λειτουργικά και μορφολογικά άρτιου κτιρίου.

Τα πράγματα στις μέρες μας έχουν διαφοροποιηθεί αρκετά, καθόσον πολλοί από τους παλιούς πολέμιους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής έγιναν φανατικοί υπερασπιστές της, ενώ παράλληλα προστέθηκαν και νέοι επιστήμονες που υποστήριζαν με θέρμη την νέα αυτή τάση. Επίσης οι συνεχείς προσπάθειες πολλών ερευνητών σε όλο τον κόσμο έλυσαν πολλά από τα προβλήματα, προχώρησαν τη γνώση και έδωσαν αν θέλετε τα κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία στους μελετητές για να ελέγξουν και ποσοτικά τις αποφάσεις τους ήδη από το πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού. Παράλληλα η τεχνολογία στον ενεργειακό τομέα προσέλκυσε το ενδιαφέρον μεγάλων βιομηχανιών, έτσι ώστε σήμερα να υπάρχουν όχι μόνο η τεχνολογική γνώση, αλλά και τα μέσα για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων "χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας". Το μοναδικό ίσως πρόβλημα που συνεχίζει να υπάρχει, είναι ότι δεν έχει γίνει συνείδηση σε ευρεία κλίμακα η νέα "ενεργειακή λογική" όχι τόσο στους μελετητές, όσο κυρίως στους χρήστες των κτιρίων, ώστε η εφαρμογή των ενεργειακών τεχνικών στον κτιριακό τομέα να αποτελεί τον κανόνα και όχι την εξαίρεση.

Τα ζητήματα γύρο από την "ενεργειακή λογική" θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι είναι απλά. Αρκεί να μην απορρίπτονται έτσι απλά οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, είτε από άγνοια, είτε από φόβο για κάτι νέο. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό, ότι το όφελος είναι πράγματι μεγάλο, τόσο για τον μέσο καταναλωτή, όσο και για την εθνική οικονομία και το περιβάλλον. Το κυριότερο βέβαια που θα πρέπει να τονιστεί, είναι ότι το όφελος αυτό είναι συνεχές καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου και βέβαια σε χρηματοοικονομικό επίπεδο αυξάνει όσο θα αυξάνει το κόστος της ενέργειας, πρόβλημα που στις μέρες μας αναδείχθηκε ως το κυρίαρχο παγκόσμιο πρόβλημα που ζητά άμεση λύση, για να αποφευχθεί και να μην προστεθεί μία ακόμη ενεργειακή κρίση όπως αυτές του 1973 και 1979.

Και αν η εφαρμογή των ενεργειακών τεχνικών σε κτίρια του περιαστικού περιβάλλοντος δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα, σε κτίρια του αστικού περιβάλλοντος η αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος χρειάζεται περισσότερη σκέψη και ευρηματικότητα για να προκύψουν σωστά αποτελέσματα ως προς την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου χειμώνα καλοκαίρι. Οι δυσκολίες προέρχονται από τον ήδη διαμορφωμένο ιστό των πόλεων, όπου κατά την ανάπτυξή τους δεν πάρθηκε υπόψη η παράμετρος ενέργεια

2.0 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή αν θέλετε ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ή η ορθολογική χρήση της ενέργειας, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν ένα και μοναδικό στόχο. Να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με την σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου - χειμώνα, καλοκαίρι- και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των εκπομπών CO₂, ποιότητα ζωής κ.τ.λ. Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από τον μηχανολογικό εξοπλισμό για την θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Για να επιτύχει κανείς την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας την χειμερινή περίοδο, είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει από τη μία πλευρά, να περιορίσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου, (απώλειες με αγωγιμότητα και απώλειες αερισμού) και από την άλλη πλευρά να μεγιστοποιήσει κυρίως τα θερμικά ηλιακά κέρδη.

Την θερινή φυσικά περίοδο θα πρέπει να επιδιώκεται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και την θερμική αποφόρτιση του κτιρίου μέσω του αερισμού και άλλων σχετικών μέτρων.

Οι παραπάνω δύο ομάδες θερμικών ροών από και προς το κτίριο, (θερμικές απώλειες - θερμικά κέρδη) συνθέτουν στην πραγματικότητα και το θερμικό τους ισοζύγιο. Στην περίπτωση που οι θερμικές πρόσοδοι την χειμερινή περίοδο δεν επαρκούν για να καλύψουν τις θερμικές απώλειες και αυτό συμβαίνει σε πολύ μεγάλο βαθμό στα μη θερμομονωμένα συμβατικά κυρίως κτίρια, προσάγεται στους εσωτερικούς χώρους θερμότητα μέσω της εγκατάστασης θέρμανσης, έτσι ώστε να καλυφθεί η διαφορά στο ισοζύγιο. Συνεπώς το ζητούμενο σε αυτή την περίπτωση είναι να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένα κτίριο στο οποίο η παραπάνω διαφορά να είναι κατά το δυνατό μικρότερη.

2.1 Μέτρα που αφορούν στην χειμερινή περίοδο

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το ερώτημα που συνήθως τίθεται αφορά στα ενδεδειγμένα μέτρα για να ελαχιστοποιηθούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου και παράλληλα να μεγιστοποιηθούν τα

θερμικά ηλιακά κέρδη. Κατά το στάδιο λοιπόν του σχεδιασμού και της κατασκευής θα έπρεπε να προβληματίσουν τον μελετητή και να λυθούν ζητήματα όπως, η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, ο προσανατολισμός, η σκίαση, η λειτουργική οργάνωση των χώρων, η μορφή του κτιρίου, η κατασκευή των εξωτερικών δομικών στοιχείων με τις κατάλληλες μονώσεις, η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων για την θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό των χώρων με φυσικό τρόπο κ.ά.

2.1.1 Χωροθέτηση κτιρίου στο οικόπεδο - προσανατολισμός

Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο μελετητής, αφορά στα μεγάλα αστικά κέντρα, ή γενικότερα σε πυκνοδομημένες περιοχές, σε σχέση με την χωροθέτηση των κτιρίων στο οικόπεδο, τον προσανατολισμό και τον σκιασμό τους από τα απέναντι κείμενα. Η χάραξη των μεγάλων δρόμων κυκλοφορίας κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, ή βορρά – νότου, προδιαγράφει και τον κύριο προσανατολισμό των όψεων και το κυριότερο περιορίζει το πλεονέκτημα του νότιου προσανατολισμού, στην καλλίτερη των περιπτώσεων, στο 25% των κτιρίων. Το τελευταίο έχει ως συνέπεια, τη δυσκολία εκμετάλλευσης των θερμικών ηλιακών κερδών στην πλειοψηφία των κτιρίων, την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων, κυρίως στα δυτικά, αλλά και ανατολικά προσανατολισμένα κτίρια την θερινή περίοδο, αλλά βέβαια και την αναγκαστική απομόνωση των βόρεια προσανατολισμένων κτιρίων από τον ήλιο. Πολλές φορές πάλι ακόμη και όταν διασφαλίζεται ο νότος, το πλεονέκτημα αυτό στην πράξη καταργείται, λόγω σκιασμού των όψεων από τα απέναντι κείμενα κτίρια (σχέση ύψους κτιρίων – πλάτους δρόμων).

