

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**"Βιοκλιματικός σχεδιασμός – Παθητικά και ενεργητικά συστήματα  
θέρμανσης, δροσισμού και σκιασμού κτιρίων"**



**Εισιτηγητής: Κυριακίδης Μάριος**

**Σπουδαστές: Αρώνη Ευαγγελία  
Κουτσομύτη Σοφία**

## **1. Εισαγωγή στο βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου**

**1.1 Πόλη, φυσικό περιβάλλον, ενέργεια**

**1.2 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική**

**2 Ιδεολογία του βιοκλιματισμού**

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΤΙΡΙΩΝ

Οι παραινέσεις της ιστορίας, της γεωγραφίας, της οικολογίας, και πρόσφατα η ενεργειακή κρίση συνέβαλαν στο να ξαναθυμίσουν στους αρχιτέκτονες ότι, πολύ συχνά, λείπει από το σχεδιασμό μια βασική παράμετρος: η "ενέργεια".

Η παράλειψη αυτή έχει βέβαια τις ιστορικές της ρίζες. Η σημαντική ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων, κυρίως από τις αρχές του 19<sup>ο</sup> αιώνα, προϋπέθετε μια μαζική παραγωγή αγαθών και μια σημαντική κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία.

Το μοντέρνο βιομηχανικό σύστημα, αυτή η γιγάντια μηχανή, πέρα από πολιτικά συστήματα και διαφορές των θεσμών, στηρίχτηκε στην πεποίθηση ότι η φύση αποτελεί αστείρευτη πηγή, απ' όπου μπορούμε ν' αντλούμε, χωρίς περιορισμούς, την απαραίτητη ενέργεια, έτσι ώστε η παραγωγή να τροφοδοτεί μια "κίνηση διαρκή". Το κεφάλαιο "φύση" δύμως δεν είναι αποκαταστάσιμο. Ο μεγάλος μύθος της απεριόριστης ανάπτυξης καταρρέει, δίνοντας τη θέση του σ' ένα άλλο μύθο, το ίδιο μάταιο, εκείνον της κρίσης χωρίς διέξοδο.

Οι αποφάσεις, που παίρνονται σήμερα, προβάλλονται σ' ένα μέλλον που μας αφορά όλους. Η διατήρηση των ισορροπιών στη φύση αποτελεί κατεπείγουσα ανάγκη. Εάν ο σύγχρονος πολιτισμός θέλει σοβαρά ν' αποτρέψει τη ρήξη των οικολογικών ισορροπιών και την πτώχευση των πηγών, δεν μπορεί να συνεχίσει με τις ίδιες μεθόδους, στ' όνομα αυτών των ιδεών.

Επίσης, απαράδεκτη είναι η πολυτέλεια του κόστους λειτουργίας και της ενεργειακής διαχείρισης των κτιριακών συγκροτημάτων, όπου το μέταλλο και το γυαλί κυριαρχούν και όπου η προσφυγή σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις θέρμανσης ή ψύξης είναι αναπότελτη, με αντάλλαγμα την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.

Στην ενεργειακή αυτονομία των αγροτικών οικισμών του περασμένου αιώνα, έδωσε απάντηση η ενεργειακή παράλειψη στην οργάνωση των σημερινών πόλεων και του αστικού χώρου γενικά.

Στην φιλοσοφία του μοντέρνου κινήματος, η αρχιτεκτονική είναι εξομοιωμένη με αντικείμενο κατανάλωσης. Η κατοικία, θεωρητικά, είναι μια "μηχανή του κατοικείν". Διαπιστώνοντας αυτή την πραγματικότητα, ο αρχιτέκτονας ανακαλύπτει τους λεπτούς, ανυποψίαστους δεσμούς, που συνδέουν τα έργα του με τα συστήματα ενέργειας, από τα οποία και ο ίδιος είναι εξαρτημένος, μέσα από μια δομή πολιτική, που τον καθορίζει και τον συντηρεί.

Έτσι η αρχιτεκτονική φανερώνει την κρυμμένη διάσταση της ενέργειας και τις πολιτικές της εξαρτήσεις. Οι αρχιτέκτονες συνειδητοποιούν σήμερα, όλο και περισσότερο, ότι δεν είναι

πολιτικά αδιάφορη η αναζήτηση ενέργειας, για τη λειτουργία των κτιρίων και των πόλεων, στο πετρέλαιο ή στον ηλεκτρισμό ή στην πυρηνική ενέργεια. Χρησιμοποιώντας τη μια ή την άλλη μορφή ενέργειας, άμεσα ή έμμεσα, καθίστανται συνυπεύθυνοι ενός οικονομικού κυκλώματος και μιας πολιτικής σκοπιμοτήτων, πράγμα που θεωρούνταν μέχρι τώρα επουσιώδες ή δεν γινόταν καν αντιληπτό.

Σήμερα, φαίνεται ότι οι αρχιτέκτονες αρνούνται αυτή τη στάση υποταγής των προκατόχων τους. Αναζητούν σε διεθνή κλίμακα νέους τρόπους κατασκευής, με εναλλακτικές "ήπιες μορφές ενέργειας", και φυσικά με την πρωταρχική πηγή ενέργειας, τον "ήλιο".

### **1.1. Πόλη, Φυσικό περιβάλλον, Ενέργεια**

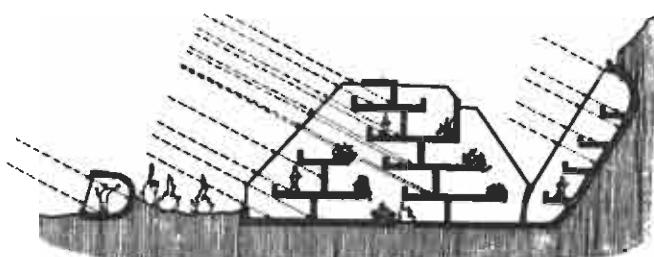
Η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στα συστήματα ενέργειας και τα πολεοδομικά συστήματα φαίνεται ότι είναι πολύ ισχυρή. Ο παράγοντας ενέργεια επηρεάζει όχι μόνο την αρχιτεκτονική του κτιρίου, αλλά και την πολεοδομική οργάνωση, γενικότερα.

Οι κριτικές για τη δομή των πόλεων πολλαπλασιάζονται. Χωρίς να παραβλέπεται ή να μηδενίζεται η σημαντική συμβολή της πόλης στον "πολιτισμό" μας, ωστόσο πρέπει ν' αναγνωριστεί ότι η συντηγορία για τη δομή της περνά σήμερα μέσα από μια αμφισβήτηση, για την τρόπο, που γίνεται ο σχεδιασμός της, η κατασκευή της, ο βαθμός ευθύνης για τη διαχείριση των πηγών, του χώρου, της ενέργειας, του χρόνου.

Το κίνημα της μοντέρνας αρχιτεκτονικής, κληρονομιά κυρίως των υγιεινολόγων, του τελευταίου αιώνα, είχε ιδιαίτερα επιμείνει στην αναδιοργάνωση της δομής της πόλης, έτσι ώστε να διασφαλίζονται, παρά τις πυκνότητες, οι καλύτερες συνθήκες υγιεινής, που είναι άρρηκτα δεμένες με την ποσότητα του ηλιασμού που δέχονται τα κτίρια.

Μια πολεοδομική οργάνωση κλιμακωτή κατά το ύφος, με τα δώματα του ενός ορόφου να χρησιμοποιούνται για αυλή του επόμενου, αποβλέπει στην εξασφάλιση επικοινωνίας με τη φύση και στον ηλιασμό των εσωτερικών χώρων (σχ.1).

Η Χάρτα των Αθηνών διατυπώνει: "τρία είναι τα συστατικά της πολεοδομίας: ο ήλιος, η βλάστηση, ο χώρος". Στο όνομα αυτής της αρχής καταδικάζει την παραδοσιακή, γραμμική ρυμοτομία, την κατοικία τοποθετημένη εν σειρά και στις δυο πλευρές του δρόμου, γιατί δεν διασφαλίζεται ο ηλιασμός παρά μόνο του ενός τμήματος των κατοικιών.



Σχ. 1. Κλιμακωτή διάταξη κατοικιών, ηλιασμός και επικοινωνία με τη φύση.

Η μοντέρνα αρχιτεκτονική, στον αγώνα της κατά του εκλεκτικισμού του 19<sup>ου</sup> αιώνα, αντικατέστησε την παλιά ρητορική της εξεζητημένης διακόσμησης και της σπατάλης της ανθρώπινης ενέργειας, με μια άλλη ρητορική, της αυστηρότητας, της απλότητας και της σπατάλης των φυσικών πηγών ενέργειας που δεν είναι λιγότερο επιζήμια.

Η υποταγή του ανθρώπου σε σκοπιμότητες, που έρχονται σε αντίθεση με τις πραγματικές του ανάγκες, όπως οι μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στην κατοικία και στον τόπο εργασίας, η σπανιότητα των κοινωνικών εξυπηρετήσεων, η μόλυνση της ατμόσφαιρας, η ψυχολογική απομάκρυνση από τη φύση, αποτελούν χαρακτηριστικά, που αντικατοπτρίζονται στον οικιστικό χώρο σαν αποτέλεσμα της άμετρης ανάπτυξης.

Εάν υποθέσουμε ότι η κερδοσκοπία παραμένει ένας από τους βασικούς παράγοντες για την έλλειψη ισορροπίας ανάμεσα στο χτισμένο / τεχνητό περιβάλλον και στο φυσικό, άλλο τόσο παραμένει γεγονός ότι, μηδενίσαμε τη συλλογική μνήμη των κατοίκων και τη γνώση τους για τον χώρο και την πόλη. Σίγουρα δεν πρόκειται να επιστρέψουμε στο παρελθόν και να το μιμηθούμε, όμως δεν μπορούμε να περιφρονούμε τη σημασία των κληρονομημένων μαρτυριών, για το παρόν μας, ούτε τον καθοριστικό τους χαρακτήρα για την ισορροπία του περιβάλλοντος.

Ο άνθρωπος ζει σ' ένα περιβάλλον, που δεν είναι μόνο το φυσικό, είναι το σύνολο του φυσικού και του χτισμένου περιβάλλοντος. Εάν δεχτούμε ότι, παράλληλα με την οικολογία των φυσικών ισορροπιών υπάρχει και η οικολογία των τεχνητών ισορροπιών, το ίδιο αυστηρή, θα μπορούσαμε να προσανατολιστούμε σε μια λύση όχι τμηματική, αλλά συνολική για το περιβάλλον μας, για μια ποιοτική διέξοδο από τη σημερινή κρίση.

## 1.2. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική

Η δομή της πόλης αποτελεί μια σύνθεση συνυφασμένη από πολλούς παράγοντες. Η οργάνωση της αντανακλά πολιτικές και κοινωνικές τάσεις και επιλογές, καθώς και

υλικοτεχνικές ανάγκες. Απ' όλους αυτούς τους παράγοντες, που αναδύονται σε μια σύνθετη εικόνα, φαίνεται δύσκολο ν' απομονωθούν ορισμένοι και ν' αναλυθεί η επίδραση τους, όπως για "παράδειγμα: οι παράγοντες "ενέργεια και κλίμα".

Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι, η οργάνωση του ιστού της πόλης και η χωροθέτηση των κτιρίων μεταβάλλονται ανάλογα με τις "φιλικές" ή "εχθρικές" κλιματικές συνθήκες.

Στα εύκρατα κλίματα οι οικισμοί είναι ανοιχτοί. Η δομή της πόλης αξιοποιώντας τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες, επιτρέπει μια διάταξη πιο ελεύθερη (σχ. 2). Σε θερμές-ξηρές περιοχές, οι δύκοι των κτιρίων και οι κήποι χρησιμοποιούνται για το σκιασμό των δρόμων ή των ανοιχτών χώρων ζωής. Οι μονάδες της κατοικίας τοποθετούνται γύρω από κλειστές αυλές, που αποτελούν πηγάδια δροσιάς και ομαδοποιούνται σε σύνολα, έτσι ώστε με τον όγκο τους να εξασφαλίζουν την άμυνα απέναντι στις κλιματικές επιδράσεις. Η πολεοδομική οργάνωση αντιμετωπίζει τη ζέστη με την πυκνή δόμηση.

Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι εκεί όπου το φυσικό περιβάλλον είναι φιλικό, η μορφή της κατοικίας επικοινωνεί, με τον περίγυρο της, ενώ όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι εχθρικές, η μορφή κλείνει τις ευαίσθητες και επιβαρημένες επιφάνειες, για να διατηρήσει τη θερμική της ισορροπία.

Μια τέτοια στάση θέτει σε αμφισβήτηση τα διεθνή πρότυπα κατασκευής, που εφαρμόζονται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, με τα ίδια υλικά και μεθόδους, αν και υπόκεινται σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες και διαφορετικά πρότυπα παραδοσιακής, τοπικής αρχιτεκτονικής.

Μέσα σ' αυτά τα πλαίσια, των "συσσωρευμένων κρίσεων", της αρχιτεκτονικής, της οικολογίας, του ενεργειακού, αναπτύχθηκε μια έρευνα, αρχικά προσανατολισμένη προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Αργότερα, στην προσπάθεια να εναρμονιστεί το κτίσμα με το φυσικό περιβάλλον, οδηγήθηκε στη συνολική αξιοποίηση των θετικών κλιματικών παραμέτρων. Σαν αποτέλεσμα προέκυψε η λεγόμενη "βιοκλιματική αρχιτεκτονική".

Η προβληματική της συνίσταται, στο ν' αντιμετωπίζει το κτίριο συνολικά, από το στάδιο της αρχικής του σύλληψης, ως τόπο ανταλλαγής ενέργειας, ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον, φυσικό / κλιματικό, και την πρωταρχική πηγή ενέργειας, τον ήλιο.