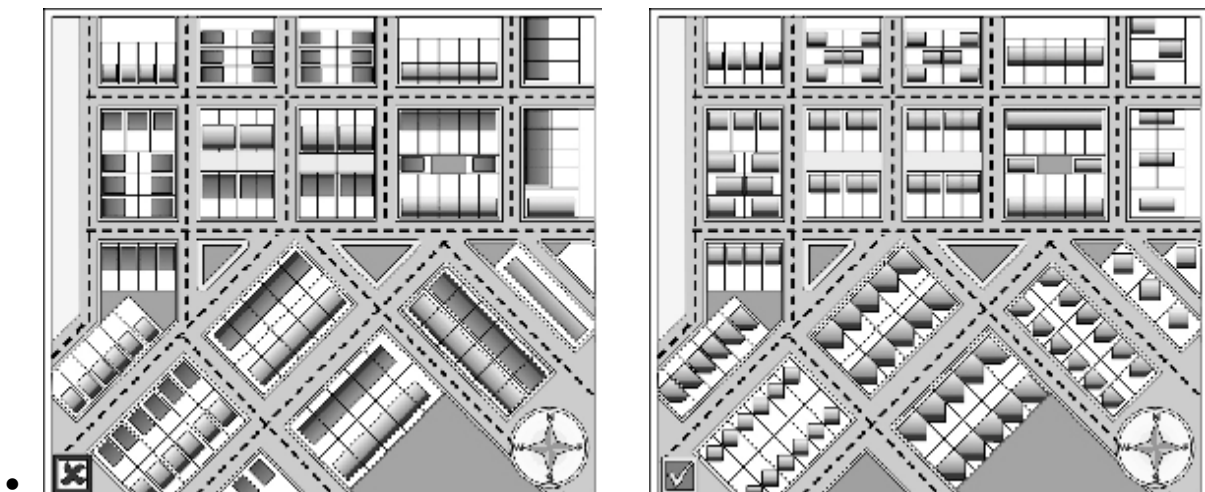
Σε όλες λοιπόν τις περιπτώσεις που δεν διασφαλίζεται ο νότιος προσανατολισμός με αποδεκτή μέγιστη απόκλιση $+25^\circ$ ανατολικά ή δυτικά, ο μελετητής θα μπορούσε, αντί να επιλέξει τις συμβατικές λύσεις του σχήματος 1α, να προτείνει κατ' αντιστοιχία αυτές του σχήματος 1β, έτσι ώστε όλα τα κτίρια να ηλιάζονται και να φωτίζονται ικανοποιητικά με φυσικό τρόπο, χωρίς παράλληλα να δημιουργούν δευτερογενή προβλήματα, όπως για παράδειγμα μείωση θερμικής ή οπτικής άνεσης.

Γενικά θα μπορούσαν να προταθούν:

1. η χωροθέτηση του κτιρίου στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να αυξηθεί η απόσταση από τα απέναντι κτίρια και να αποφευχθεί κατά το δυνατόν περισσότερο το ρίσκο του σκιασμού, το οποίο και καταργεί τα πιθανά ηλιακά οφέλη. Επιπλέον στη νότια πλευρά η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών ή η ανάπτυξη χαμηλού και υψηλού πράσινου (φυλλοβόλα δέντρα) κάτω από τις βέλτιστες μικροκλιματικές συνθήκες, παρέχει τον επιθυμητό σκιασμό και εξατμιστικό δροσισμό την θερινή περίοδο. Στην βορινή πλευρά, η οποία και επηρεάζεται κα-

τά κανόνα από τους ψυχρούς ανέμους την χειμερινή περίοδο, σκόπιμη θεωρείται η φύτευση αιθαιλών δέντρων για την ανάλυση των δυσμενών επιδράσεων.

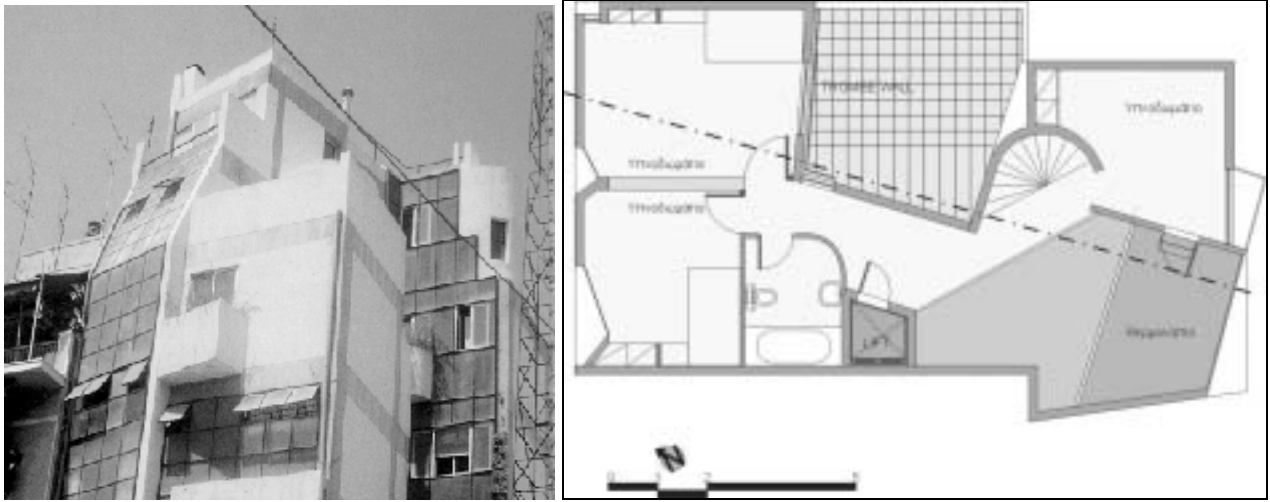
- αν το οικοπέδο είναι νότιο και επιπλέον ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει πρόβλημα σκιασμού από διπλανά κτίρια, τότε κρίνεται σκόπιμο να αναπτυχθεί το κτίριο κατά τον άξονα ανατολή – δύση, ώστε να μεγιστοποιηθεί όσο είναι δυνατό η νότια όψη του. Μία απόκλιση της τάξης των $+25^\circ$ θεωρείται ενεργειακά, οριακά αποδεκτή. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξεταστεί σοβαρά και η δυνατότητα εφαρμογής παθητικών ηλιακών συστημάτων, έτσι ώστε να ικανοποιηθεί και η δεύτερη απαίτηση για μεγιστοποίηση των αδάπανων θερμικών ηλιακών κερδών.
- η αποφυγή των δυτικών ή ανατολικών κτιρίων στις δύο απέναντι πλευρές του δρόμου, με τον σχηματισμό «σκακιέρας» και την τοποθέτηση των κτιρίων προς νότο,
- η στροφή του άξονα του κτιρίου προς νότο, ή και μόνον της κύριας όψης του (σχ. 2), ή των ανοιγμάτων του (σχ. 3)



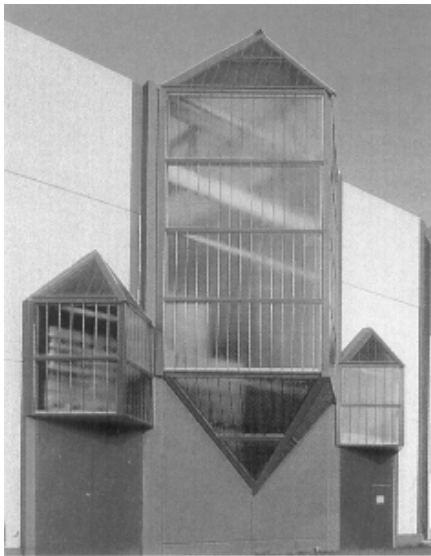
Σχήμα 1: α) Συνήθης χωροθέτηση των κτιρίων στις δύο απέναντι πλευρές των δρόμων
β) Προτεινόμενη χωροθέτηση των κτιρίων ή και αλλαγή του σχήματος σε κάτοψη, ώστε να αποφευχθεί ο σκιασμός και να επιτραπεί η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους /1/

Παραδείγματα που εφήρμοσαν τη λογική που παραπάνω αναφέρθηκε, υπάρχουν πολλά τόσο στον ελλαδικό χώρο, όσο και στον διεθνή. Μία τέτοια λύση φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος 2, όπου προκειμένου να εφαρμοστεί το παθητικό ηλιακό σύστημα του θερμοκηπίου, ο μεγάλος άξονας του κτιρίου στράφηκε καθαρά προς νότο, ενώ η εσωτερική αυλή του προβλέφθηκε σε τέτοιο σημείο, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη νότια επιφάνεια για την κατασκευή και άλλου παθητικού ηλιακού συστήματος (τοιχοι trombe) για την θέρμανση των εσωτερικών χώρων με φυσικό

τρόπο.