Μέχρι σήμερα, από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε διεθνώς και τις εφαρμογές, που έγιναν για την αξιοποίηση και εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων, δυο τάσεις αποδείχνονται εφικτές με προσέγγιση ριζικά διαφορετική:

a. Η πρώτη τάση χρησιμοποιεί την έρευνα της "ηλιοτεχνικής", με συστήματα ενεργητικά και

πρόσθετο μηχανολογικό εξοπλισμό. Η προβληματική της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου από την καθαρά τεχνολογική σκοπιά ακρωτηριάζει την αρχιτεκτονική σύλληψη, γιατί θεωρήθηκε ότι ανήκει αποκλειστικά στον τεχνολογικό τομέα, εγκαταλείφθηκε από τους αρχιτέκτονες στους ειδικούς "θερμικούς" του κτιρίου, που δεν μπορούν να επέμβουν στην αρχιτεκτονική σύλληψη.

Τ' αποτελέσματα, που προέκυψαν από τις ηλιακές εφαρμογές, κρίθηκαν αισθητικά όχι ικανοποιητικά, υπερβολικά φορμαλιστικά, λόγω των απαιτήσεων σε μεγάλες επιφάνειες συλλογής ηλιακής ενέργειας, τους "συλλέκτες". Οι εφαρμογές της ηλιοτεχνικής οδήγησαν στη μετριότητα, όσον αφορά την ποιότητα της αρχιτεκτονικής, αλλά και στο θερμικό επίπεδο, μια και η απόδοση αυτών των πολύπλοκων εγκαταστάσεων δεν καλύπτει παρά το 25-30% των αναγκών σε ενέργεια.

Από οικονομική άποψη, η εφαρμογή των ενεργητικών συστημάτων εμπειρέχει πολλούς κινδύνους, γιατί απαιτείται προηγμένη τεχνολογία, με μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης – ιδιαίτερα επιβαρημένης για τη χώρα μας, προς το παρόν- καθώς και μεγάλο κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, με αμφισβητούμενη διάρκεια ζωής.

Η ενέργειακή κρίση σήμανε τέλος στις απλουστευμένες λύσεις, όπου ο αρχιτέκτονας σχεδιάζει και ο θερμικός υπολογίζει, αντιμετωπίζοντας τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου με λύσεις ενισχυμένης θερμομόνωσης.

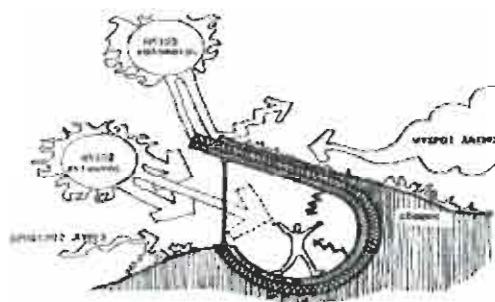
Κατά συνέπεια, η καθαρά τεχνολογική αντιμετώπιση του προβλήματος "ενέργεια και αρχιτεκτονική", ως προϊόν παράθεσης τεχνολογικών μεθόδων και επινοήσεων οδηγεί σε μια νόθα αρχιτεκτονική, με αρκετά προβλήματα αισθητικής και αμφισβητούμενης οικονομικής απόδοσης.

β. Η δεύτερη τάση, αποδεσμευμένη σε μεγάλο βαθμό από τα σύγχρονα επιτεύγματα της κατασκευαστικής τεχνολογίας για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, αντιμετωπίζει το ζήτημα της ενέργειας στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού και της σύλληψης, του κτιρίου. Γιατί δεν πρόκειται μόνο για την αισθητική ή για ψευτοπρόβλημα ενσωμάτωσης των συλλεκτών, αλλά για μια ριζικά διαφορετική στάση, θεωρεί την κατασκευή ένα ζωντανό, δυναμικό κέλυφος, που προσλαμβάνει και αξιοποιεί τους θετικούς κλιματικούς παράγοντες - ηλιακή ακτινοβολία για τον χειμώνα, θαλάσσιες αύρες για το καλοκαίρι- ενώ αποφεύγει τις επιζήμιες κλιματικές επιδράσεις -ψυχροί άνεμοι για τον χειμώνα, ηλιακή ακτινοβολία για το καλοκαίρι.

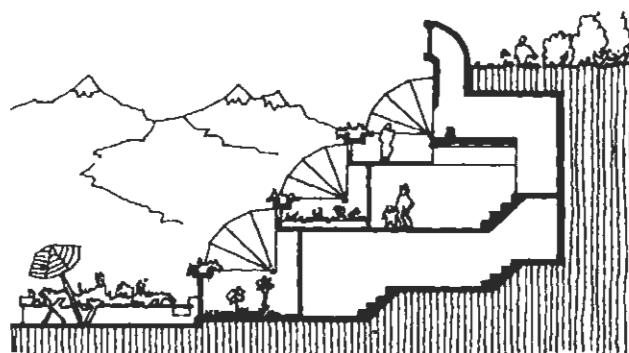
Η έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αποτελεί ένα είδος σύνθεσης δεδομένων, που είναι: το αρχιτεκτονικό πρόγραμμα, οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, η τοποθεσία, η

έννοια της θερμικής άνεσης, τα ντόπια υλικά και ο πολιτισμικό-κοινωνικός περίγυρος. Κατά συνέπεια, το να χτίζουμε αρμονικά με τον ήλιο ή πληρέστερα αρμονικά με το κλίμα, τη ντόπια τεχνολογία και τα παραδοσιακά χαρακτηριστικά του τόπου, έχει ως αποτέλεσμα μια αρχιτεκτονική τοπική, στενά δεμένη με τα οικονομικά, κοινωνικά, πολιτιστικά, κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής.

Ο J., Eberhard συμπεραίνει ότι: "η πρόκληση, που ενδύθηκε μέσα από την ενεργειακή κρίση, οδηγεί τους αρχιτέκτονες σε μια νέα στάση και αντίληψη για το χτισμένο περιβάλλον και την προσαρμογή του στη φύση· διεγείρει το ενδιαφέρον, για τον σχεδιασμό των κτιρίων με νέους δημιουργικούς όρους, σε μια παγκόσμια προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, με την χρησιμοποίηση ήπιων μορφών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χωρίς επιβαρύνσεις στο περιβάλλον".



**Σχ. 4.** Βιοκλιματικό κέλυφος, που αξιοποιεί τα ευνοϊκά κλιματικά δεδομένα.



**Σχ. 5.** Μια μορφή βιοκλιματικού κελύφους σε απόκριμνη τοποθεσία.

## 2. Η ΙΔΕΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η αντίθεση ανάμεσα στους υποστηρικτές της ηλιοτεχνικής ή των ενεργητικών συστημάτων και του βιοκλιματισμού ή των παθητικών συστημάτων αποκαλύπτει τον παλιό ανταγωνισμό, ανάμεσα στον πολιτισμό των μηχανών και στα ρεύματα υποστήριξης της οικολογίας και της φύσης.

Οι αντιθέσεις των σχολών, κρύβουν βαθύτερους ανταγωνισμούς στους τελικούς στόχους. Εξοικονόμηση ενέργειας και μόνο ή εξοικονόμηση ενέργειας, δηλαδή αποδέσμευση από το πετρελαϊκό καρτέλ, με ταυτόχρονη προοπτική διεξόδου από την κρίση των οικοσυστημάτων, τεχνητών και φυσικών.

Δεν είναι τυχαίο ότι σήμερα η επιστροφή στην ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια έκκληση, που αποβλέπει τόσο στην ανακάλυψη του τρόπου ζωής με τον ήλιο, όσο και στην επαναπόκτηση των στοιχείων της φύσης. Η επαναφορά τους στο χτισμένο περιβάλλον αποτελούν βαθιές επιθυμίες του ανθρώπου.

Η σχέση ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση αντιμετωπίζεται, είτε ως κυριαρχία πάνω της, με τη δέσμευση των ζωντανών πηγών, είτε ως αποδεκτή προσαρμογή στους ρυθμούς και στις αντιθέσεις της.

Η βιοκλιματική ιδεολογία του κατοικημένου χώρου θεωρεί τη μεταβολή του κλίματος ως πλεονέκτημα για τον άνθρωπο, ενώ η υπερβολική ρύθμιση δημιουργεί μια άνεση ισοπεδωτική και μονότονη.

Δεν πρόκειται βέβαια να θεοποιήσουμε τη φύση, αλλά πρέπει να πάρουμε υπόψη ότι, η ανθρώπινη δραστηριότητα βρίσκει στη φύση τα εξωτερικά της όρια αν τα αγνοήσουμε προκαλούνται αντίποινα, που παίρνουν, χωρίς χρονοτριβή, διάφορες διακριτικές μορφές: καινούργιες αρρώστιες, πτώση των φυσικών αποδόσεων και της οικονομικής αποδοτικότητας, πτώση της ποιότητας ζωής.

Η έκκληση για μια ζωή λιγότερο θορυβώδη, λιγότερο ταραγμένη, λιγότερο μολυσμένη, η αναφορά σε μια πόλη πιο πράσινη αποτελεί σήμερα μια πραγματική ανάγκη.

Μέσα στα πλαίσια αυτής της αντίληψης και ιδεολογίας, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, για να γενικευτεί, προϋποθέτει ορισμένες συνθήκες, όρους αναγκαίους: η οικιστική πυκνότητα, η επιθυμία της άνεσης με την αυτοματοποίηση, η στερεοτυπία της αρχιτεκτονικής έκφρασης, η επικράτηση των τεχνολογικών επινοήσεων, η πολιτική στον τομέα των κατασκευών, αποτελούν παράγοντες που δεν ενθαρρύνουν την ιδέα του βιοκλιματισμού, μια πρακτική

διαφορετική για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Ακόμη, η βιομηχανία δεν πριμοδοτεί τα φτηνά σε ενέργεια υλικά, ούτε βέβαια εκείνα που ελάχιστα βιομηχανοποιούνται. Η αρχιτεκτονική παραμένει εξαρτημένη από τη λογική του κέρδους, από τεχνικές και υλικά, που παράγει η δομική βιομηχανία, πράγμα που συχνά φέρνει σε αντίθεση το άμεσο εμπορικό κόστος / κέρδος με το μακροπρόθεσμο οικολογικό κόστος / όφελος.

Η έρευνα για μια καλύτερη διαχείριση της ενέργειας, σε μια προοπτική σταθεροποίησης της κατανάλωσης και πιο δίκαιης διανομής, ανάμεσα σε αναπτυγμένες και υπανάπτυκτες χώρες, περνά μέσα από το ξεπέρασμα αυτών των εμποδίων.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική υπάρχει έχει προσδιορίσει τις αρχές της και θέτει, κατά κάποιο τρόπο, τις πρώτες γνώσεις μιας πολεοδομίας, θεμελιωμένης σ' ένα άλλο μοντέλο σχέσεων με το οικοσύστημα. Πέρα από το όνειρο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ορισμένες ευκαιρίες να γενικευτεί. Ακόμη και οι συζητήσεις δεν είναι ευκαιριακές γύρω από ένα θέμα περιθωριακό.

Εργαλεία υπολογισμού, μοντέλα χώρο-ενεργειακά, συμβολικές παραστάσεις αναπτύσσονται όλο και περισσότερο.

Προϋπόθεση ικανή και αναγκαία αποτελεί η κοινωνική αποδοχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και η ενεργός συμμετοχή των κατοίκων στη διαμόρφωση του χτισμένου περιβάλλοντος, μέσα από μια διαδικασία πληροφόρησης και συνειδητοποίησης του σύνθετου προβλήματος "εξοικονόμηση ενέργειας", σε μια προοπτική συνετής διαχείρισης των φυσικών πηγών και ισορροπίας με τα οικοσυστήματα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι: ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

- 1.1 Το κτίριο ως «φυσικός ηλιακός συλλέκτης»**
- 1.1.1 Η κατάλληλη χωροθέτηση του κτιρίου**
- 1.1.2 Το σχήμα του κτιρίου**
- 1.1.3 Ο προσανατολισμός του κτιρίου**
- 1.1.4 Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων**
- 1.1.5 Η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου**
- 1.1.6 Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου**
- 1.2 Το κτίριο ως «αποθήκη θερμότητας»**
- 1.2.1 Περιοδική ροή θερμότητας**
- 1.3 Το κτίριο ως «παγίδα θερμότητας»**
- 1.4 Το κτίριο ως «φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ψύξης»**
- 1.4.1 Ο σκιασμός του κτιρίου και η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων**
- 1.4.2 Η θερμική αδράνεια της κατασκευής**
- 1.4.3 Ο φυσικός αερισμός του κτιρίου**
- 1.5 Κέλυφος και φυσικός φωτισμός**
- 1.5.1 Εισαγωγή**
- 1.5.2 Χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού**
- 1.5.3 Ο φυσικός φωτισμός ως στοιχείο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού**
- 1.5.4 Ο φυσικός φωτισμός ως μέσο για την εξοικονόμηση ενέργειας**
- 1.5.5 Ο ρόλος του κελύφους στη δημιουργία οπτικής άνεσης και στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού**
- 1.5.6 Διατάξεις φυσικού φωτισμού**
- 1.5.7 Μέθοδοι σχεδιασμού και υπολογισμού του φυσικού φωτισμού**

## 1. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού ολοκληρώνεται με την έννοια του "οικοσχεδιασμού", που σημαίνει την ανάπτυξη μιας αρχιτεκτονικής προσαρμοσμένης στο περιβάλλον, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, με οικολογική σύνεση και προβλεπτικότητα, απαγορεύοντας την απαράδεκτη σπατάλη των πηγών και αγρυπνώντας για την ικανοποίηση των πραγματικών αναγκών όλων των μελών της κοινωνίας.

Η αντιμετώπιση αυτή, από τη σκοπιά των νόμων της "οικολογικής" αρχιτεκτονικής, κατά την άποψη των F. Nicolas και M. Vaye σημαίνει:

- η αρχιτεκτονική σύλληψη να βασίζεται στα κλιματικά δεδομένα, και στην αντίληψη ότι, πηγή όλων των βιοκλιματικών φαινομένων είναι ο ήλιος, η μόνη αστείρευτη πηγή ενέργειας.
- η αποσαφήνιση του περιορισμένου χαρακτήρα όλων των άλλων πηγών, χώρου - υλικών - ενέργειας.
- η θεώρηση ότι, ο σχεδιασμός και το αρχιτεκτονικό αντικείμενο αποτελούν παράγοντες, που πλουτίζουν το περιβάλλον και το δομούν, με την πλατιά έννοια βελτίωσης των συνθηκών κατοικησιμότητας.