Σχήμα 2: Κατοικία στους Αμπελόκηπους της Αττικής της αρχιτέκτονος Κ. Σπυροπούλου //1/.

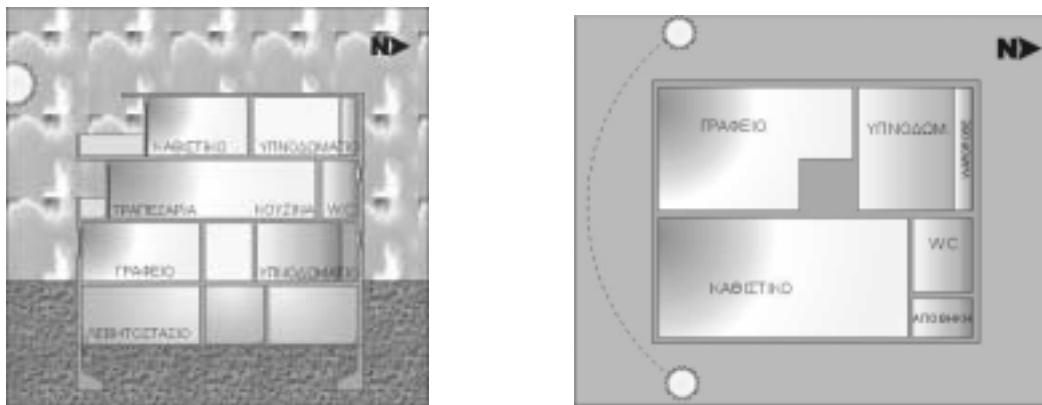


Σχήμα 3 : Στροφή των ανοιγμάτων του κτιρίου, έτσι ώστε να αποκτήσουν νότιο προσανατολισμό. Η απέναντι επιφάνεια από το άνοιγμα προβλέπεται συνήθως ανακλαστική, για να κατευθυνθούν οι ηλιακές ακτίνες προς τον εσωτερικό χώρο.

Σε οικόπεδα εκτός των μεγάλων αστικών κέντρων, θεωρητικά ο μελετητής έχει μεγαλύτερη ελευθερία στην χωροθέτηση του κτιρίου, εκτός και αν συντρέχουν λόγοι, όπως αξιόλογη θέα, κλίση εδάφους, προσπέλαση κ.τ.λ. παράγοντες που μπορεί να αποτρέψουν την επιλογή του νότιου προσανατολισμού.

2.1.2 Λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων

Κατά τον σχεδιασμό της κάτοψης οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν έτσι, ώστε αυτοί με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης που απαιτούν συγκριτικά και χαμηλότερες θερμοκρασίες (W.C., υπνοδωμάτια) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη. Οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι εάν υπάρχουν στη μελέτη (garage, αποθήκες κ.τ.λ.) θα πρέπει να προβλεφθούν στην βορινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον (σχ. 4). Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται στην πραγματικότητα οι θερμικές απώλειες από τους βασικούς κύριους χώρους.



Σχήμα 4: Λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων. Δημιουργία θερμικών ζωνών /1/

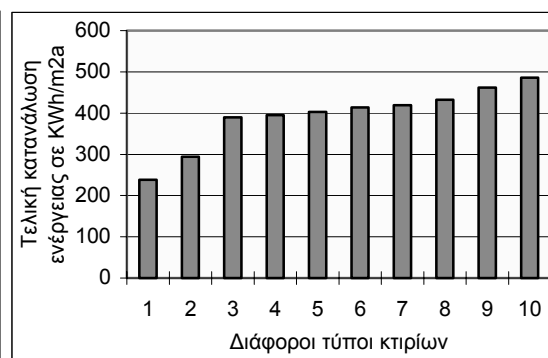
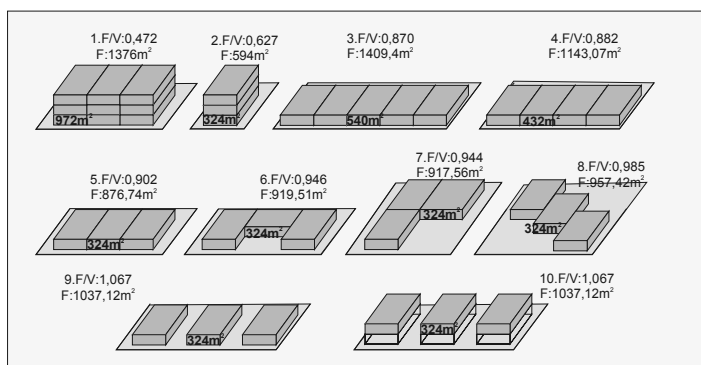
2.1.3 Μορφή κτιρίου

Από άποψη ενεργειακή η 'μορφή του κτιρίου' παίζει αποδεδειγμένα καθοριστικό ρόλο στην θερμική του συμπεριφορά, καθώς προδιαγράφει μέσω του κελύφους που λειτουργεί ως φίλτρο, την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Μία απόφαση του μελετητή για την δημιουργία 'ανοικτής' ή 'κλειστής' μορφής κτιρίου, επιθετικής ή αμυντικής, με την έννοια του ανοικτού με μεγάλα ανοίγματα κτιρίου ή αντίστοιχα κλειστού με μικρά ανοίγματα, θα ήταν ενεργειακά σκόπιμο να

παρθεί κάτω από ορισμένα κριτήρια, όπως ο προσανατολισμός των όψεων, οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, η χρήση του κτιρίου (γραφεία, κατοικία, εμπορικά καταστήματα, σχολεία, κ.λ.π.) και άλλα κριτήρια σχεδιασμού, όπως θέα, ασφάλεια, θόρυβος, κόστος κατασκευής κ.ά.

Ενεργειακά και οι δύο γενικές περιπτώσεις ‘μορφής’ θα μπορούσαν να οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα, κάτω φυσικά από ορισμένες προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα, μία ανοικτή μορφή θα μπορούσε να επιλεγεί μόνο στις περιπτώσεις που είναι διασφαλισμένος ο νότιος προσανατολισμός και επιπλέον δεν παρουσιάζεται σκίαση των όψεων από παρακείμενα κτίρια ή άλλα εμπόδια. Στην περίπτωση αυτή, αυξάνει το όφελος από την θερμική ηλιακή ενέργεια, είτε μέσω των ανοιγμάτων (άμεσο ηλιακό κέρδος), είτε μέσω της εφαρμογής ειδικών τεχνικών (παθητικά ηλιακά συστήματα). Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις προσανατολισμού, σκόπιμη θεωρείται η επιλογή κλειστής μορφής κτιρίου με μικρά ανοίγματα, σωστή ηλιοπροστασία και αυξημένη μόνωση των δομικών στοιχείων για την περιστολή των θερμικών απωλειών.

Εκτός από την παραπάνω επιλογή, στην γενικότερη έννοια της «μορφής» θα μπορούσε κανείς να εντάξει και την σύνθεση των όγκων ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος. Γενικά είναι γνωστό, ότι για ένα δεδομένο όγκο κτιρίου και επιφάνεια σε κάτοψη, μπορεί να προταθούν μία σειρά εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες και εξαρτώνται από τον ή τους μελετητές και τις αρχιτεκτονικές τους ιδέες. Ενεργειακά, θα μπορούσε όμως να ισχυριστεί κανείς με βεβαιότητα, ότι κάθε συνθετική λύση παρουσιάζει και διαφορετική θερμική συμπεριφορά για τον απλό λόγο ότι διαφοροποιούνται οι εξωτερικές επιφάνειες με σταθερή επιφάνεια σε κάτοψη και θερμαινόμενο όγκο. Ένα πολύ απλό παράδειγμα των παραπάνω φαίνεται στα σχήματα 5 και 6. Πρόκειται για σύνθεση διαμερισμάτων των 108μ², σε μονώροφες και τριώροφες διατάξεις.



Σχήμα 5: Σύνθεση διαμερισμάτων των 108μ² σε 10 διατάξεις.

Σχήμα 6: Τελική κατανάλωση

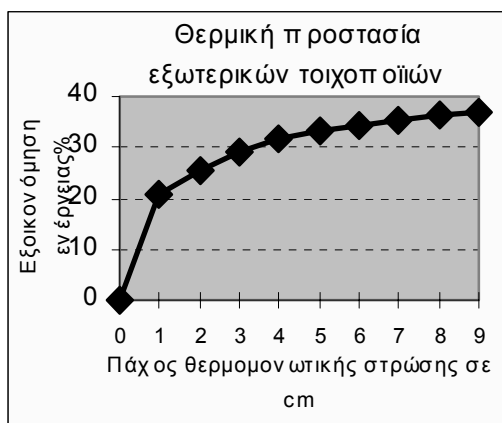
ενέργειας (KWh/m² ετησίως) σε 10 διαφορετικούς τύπους κτιρίων (κλιματικές συνθήκες περιοχής Θεσ/νίκης)

Με βάση τα αποτελέσματα του σχήματος 6 διαπιστώνει κανείς πολύ εύκολα, ότι ενώ η κατανάλωση ενέργειας σε ένα μονώροφο διαμέρισμα με πυλωτή σκαφαλώνει στις 486 KWh/m² ετησίως, το αντίστοιχο ποσό σε τρεις τριώροφες πολυκατοικίες στη σειρά μειώνεται δραστικά στις 238 KWh/m² ετησίως (θερμαντική περίοδος). Σημειώνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις των τύπων κτιρίων, θεωρήθηκε ότι το κελύφος είναι χωρίς μονώσεις, και βέβαια ότι επιτυγχάνεται μία θερμοκρασία άνεσης στους εσωτερικούς χώρους της τάξης των 21⁰C. Με την εφαρμογή θερμικών μονώσεων σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του ισχύοντα «Κανονισμού» για κάθε τύπο κτιρίου, θα μπορούσε κανείς να περιορίσει τις καταναλώσεις στις 126 και 80 KWh/m²ετ. αντίστοιχα. Αν επιπλέον των παραπάνω έπαιρνε κανείς την απόφαση να εφαρμόσει ισχυρότερη θερμική προστασία και γενικά τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και ειδικότερα τεχνικές παθητικής θέρμανσης, τότε και η θερμική συμπεριφορά των κτιρίων θα παρουσίαζε βελτίωση και η κατανάλωση θα συρρικνώνονταν ακόμη περισσότερο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε πιο ψυχρά κλίματα όπως αυτό της Ελβετίας ή της Αυστρίας έχουν καταγραφεί καταναλώσεις σε ίδιες κατηγορίες κτιρίων που φθάνουν τις 17 ή τις 20 KWh/m²ετ. αντίστοιχα.

2.1.4 Κατασκευή κτιρίου – Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κελύφους

Η ισχυροποίηση της θερμικής προστασίας των συμπαγών δομικών στοιχείων του κελύφους πέραν της συμβατικής, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών την χειμερινή περίοδο και την διατήρηση των πιθανών θερμικών ηλιακών κερδών για μεγάλο διάστημα στους εσωτερικούς χώρους. Η επίδραση του πάχους μόνωσης των εξωτερικών τοιχοποιιών και του δώματος στην εξοικονόμηση ενέργειας, διακρίνεται στο σχήμα 7 και 8 απ' όπου και διαπιστώνεται εύκολα, ότι με τα πρώτα 5εκ. μόνωσης των εξωτερικών δομικών στοιχείων επιτυγχάνεται πολλαπλάσια εξοικονόμηση ενέργειας, συγκριτικά με τα επόμενα 5εκ.

Γενικά ως κανόνας θα μπορούσε να αναφερθεί, ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου από άποψη σχήματος ή σύνθεσης όγκων, τόσο πιο ισχυρές θα έπρεπε να είναι και οι μονώσεις του περιβλήματός του, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν και οι αυξημένες θερμικές απώλειες συγκριτικά με άλλα κτίρια συμπαγούς μορφής, και να επιτευχθεί ένα άνετο εσώκλιμα με περιορισμένες καταναλώσεις.



Σχήμα 7: Δυναμική εξοικονόμηση ενέργειας σε συμβατικό κτίριο της περιοχής Θεσ/νίκης με αύξηση του πάχους μόνωσης των εξωτερικών τοιχοποιιών

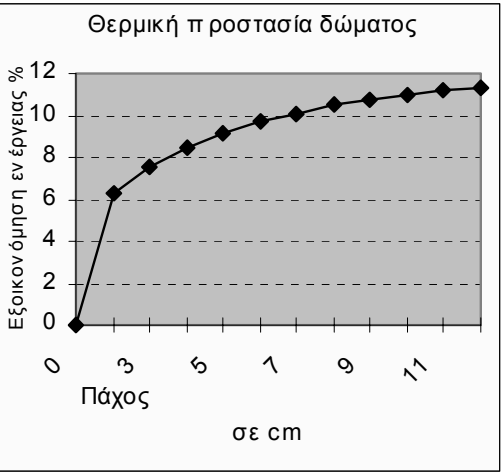
Σχήμα 8: Δυνητική εξοικονόμηση ενέργειας σε συμβατικό κτίριο της περιοχής Θεσ/νίκης με αύξηση του πάχους μόνωσης του δώματος

Σε ότι αφορά στα ανοίγματα, συνιστάται η ελαχιστοποίησή τους στις ανατολικές και δυτικές όψεις για την αποφυγή υπερθερμάνσεων την θερινή περίοδο, όπως επίσης και στη βορινή για τον

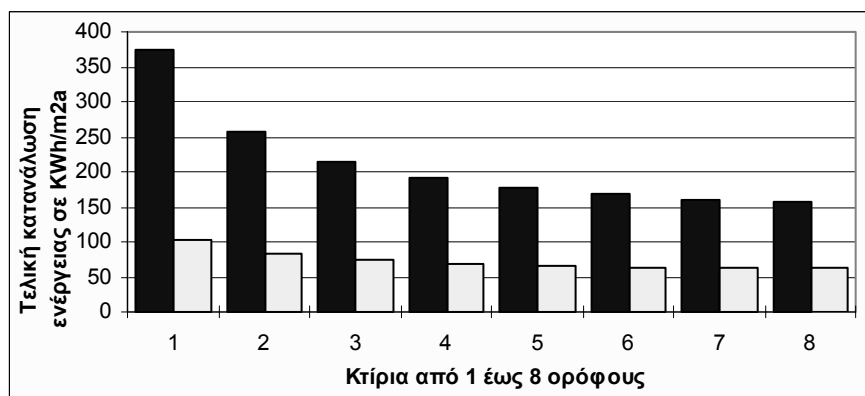
έλεγχο των θερμικών απωλειών. Στις τελευταίες περιπτώσεις οι διαστάσεις των ανοιγμάτων θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτήσεις των χώρων σε φυσικό φωτισμό και αερισμό. Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι τα βορινά ανοίγματα βοηθούν σε μία καλή ποιότητα φωτισμού των χώρων, διότι δέχονται διάχυτο φως και όχι άμεσο, συνιστώνται για χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως την θερινή περίοδο, (ξενοδοχεία, παραθεριστικές κατοικίες), ενώ μία υπερδιαστασιολόγησή τους σε κτίρια και χώρους που λειτουργούν και την χειμερινή περίοδο θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του θερμικού τους φορτίου. Στις νότιες όψεις μία κάλυψη της επιφάνειας με 60% ανοίγματα α-