Άμεσος στόχος της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι: να, προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικά εσώκλιμα, αξιοποιώντας τα ευνοϊκά στοιχεία του κλίματος, εκλεκτικά, με ρυθμίσεις στο κέλυφος της κατασκευής, έτσι ώστε να καταναλίσκεται η ελάχιστη, δυνατή απαιτούμενη, συμπληρωματική ενέργεια.

Για την εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής χρησιμοποιούνται μέθοδοι και συστήματα "παθητικά", που οι ένθερμοι υποστηρικτές τους περιγράφουν ως τεχνολογία χαμηλής επίδρασης, "ήπιας" ή "παθητικής".

Προκειμένου το κτίριο να λειτουργήσει βιοκλιματικά, θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω προϋποθέσεις-βασικές αρχές συνολικής ανταπόκρισης στις κλιματικές, συνθήκες:

Να λειτουργεί : 1. ως "φυσικός, ηλιακός συλλέκτης".

2. ως "αποθήκη θερμότητας".
3. ως "παγίδα θερμότητας".
4. ως "παγίδα φυσικού δροσισμού και αποθήκη ψύξης".

## 1.1 Το κτίριο ως «φυσικός ηλιακός συλλέκτης»

Οι συνολικές ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση μπορούν να ρυθμιστούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό, έτσι ώστε τα θερμικά κέρδη ν' αυξάνονται τον χειμώνα με τον ηλιασμό του. Προκειμένου να διασφαλίζεται η λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη, θα πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές αρχές – προϋποθέσεις, που έχουν σχέση:

- με την κατάλληλη χωροθέτησή του.
- με το σχήμα του.
- με τον προσανατολισμό του.
- με τον προσανατολισμό και το μέγεθος των ανοιγμάτων του.
- με τη λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών του χώρων.
- με το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του.

### 1.1.1 Η κατάλληλη χωροθέτησή του κτιρίου.

Ο επαρκής ηλιασμός του κτιρίου στη διάρκεια του χειμώνα, από τις ώρες 9.0 π.μ.-3.0 μ.μ., προσφέρει την αναγκαία ηλιακή, θερμική ενέργεια, για τη λειτουργία του ως συλλέκτη θερμότητας.

Εργαλεία για την σωστή τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο αποτελούν οι ηλιακοί ή ενεργειακοί χάρτες, καθώς και τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις τροχιές του ήλιου και προσδιορίζουν τη διάρκεια ηλιασμού και την ένταση της θερμικής του ακτινοβολίας. Με την χρήση του ηλιακού χάρτη καθορίζεται το ανάγλυφο του περιβάλλοντος, για τη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, ο σκιασμός του οικοπέδου, από δέντρα, λόφους, κτίρια, καθώς και ο ελεύθερος χώρος, όπου ο ηλιασμός είναι ανεμπόδιστος και μπορεί να τοποθετηθεί το κτίριο. Όταν επιλέγεται η ακριβής θέση του κτιρίου, συνήθως προς τη βορινή πλευρά του οικοπέδου, θα πρέπει να μορφοποιείται και ο εξωτερικός χώρος, ο γειτονικός στο κτίριο, γιατί οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους ανοιχτούς χώρους, όταν υπάρχει λιακάδα. Οι νότιες προσόψεις παρουσιάζουν αξιόλογο ενδιαφέρον, όχι μόνο για τη δυνατότητα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και για τους ανοιχτούς χώρους που δημιουργούνται μπροστά τους.

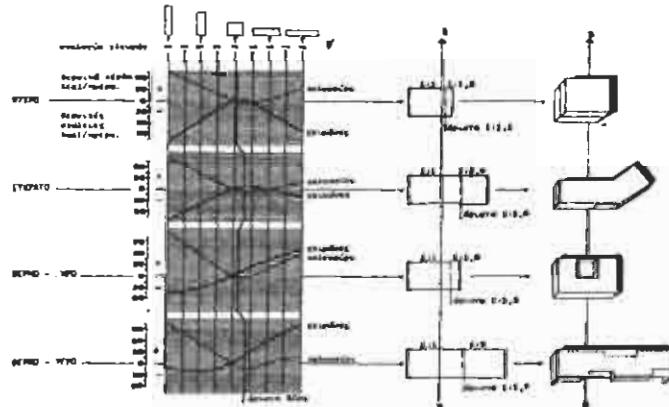
### 1.1.2. Το σχήμα του κτιρίου.

Το σχήμα του κτιρίου συναρτάται με τις ανάγκες του για θέρμανση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίσμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολής-δύστης, προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο, για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, το χειμώνα. Από έρευνες που έγιναν, για τον προσδιορισμό του άριστου σχήματος του κτιρίου, σε δοσμένο γεωγραφικό περιβάλλον και κλιματικές συνθήκες, προέκυψαν συνοπτικά τα εξής συμπεράσματα:

Το κτίριο-κύβος δεν είναι το βέλτιστο σχήμα, για οποιοδήποτε τόπο.

Όλα τα σχήματα κτιρίου, τα επιμήκη κατά τον άξονα βορρά-νότου, λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά σε σχέση με το τετράγωνο, χειμώνα-καλοκαίρι.

Η άριστη μορφή, για οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες είναι η επιμήκης, κατά τον άξονα ανατολής-δύστης, αλλά με διαφορετικές αναλογίες στις διαστάσεις της (σχ.1).



Σχ. 1. Προσδιορισμός του άριστου σχήματος κτιρίου, σε σχέση με τις θερμικές επιβαρύνσεις για διαφορετικές κλιματικές περιοχές\*.

\* Η έρευνα αναφέρεται, στις τέσσερις κλιματικές ζώνες των Η.Π.Α.

Οι παραδοχές που έγιναν για τον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου αφορούσαν:

- κτίριο χωρίς θερμική προστασία.
- 40% γυάλινες επιφάνειες ανοιγμάτων.
- Θερμικό ισοζύγιο για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου και 21<sup>η</sup> Ιουλίου, αντίστοιχα.

Στα διαγράμματα του σχήματος 2 απεικονίζεται η καμπύλη του θερμικού ισοζυγίου (θερμικά ηλιακά κέρδη - θερμικές απώλειες), παίρνοντας πάντα υπόψη τη συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας, για διαφορετικά σχήματα του κτιρίου, για τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

Το άριστο σχήμα του κτιρίου προκύπτει στη θέση, όπου οι δυο καμπύλες παρουσιάζουν τις λιγότερες θερμικές απώλειες, για τον χειμώνα και τα ελάχιστα θερμικά κέρδη, για το καλοκαίρι. Σαν αφετηρία υπολογισμού των θερμικών επιβαρύνσεων πάρθηκε το τετράγωνο σχήμα.