ποτελεί μία ενεργειακά αποτελεσματική πρόταση για την θέρμανση των χώρων με φυσικό τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία. Σε κάθε περίπτωση όμως η χρήση θερμομονωτικών υαλοπινάκων με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας «κ», ή ακόμη καλλίτερα η χρήση υαλοπινάκων προηγμένης τεχνολογίας (χαμηλής εκπομπής “Low-E”) θεωρείται ένα από τα πλέον αποδοτικά μέτρα. Βασικό κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου ποιοτικά ανοίγματος, αποτελεί εκτός από τον συντελεστή θερμοπερατότητας ‘κ’ και ο συντελεστής μετάδοσης της θερμικής ηλιακής ενέργειας ‘g’. Άστοχη επιλογή της ποιότητας των υαλοπινάκων, σε σχέση με τον προσανατολισμό και τις απαιτήσεις των χώρων, ενδέχεται να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα (μπλοκάρισμα εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους την χειμερινή περίοδο, αύξηση απωλειών, μείωση φυσικού φωτισμού, οπτικής άνεσης, κ.τ.λ.). Είναι προφανές ότι όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας “κ” και όσο πιο μεγάλος ο συντελεστής διείσδυσης της συνολικής θερμικής ενέργειας “g”, τόσο πιο αποτελεσματικό αποδεικνύεται το άνοιγμα σε νότιο προσανατολισμό. Σε ανατολικά και δυτικά ανοίγματα θα ενδιέφερε φυσικά μικρή τιμή και του συντελεστή “κ”, αλλά και του “g”.

Ο βαθμός επίδρασης της συνολικής μόνωσης του κελύφους στην τελική κατανάλωση ενέργειας, διακρίνεται πολύ απλά στο παράδειγμα του σχήματος 9. Πρόκειται για 8 κτίρια κατοικιών σε κλιματικές συνθήκες της περιοχής Θεσσαλονίκης. Η πρώτη στήλη σε κάθε κτίριο αναφέρεται σε



θερμικά απροστάτευτο κέλυφος, ενώ η δεύτερη στο ίδιο κτίριο με τη διαφορά ότι το κέλυφός του είναι θερμομονωμένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ισχύοντα κανονισμού θερμομόνωσης. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν σαφώς την αποτελεσματικότητα του μέτρου καθώς παρατηρείται σε κάθε περίπτωση μία περιστολή της κατανάλωσης ενέργειας πλέον του 60%. Περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων θα μπορούσε να επιτευχθεί, αν εφαρμοζόταν πιο ισχυρές μονώσεις στα εξωτερικά δομικά στοιχεία, ή αν επιπλέον γινόταν προσπάθεια εκμετάλλευσης των θερμικών ηλιακών κερδών, με εφαρμογή παθητικών τεχνικών.



Σχήμα 9: Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια από 1 έως 8 ορόφους. Η πρώτη στήλη σε κάθε κτίριο αναφέρεται σε μη θερμομονωμένο κέλυφος, ενώ η δεύτερη σε θερμομονωμένο (τα αποτελέσματα αφορούν σε κλιματικές συνθήκες της περιοχής Θεσσαλονίκης) /2/.

2.1.5 Αερισμός κτιρίων

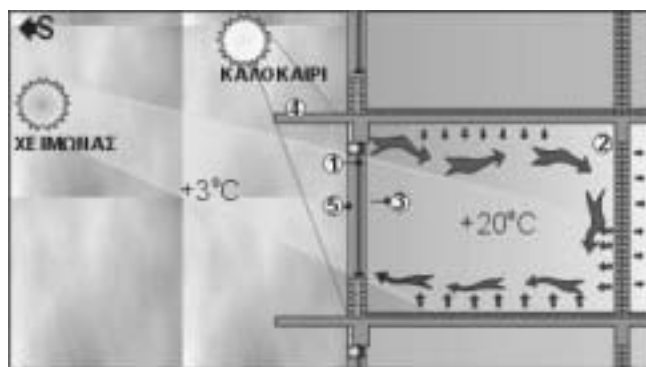
Σε συμβατικά κτίρια, αλλά ακόμη περισσότερο σε βιοκλιματικά σχεδιασμένα κτίρια, όλες οι εφαρμοζόμενες στρατηγικές για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αναβάθμιση της ποιότητας αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος, μπορεί να αναιρεθούν στην περίπτωση αυξημένων θερμικών απωλειών, λόγω εκτεταμένου αερισμού (ventilation) ή διαφυγών αέρα από τους αρμούς των ανοιγμάτων (infiltration). Έτσι θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα αεροστεγανό περιβάλλον και γενικότερα να περιοριστεί και να ελεγχθεί ο αερισμός των χώρων, ανάλογα με τη χρήση των κτιρίων, χωρίς να γίνεται υπέρβαση των ορίων εναλλαγών αέρα ανά ώρα, όπως αυτές καθορίζονται από διάφορους διεθνείς κανονισμούς που παίρνουν υπόψη τους την υγεία και την ευεξία. Ανεξέλεγκτος ή εκτεταμένος χωρίς λόγο αερισμός λόγω άστοχης ενεργειακής συμπεριφοράς των ενοίκων, επιδρά αρνητικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου σε βαθμό που μπορεί να υπερβεί ακόμη και το 100% της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών /3/ έχουν

δείξει σαφώς, ότι το ποσοστό αυτό ενδέχεται να επιδεινωθεί αν συνδυαστεί και με αυξημένες εξωτερικές θερμοκρασίες χώρων – πέραν των αποδεκτών για λόγους θερμικής άνεσης- η ακόμη αν συνδυαστεί με χαμηλό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης ως αποτέλεσμα ελλιπούς συντήρησής της.

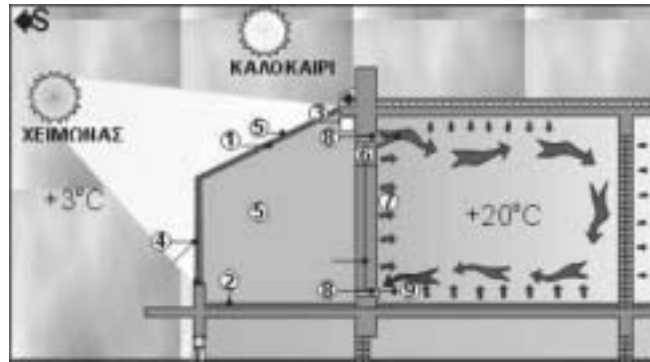
2.1.5 Παθητικά ηλιακά συστήματα για την εκμετάλλευση των θερμικών ηλιακών κερδών

Με την προϋπόθεση ότι έχουν διασφαλιστεί όλα τα μέτρα για την περιστολή των θερμικών απωλειών στα κτίρια που περιληπτικά αναφέρθηκαν και κυρίως ο νότιος προσανατολισμός και οι ισχυρές μονώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, ο μελετητής θα μπορούσε να προχωρήσει και να προτείνει την κατασκευή ειδικών συστημάτων για την εκμετάλλευση των ηλιακών κερδών. Τα συστήματα που εύκολα, με συμβατικά υλικά και χωρίς υψηλό κόστος, μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη είναι τα πλέον γνωστά, όπως:

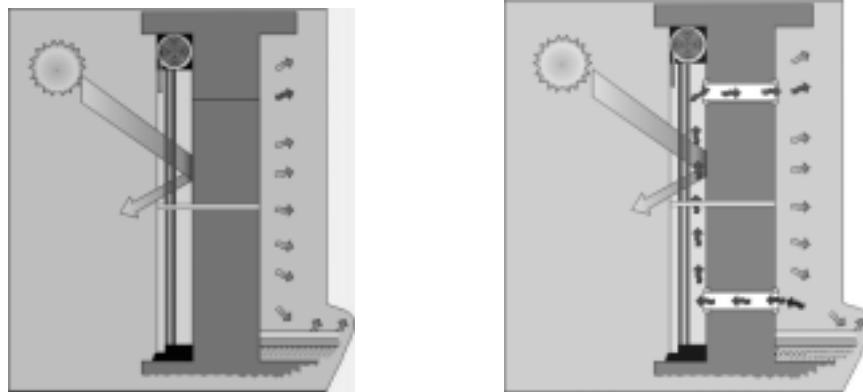
1. το άμεσο ηλιακό κέρδος από νότια προσανατολισμένα ανοίγματα (σχ. 10)
2. το προσαρτημένο θερμοκήπιο (σχ. 11)
3. ο τοίχος μάζας ή θερμικής αποθήκευσης (σχ. 12)
4. ο αεριζόμενος τοίχος Trombe (σχ. 13)
5. το ηλιακό αίθριο (σχ. 14) και
6. το θερμοσιφωνικό πανέλο (σχ. 15)



Σχήμα 10: Άμεσο ηλιακό κέρδος από νότια προσανατολισμένα ανοίγματα. Μια οριζόντια ηλιοπροστατευτική διάταξη αποτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους την θερινή περίοδο /1/.

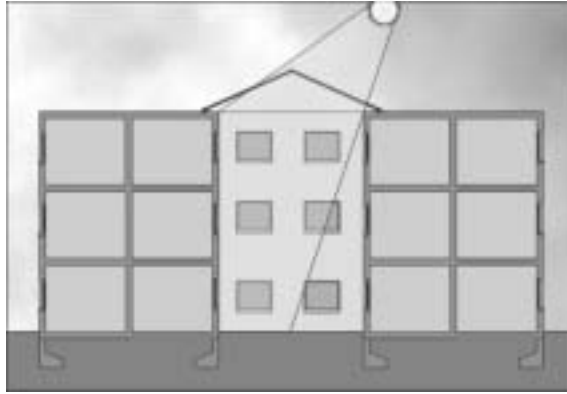


Σχήμα 11: Προσαρτημένο θερμοκήπιο. Απαραίτητο; για την θερινή περίοδο θεωρείται ο σκιασμός του θερμοκηπίου και ο αερισμός του με το άνοιγμα των γυάλινων επιφανειών για την απενεργοποίηση του συστήματος /1/.

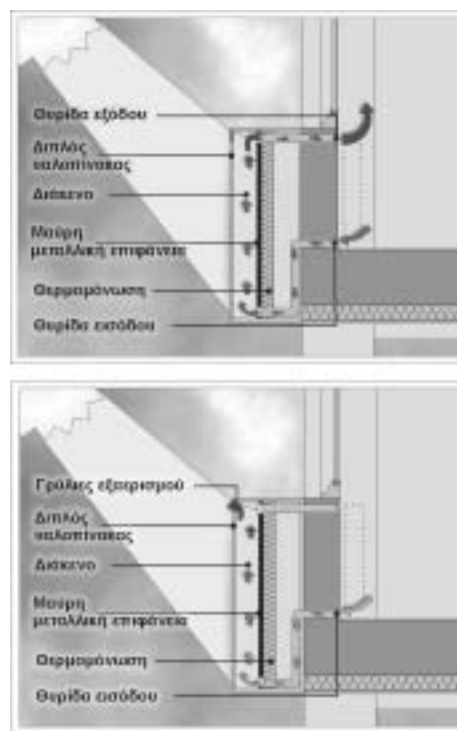


Σχήμα 12: Τοίχος μάζας ή θερμικής αποθήκευσης. Αποτελείται από έναν τοίχο (από σκυρόδεμα, πέτρα, ή νερότοιχο) ικανό να αποθηκεύσει θερμότητα βαμμένο σε σκούρο χρώμα , ένα διάκενο 10-12εκ. και ναλοστάσιο που λειτουργεί ως συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η αποτελεσματικότητά του συστήματος βελτιώνεται με την πρόβλεψη νυκτερινής μόνωσης. Η απενεργοποίησή του την θερινή περίοδο επιτυγχάνεται με τον σκιασμό και το άνοιγμα θυρίδων στη γυάλινη επιφάνεια /1/.

Σχήμα 13: Τοίχος Trombe ή αεριζόμενος τοίχος θερμικής αποθήκευσης. Λειτουργεί όμοια με τον τοίχο μάζας, με την προσθήκη ελεγχόμενων θυρίδων στο άνω και κάτω μέρος του τοίχου.



Σχήμα 14: Ηλιακό αίθριο



Σχήμα 15: Εφαρμογή θερμοσιφωνικών πανέλων στην ποδιά των ανοιγμάτων σε αίθουσες διδασκαλίας. Λειτουργία του συστήματος χειμώνα – καλοκαίρι. Το σύστημα είναι περίπου όμοιο με τον αεριζόμενο τοίχο μάζας, με τη διαφορά ότι καταργείται ο τοίχος μάζας και αντικαθίσταται από έναν συμβατικό εξωτερικά θερμομονωμένο τοίχο. Ο θερμός αέρας στο διάκενο μεταδίδεται άμεσα στο εσωτερικό χώρο χωρίς χρονική καθυστέρηση.

Συνθετότερα συστήματα, όπως οι αεροσυλλέκτες που απαιτούν δίκτυο σωληνώσεων ειδικά μελετημένων και διαστασιολογημένων, που ενσωματώνονται στα δάπεδα ή τις οροφές για την μεταφορά τις συλλεχθείσης θερμότητας σε απομακρυσμένους χώρους, οι οροφές θερμικής αποθήκευσης, ή ακόμη ο συνδυασμός συστημάτων (παθητικά συστήματα, φωτοβολταϊκά, και ζεστού νερού χρήσης) κ.ά., αποτελούν αναμφισβήτητα δοκιμασμένες και αποτελεσματικές εναλλακτικές λύσεις,

η εφαρμογή των οποίων απαιτεί ειδικές γνώσεις, σωστή εκτίμηση των απαιτούμενων φορτίων και βέβαια προσεγμένη κατασκευή.

2.1.7 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που συλλέγεται από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, θα πρέπει να επιλεγούν δομικά στοιχεία με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το μέτρο αυτό παίζει σημαντικό ρόλο κυρίως σε βιοκλιματικά κτίρια και χώρους συνεχούς χρήσης, καθώς και σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες την θερινή περίοδο. Η αποθηκευμένη θερμότητα μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο με χρονική καθυστέρηση, η οποία μπορεί να υπολογιστεί έτσι, ώστε να συμπίπτει με τις βραδινές ώρες κατά τις οποίες παρουσιάζονται και οι μεγαλύτερες ανάγκες σε θέρμανση των χώρων.