Στη δεξιά στήλη απεικονίζονται τα σχήματα του κτιρίου, που προκύπτουν ως τα καλύτερα, καθώς και οι αναλογίες του μικρού προς τον μεγάλο άξονα, με κατεύθυνση ανατολής-δύσης. Τα αριθμητικά αποτελέσματα του θερμικού ισοζυγίου των τεσσάρων κλιματικών περιοχών αναγράφονται στον πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1									
ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ σε Kcal.									
Αναλογίες σχήματος	MINNEAPOLIS		NEW YORK		PHOENIX		MIAMI		
	χειμώνας	καλοκαίρι	χειμώνας	καλοκαίρι	χειμώνας	καλοκαίρι	χειμώνας	καλοκαίρι	
5:1	-123.807	74.466	-75.827	74.667	- 3.881	123.379	40.345	91.829	
4:1	-114.811	68.670	-69.375	68.544	- 1.925	114.005	39.261	84.218	
3:1	-105.336	62.345	-62.471	61.891	655	104.101	38.531	75.877	
2:1	- 95.810	55.641	-55.717	54.759	4.208	93.794	38.833	67.007	
1.5:1	- 91.627	52.340	-52.164	51.257	6.753	88.981	40.043	62.546	
1:1	- 88.804	49.543	-48.963	47.955	10.710	85.201	43.293	58.212	
1:1.5	- 89.586	48.711	-47.628	46.544	15.095	84.794	48.207	56.246	
1:2	- 92.433	49.543	-48.056	46.746	18.471	86.889	52.794	56.296	
1:3	- 99.590	52.013	-50.299	48.711	24.116	92.711	61.337	58.338	
1:4	-107.226	55.591	-53.172	51.307	28.703	99.283	68.997	61.337	
1:5	-114.760	59.220	-56.171	54.054	32.709	105.764	75.927	64.512	

### 1.1.3 Ο προσανατολισμός του κτιρίου.

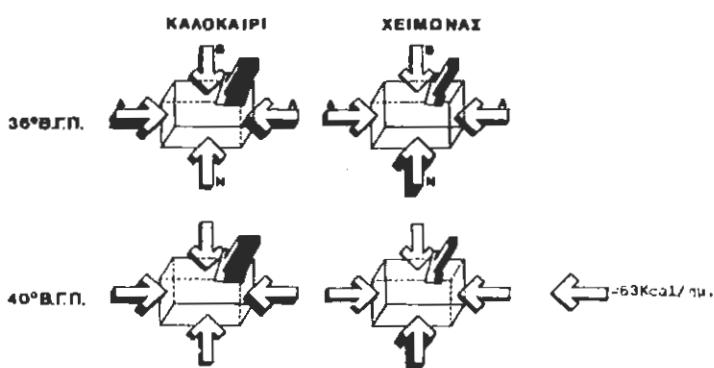
Το πρόβλημα του προσανατολισμού είναι σύνθετο, γιατί επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως:

- την τοπογραφία της περιοχής.
- το φυσικό τοπίο.
- τις απαιτήσεις ιδιωτικότητας.
- τη μείωση του θορύβου.

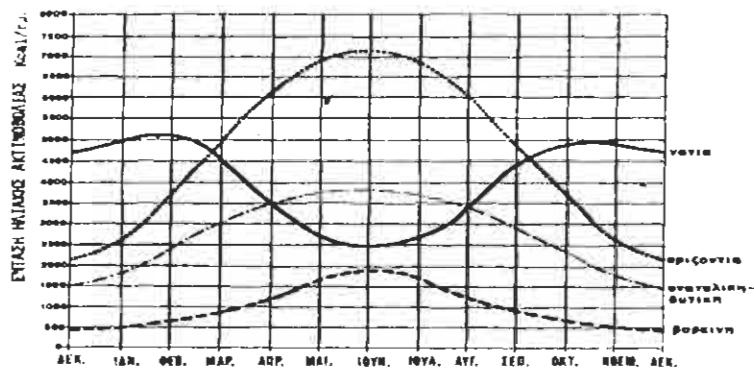
- τις κλιματικές παραμέτρους, άνεμο και ηλιακή ακτινοβολία.

Για την εύκρατη ζώνη, όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, ο καταλληλότερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια, σε σχέση με την ανατολή και τη δύση, για την περίοδο του χειμώνα. Ενώ μειώνεται σχεδόν στο μισό, για τη νότια προσανατολισμένη επιφάνεια, απ' ό,τι για την ανατολική και τη δυτική, για το καλοκαίρι (σχ.2,3).

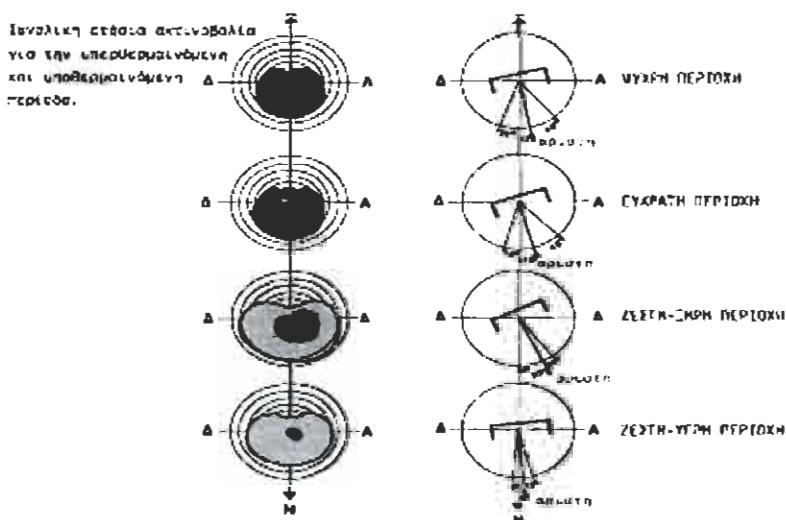
Ο V.Olgay συμπεραίνει ότι: "για  $40^{\circ}$  Β. Γ. Π., ο καλύτερος προσανατολισμός βρίσκεται  $17.5^{\circ}$  ανατολικότερα του νότου, εξασφαλίζοντας"<sup>1</sup> έτσι την μεγαλύτερη ποσότητα ηλιασμού τον χειμώνα και προστασία από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους. Ταυτόχρονα επωφελείται το κτίριο από τις δροσερές αύρες στη διάρκεια του καλοκαιριού, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του (σχ.4).



Σχ. 2. Θερμικά φαρτίνια για διαφορετικούς προσανατολισμούς, χειμώνα και καλοκαίρι, για  $40^{\circ}$  και  $36^{\circ}$  Β. Γ. Π., αντιστοιχία.



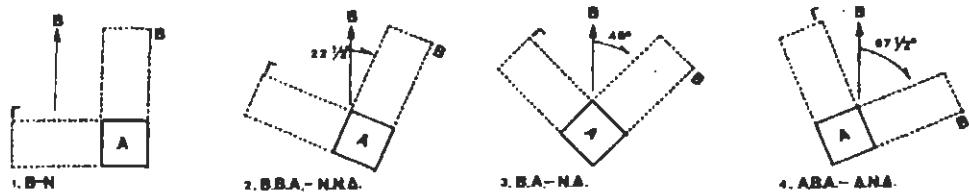
Σχ. 3. Η ένταση της θερμικής ηλιακής ακτινοβολίας για διαφορετικούς προσανατολισμούς σε συνθήκες ανέψολου ουρανού, για  $40^{\circ}$  Β.Γ.Π.