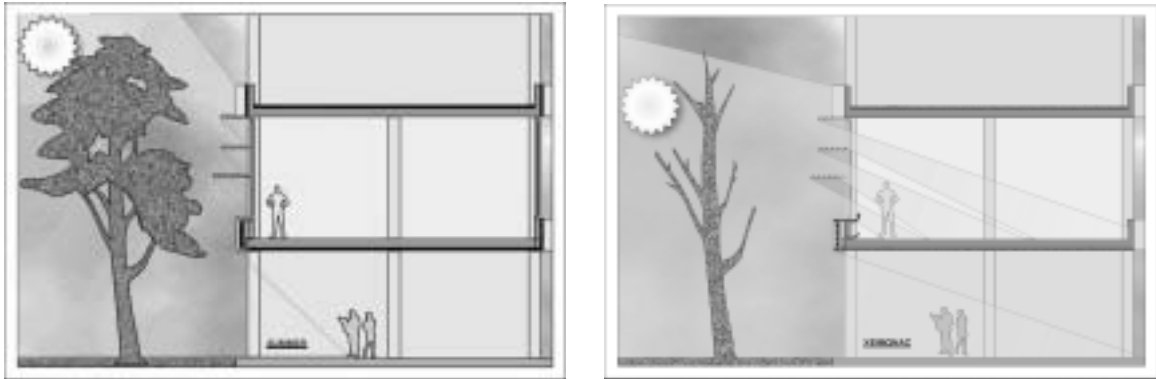
Σε πολλά παραδείγματα βιοκλιματικών κτιρίων, τα παθητικά συστήματα συνδυάζονται συνήθως με ειδικά σχεδιασμένες αποθήκες θερμότητας, τον ρόλο των οποίων παίζουν, εκτός από τα ίδια τα δομικά στοιχεία του κελύφους (δάπεδα και τοιχοποιίες), ειδικά διαμορφωμένοι χώροι γεμάτοι με υλικά που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας (λίθοι, δοχεία νερού κ.ά.) τα οποία και αποδίδουν στον χώρο τη θερμότητα είτε εξαναγκασμένα (με χρήση ανεμιστήρων) όποτε αυτό κριθεί αναγκαίο, είτε με φυσικό τρόπο. Η ύπαρξη, το είδος και η έκταση της θερμικής αποθήκης εξαρτάται κυρίως από τα αναμενόμενα θερμικά οφέλη από τα παθητικά συστήματα, από την χρήση των χώρων ή του κτιρίου γενικότερα (συνεχόμενη ή διακοπτόμενη λειτουργία) και βέβαια από την ένταση των καιρικών φαινομένων τη θερινή περίοδο (ακτινοβολία, θερμοκρασίες).

2.2 Μέτρα που αφορούν στην θερινή περίοδο

Για την αποφυγή των υπερθερμάνσεων την περίοδο του καλοκαιριού, από τα πλέον αποτελεσματικά μέτρα που θα μπορούσε να προβλέψει κανείς ή και να ενισχύσει κατά το δυνατό περισσότερο αφορούν:

1. στην βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών με την κατάλληλη φύτευση για σκίαση και εξατμιστικό δροσισμό, στην επιλογή επιστρώσεων με υλικά μεγάλης ανακλαστικότητας, καθώς και στην πρόβλεψη υδάτινων επιφανειών για ενίσχυση και πάλι του εξατμιστικού δροσισμού.
2. στην επιλογή των κατάλληλων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων ανάλογα με τον προσανατολι-

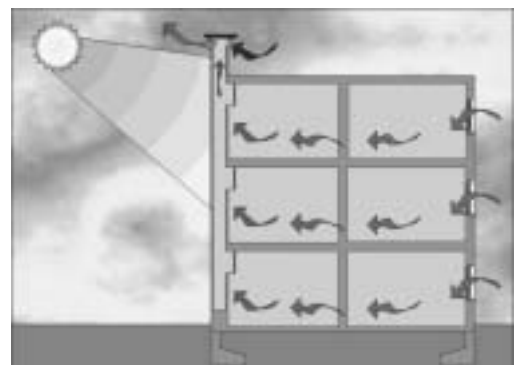
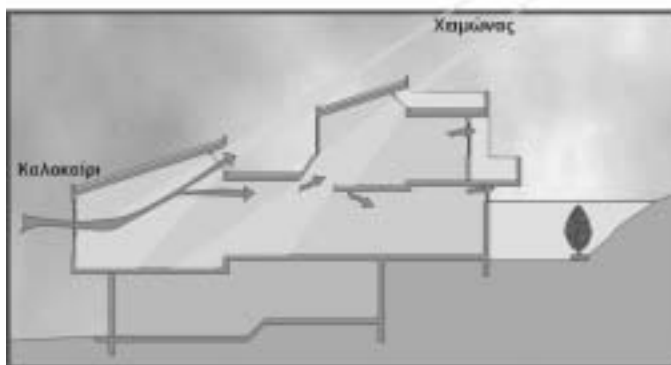
σμό των όψεων (οριζόντιες διατάξεις στον νότο, κατακόρυφες στην ανατολή και δύση με σωστή κλίση σε σχέση με την πορεία των ηλιακών ακτίνων), έτσι ώστε να απομακρυνθεί η ηλιακή ακτινοβολία από το περίβλημα του κτιρίου. Για τον ίδιο σκοπό θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ειδικοί κρύσταλλοι στα παράθυρα και τις πόρτες, οι οποίοι και μειώνουν, κυρίως τη διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω των ευαίσθητων διαφανών στοιχείων (ανακλαστικοί, απορροφητικοί, ή χαμηλής εκπομπής υαλοπίνακες).



Σχήμα 16: Αποτελεσματικός σκιασμός των όψεων του κτιρίου με τον συνδυασμό ηλιοπροστατευτικών διατάξεων και δεντροφύτευσης.

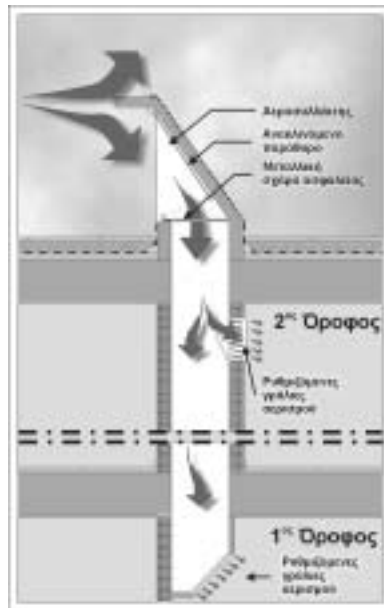
3. στην επιδίωξη διαμερούς αερισμού των χώρων και κυρίως στην πρόβλεψη ή ενίσχυση του νυχτερινού αερισμού τους για την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων από την θερμότητα που συσσωρεύεται κατά τις ώρες αιχμής. Ιδίως για μεσογειακά κλίματα, όπου παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ ημέρας και νύχτας, το τελευταίο θεωρείται αναγκαίο για τον φυσικό δροσισμό των κτιρίων.

Αν το μέτρο αυτό δεν μπορεί να ικανοποιηθεί από τα υπάρχοντα ανοίγματα στις όψεις του κτιρίου, τότε η χρήση ανοιγμάτων στην οροφή του κτιρίου (σχ. 17), ή η κατασκευή ηλιακής καμινάδας (σχ. 18) για την επιτάχυνση απαγωγής του θερμού αέρα από το κτίριο, ή ανεμόπυργου (σχ. 19) για την εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, θα αποτελούσαν μερικές από τις δοκιμασμένες στην πράξη αποτελεσματικές τεχνικές.



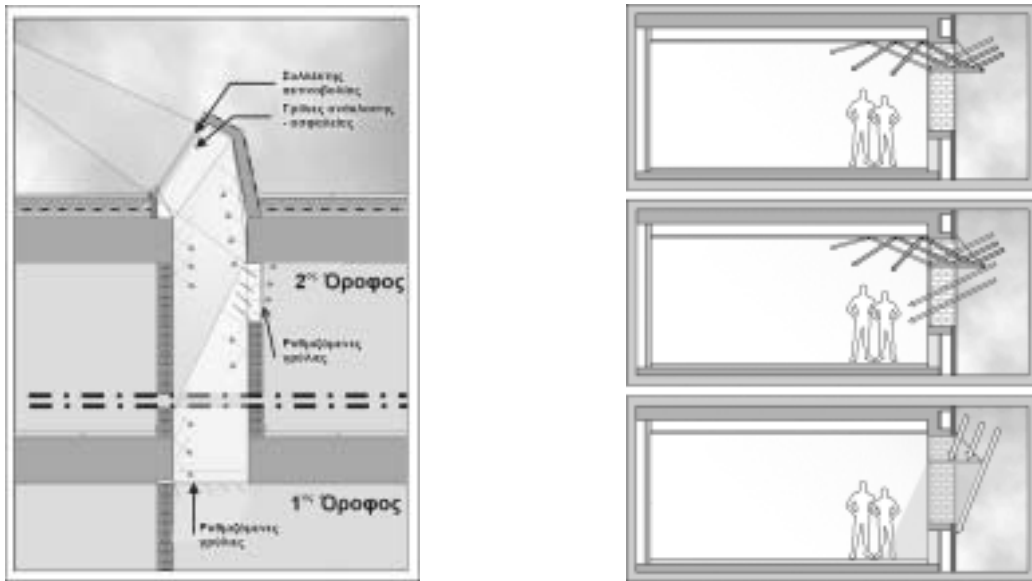
Σχήμα 17: Νότια προσανατολισμένα ανοίγματα οροφής. Συμβάλλουν στην παθητική θέρμανση, στον φυσικό φωτισμό και δροσισμό του χώρου.

Σχήμα 18: Ηλιακή καμινάδα



Σχήμα 19: Πρόταση για κατασκευή ανεμόπυργου σε αστικό εκπαιδευτικό κτίριο για την ενίσχυση του φυσικού δροσισμού

- 4 στην χρήση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το μέτρο αυτό συνεπάγεται, όπως ήδη αναφέρθηκε, την χρονική καθυστέρηση μετάδοσης της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους, σε ώρες που μπορεί να υπολογιστούν, έτσι ώστε να συμπίπτουν με τη μείωση των εξωτερικών θερμοκρασιών τις βραδινές ώρες. Αν το παραπάνω συνδυαστεί και με τον νυχτερινό αερισμό των χώρων, τότε πράγματι επιτυγχάνεται και ο δροσισμός των χώρων με φυσικό τρόπο,
- 5 στην κατασκευή ανοιχτόχρωμων επιχρισμάτων, για την ελαχιστοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται και την μεγιστοποίηση της ανακλώμενης,
- 6 στην ενίσχυση του φυσικού φωτισμού των χώρων (σχ. 20 και 21), ώστε να περιοριστεί η χρήση του τεχνητού φωτισμού και συνεπώς να περιοριστούν τα εσωτερικά θερμικά φορτία. Στην ίδια κατεύθυνση συμβάλλει και η χρήση ηλεκτρικών και φωτιστικών στοιχείων υψηλής απόδοσης.



Σχήμα 20: Πρόταση εφαρμογής αγωγών φωτισμού σε αίθουσες εκπαιδευτικού κτιρίου.

Σχήμα 21: Ράφια φωτισμού. Αποφυγή θάμβωσης και ενίσχυση του φυσικού φωτισμού σε μεγαλύτερο βάθος.

Σε ποιόν τομέα θα αποφασίσει ο μελετητής να δώσει μεγαλύτερο βάρος, σε μέτρα για την χειμερινή ή καλοκαιρινή περίοδο, εξαρτάται προφανώς από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής και φυσικά από την χρήση του κτιρίου (ξενοδοχείο ή κατοικία θερινών διακοπών, μόνιμη κατοικία, κτίριο γραφείων κ.τ.λ.) Γενικά όμως θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι ένα βιοκλιματικό κτίριο οφείλει να συμπεριφέρεται ορθά και τις δύο περιόδους.

Βέβαια μεγάλη παράλειψη θα ήταν αν δεν αναφερόταν κανείς και στα μέτρα που θα έπρεπε να παρθούν για την βελτίωση του φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων και συνεπώς για την περιστολή των καταναλώσεων και στον τομέα του τεχνητού φωτισμού. Το θέμα αυτό θα μπορούσε από μόνο του να αποτελέσει αντικείμενο ειδικής παρουσίασης. Γενικά επισημαίνεται, ότι σε έναν ολοκληρωμένο βιοκλιματικό σχεδιασμό, κανείς θα έπρεπε να ασχοληθεί σοβαρά και με τα τρία θέματα, δηλαδή την παθητική θέρμανση, τον φυσικό δροσισμό και φωτισμό των κτιρίων, έτσι ώστε και η κατανάλωση ενέργειας να περιοριστεί και η ποιότητα ζωής στους εσωτερικούς χώρους να βελτιωθεί μέσα από ένα περιβάλλον που θα θερμαίνεται, θα ψύχεται και θα φωτίζεται με φυσικό κατά το δυνατό τρόπο. Και για τους τρεις βασικούς τομείς που εξετάζονται στα πλαίσια της βιοκλιματικής αντιμετώπισης των κτιρίων, ο μελετητής θα όφειλε να ελέγξει τις προτάσεις του και υπολογιστικά, έτσι ώστε να αποφευχθούν λάθη ή παραλήψεις που θα απομάκρυναν το κτίριο από τον βασικό του στόχο, δηλαδή της ένταξής του στην κατηγορία των κτιρίων «χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας». Το υπολογιστικό αυτό στάδιο, μέσω αξιόπιστων προσομοιωτικών

μεθόδων, θεωρείται απαραίτητο ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού, διότι οποιεσδήποτε βελτιωτικές παρεμβάσεις μετά την ολοκλήρωση του έργου αποδεικνύονται και οικονομικά ασύμφορες και δημιουργούν όχληση στην ομαλή λειτουργία του κτιρίου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. N. Chrisomallidou at al “Guidelines for integrating energy conservation techniques in the urban built environment” and “Building Examples” Chapters from the SAVE Programme, Polistudies: An educational structure on energy efficient buildings in urban areas” M. Santamouris – D. Mangold – P. Michel - N. Chrisomallidou at al European Commission DGXVII for Energy 1998
2. N. Χρυσομαλλίδου: “Θερμική συμπεριφορά κτιρίων – Παθητικά συστήματα θέρμανσης” Ηλιακή ενέργεια και εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια αστικού περιβάλλοντος –KENE 1994 σελ. 19-35
3. N. Χρυσομαλλίδου: “Παράμετροι σχεδιασμού, κατασκευής και χρήσης των κτιρίων που επηρεάζουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά. Οικονομική αξιολόγηση με συσχέτισμό της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας και των πρόσθετων σχετικών δαπανών” Διδακτορική διατριβή Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ. 1987
4. Μ. Παπαδόπουλος - Ν. Χρυσομαλλίδου – Γ. Οικονομίδης – Α. Παπαδόπουλος “Η επίδραση της ενεργειακής συμπεριφοράς των ενοίκων στο θερμικό ισοζύγιο των κτιρίων” 4⁰ Εθνικό Συνέδριο ΙΗΤ “Ηπιες μορφές ενέργειας” σελ. ΗΕΠ 25-31 Τόμος Α’