Σχ. 4. Προσδιορισμός του καλύτερου προσανατολισμού, με βάση την εποχή, συνολική ακτινοβολία, για τις 4 κλιματικές περιοχές των Η.Π.Α

Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, 400 και κάτω, οι νότιες επιφάνειες έχουν ακόμη μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος των χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρημένες το καλοκαίρι, με προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία δυο και τρεις φορές περισσότερη, σε σχέση με τη νότια επιφάνεια. Κτίρια, καλά θερμομονωμένα και με αποτελεσματική ηλιοπροστασία παρουσιάζουν ακόμη μεγαλύτερες διαφορές στις θερμικές επιβαρύνσεις. Ο B. Anderson στην έρευνά του για την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σε

διαφορετικά σχήματα κατόψεων και διαφορετικούς προσανατολισμούς διαπιστώνει τα εξής (σχ. 5), (πιν.2)



Σχ. 5. Κατόψεις διαφορετικών διμετάσεων, πλλά ίσου εμβαδού, σε διαφορετικούς προσανατολισμούς

ΠΙΝΑΚΑΣ II	Ηλιακά θερμικά κέρδη σε cal/cm <sup>2</sup> /ημέρα	Προσανατολισμός όψεων				
		1	2	3	4	Σύνολο
		A 32.0	137.7	441.7	137.7	749.1
		B 23.0	195.7	314.4	195.7	728.8
		Γ 45.5	97.8	628.7	97.8	869.8
		A 33.3	224.4	403.8	71.8	652.0
		B 23.6	319.8	287.3	101.9	732.5
		Γ 47.0	159.9	574.5	50.9	832.3
		A 34.4	318.0	318.0	34.4	704.8
		B 24.4	452.6	226.3	48.8	752.1
		Γ 48.8	226.3	452.6	24.4	752.1
		A 71.8	403.8	224.4	33.3	733.3
		B 50.9	574.5	159.9	47.0	832.3
		Γ 101.9	287.3	319.8	23.6	732.6

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι, το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος, για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου, σε 40° Β.Γ.Π., συμβαίνει όταν το κτίριο έχει τον μεγάλο άξονα του στη διεύθυνση ανατολής - δύσης και προσανατολισμό ± 25° ανατολικά ή δυτικά του νότου. Για προσανατολισμούς ανατολικότερους ή δυτικότερους το ηλιακό, θερμικό κέρδος μειώνεται. Επίσης, για να διασφαλίζεται ο ηλιασμός όλου του εσωτερικού χώρου από τ' ανοίγματα της νότιας πρόσοψης, θα πρέπει το βάθος του κτιρίου να μην είναι μεγαλύτερο από 2.5 φορές το ύψος του παράθυρου (με αφετηρία το δάπεδο). Ο εμπειρικός αυτός κανόνας εξασφαλίζει ταυτόχρονα και επαρκή φυσικό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο.

#### 1.1.4. Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιρίου αποτελούν βασικό παράγοντα για τη λειτουργία του ως φυσικού, ηλιακού συλλέκτη.

Το γυαλί είναι υλικό πολύ λίγο θερμομονωτικό. Για παράδειγμα, όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι  $20^{\circ}\text{C}$  και η εξωτερική  $0^{\circ}\text{C}$ , οι θερμικές απώλειες του γυαλιού, σε σύγκριση με μια τοιχοποιία καλά θερμομονωμένη, είναι:

116 Watts/cm<sup>2</sup> για μονό υαλοπίνακα,

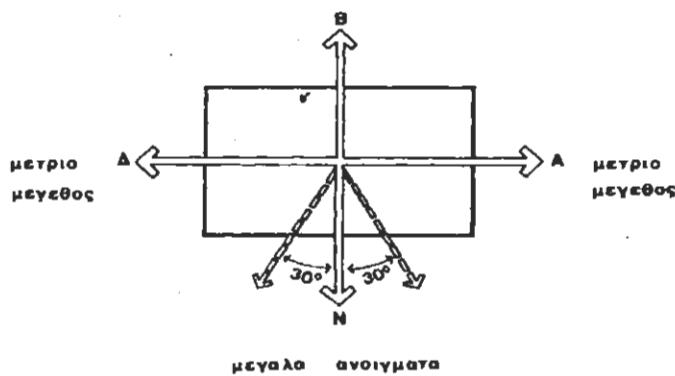
60 Watts/cm<sup>2</sup> για διπλό υαλοπίνακα, και μόνο

7 Watts/cm<sup>2</sup> για τοιχοποιία καλά θερμομονωμένη.

Ωστόσο, η γυάλινη επιφάνεια δεν αποτελεί μόνο πηγή θερμικών απωλειών, όπως για πολύ καιρό πιστεύονταν, αλλά και πηγή θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό.

Η πιο πρόσφατη άποψη είναι ότι, η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός, ηλιακός συλλέκτης, ο πιο αποδοτικός, αρκεί να προσανατολίζεται στο νότο, με ανοχή  $\pm 30^{\circ}$  ανατολικότερα ή δυτικότερα (σχ.6).

Από μια συγκριτική μελέτη για το θερμικό ισοζύγιο ενός νότια προσανατολισμένου παράθυρου, στην περιοχή του Παρισιού, προέκυψαν τ' αποτελέσματα του πίνακα 3. Παρατίθενται οι τιμές των θερμικών απωλειών, κατά μήνα, από 1 τ.μ. γυάλινο άνοιγμα, με μονό ή διπλό τζάμι χωρίς εξώφυλλα και διπλό τζάμι με εξώφυλλα. Επίσης αναγράφεται η μέση προσπίπτουσα, ηλιακή ακτινοβολία, κατά μήνα, καθώς και το ηλιακό κέρδος, που περνά μέσα στο κτίριο.



Σχ. 6. Το μέγεθος των ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό τους.

Προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο, με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μέτριων διαστάσεων ανατολικά και δυτικά και μικρά ανοίγματα στη βορινή πλευρά του κτιρίου, με διπλό τζάμι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενικά περί βιοκλιματικού σχεδιασμού

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ.

Συγχρητική μελέτη θερμικών απωλειών και Ηλιακού-θερμικού κέρδους, για άνοιγμα νότιο, ίτ. ρ.,  
περιοχή Παρτσιάδα.

Περίοδος χειμώνα	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΣ σε Καθ.			ΜΕΓΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ σε Καθ.			ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ σε Καθ.		
	απλό γυαλί χωρίς εξόφυλλα	διπλό γυαλί χωρίς εξόφυλλα	διπλό γυαλί με εξόφυλλα	προσπίπτοντα ακτινοβολία	εισερχόμενη ακτινοβολία	απλό γυαλί χωρίς εξόφυλλα	διπλό γυαλί χωρίς εξόφυλλα	διπλό γυαλί με εξόφυλλα	
Οκτώβριος	-31.2	-20.6	-16.3	+69.4	+45.1	+13.9	+24.5	+28.8	
Νοέμβριος	-46.4	-30.7	-24.2	+38.4	+24.9	-21.4	-5.74	+0.76	
Δεκέμβριος	-59.2	-39.0	-30.8	+24.8	+16.12	-43.08	-22.88	-14.68	
Ιανουάριος	-62.5	-41.3	-32.5	+28.5	+18.52	-43.98	-22.78	-13.98	
Φεβρουάριος	-55.3	-36.5	-28.8	+1.8	+27.17	-28.13	-9.33	-1.63	
Μάρτιος	-47.8	-30.2	-23.8	+69.5	+45.17	-2.63	+14.97	+21.37	
Απρίλιος	-32.8	-21.6	-17.0	+79.2	+51.4	+18.6	+29.8	+34.4	
Μάιος	-20.8	-13.8	-10.8	+91.8	+59.67	+38.87	+45.87	+48.87	
Σύνολο	-356.0	-233.7	-184.2	+443.4	+288.0	-67.89	+54.41	+103.91	

Παραδοχές: παράθυρο ξύλινο, καλής συναρμογής,

ναλοπίνακας διπλός σε απόσταση 6-7 mm., μεταξύ τους,

θερμοκρασία εσωτερική: 20<sup>0</sup> C,

θερμοκρασία εξωτερική: 0<sup>0</sup> C,

\*το θερμικό ισοζύγιο προέκυψε από επεξεργασία

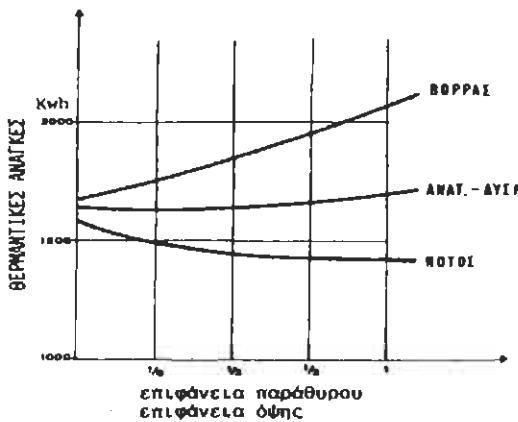
Τα αποτελέσματα του πίνακα για το θερμικό ισοζύγιο του νότιου γυάλινου ανοίγματος είναι σημαντικά:

α. στην περίπτωση του διπλού ναλοπίνακα, τα κέρδη από την ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες, και η συμβολή του θετική, κατά 23%, για την περίοδο του χειμώνα.

β. στην περίπτωση του διπλού ναλοπίνακα με εξώφυλλα, η θετική συμβολή του είναι ακόμη μεγαλύτερη, περίπου 56%, σε σχέση με τις θερμικές απώλειες.

Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι, προκειμένου να λειτουργήσει το άνοιγμα σαν ηλιακός συλλέκτης, δηλαδή να κερδίζει περισσότερη θερμική ενέργεια απ' όση χάνει, θα πρέπει να έχει τα καλύτερα θερμικά χαρακτηριστικά όπως, διπλό τζάμι, εξώφυλλα μονωτικά και καλή συναρμογή των κουφωμάτων.

Από μελέτη, που έγινε στο ερευνητικό κέντρο C. S. T. B., προέκυψε το διάγραμμα του σχήματος 7, όπου απεικονίζεται η συμβολή του νότια προσανατολισμένου παράθυρου στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση.



**Σχ. 7.** Μεταβολή των επήσιων θερμαντικών αναγκών σε σχέση με το μέγεθος και το προσανυπόλισμό του γωνιανού ανοίγματος.

### 1.1.5. Η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου.

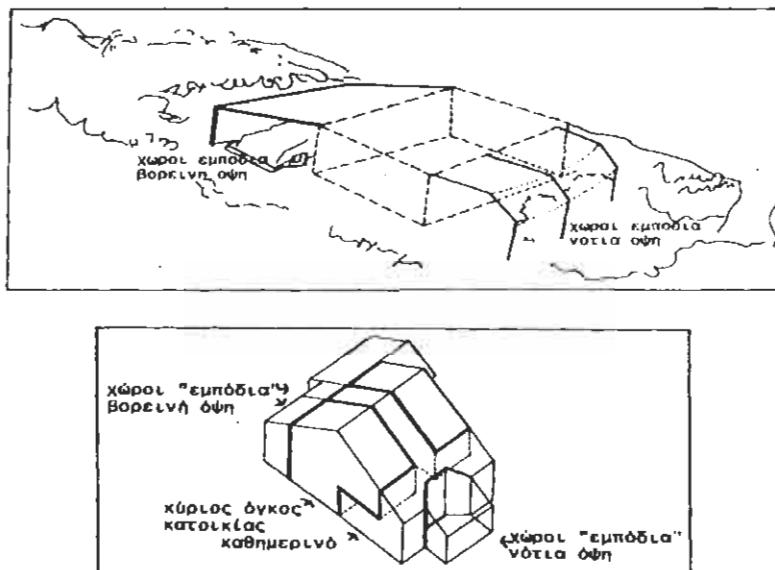
Η μορφή της διάρθρωσης των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου παραμένει θεμελιώδες χαρακτηριστικό, για την προσαρμογή του στις κλιματικές συνθήκες κάθε τόπου.

Η βορινή πλευρά του κτιρίου είναι η ψυχρότερη, η πιο σκοτεινή και η λιγότερο ευνοϊκή από τη σκοπιά του ηλιασμού. Η ανατολική και η δυτική πλευρά δέχονται ίσα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, μεγαλύτερα το καλοκαίρι και μικρότερα τον χειμώνα. Ωστόσο η δυτική πλευρά είναι πιο επιβαρημένη, γιατί στην ήδη υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τις μεταμεσημβρινές ώρες, προστίθεται και η ηλιακή θερμότητα. Η νότια πλευρά δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, τον χειμώνα, και τη μικρότερη το καλοκαίρι. Είναι η φωτεινότερη περιοχή και κατά συνέπεια η προσφορότερη για χώρους που χρησιμοποιούνται όλη την ημέρα.

Στη δυσμενέστερη πλευρά του κτιρίου τοποθετούνται χώροι με πρόσκαιρες δραστηριότητες, αποθήκες, κλιμακοστάσιο, γκαράζ, κ.λ.π., και αποτελούν χώρους "ανάσχεσης" των θερμικών απωλειών και προστασίας των κύριων χώρων ζωής της κατοικίας. Πρόκειται για χώρους "εμπόδια", με ρόλο "παθητικό", που μετριάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιώνουν τις συνθήκες του εσωκλίματος, στους κύριους χώρους ζωής (σχ.8).

Άλλο είδος χώρων ανάσχεσης, με ρόλο "ενεργητικό", αποτελούν τα θερμοκήπια, οι λότζιες, οι βεράντες, που τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου και συμβάλλουν θετικά στο θερμικό ισοζύγιο, με τη δέσμευση της ηλιακής, θερμικής ενέργειας.

Οι χώροι ανάσχεσης "παθητικοί" ή "ενεργητικοί" μπορούν να προσαρτηθούν τόσο σε μονοκατοικίες, όσο και σε πολυκατοικίες, τόσο σε νέα, όσο και σε υφιστάμενα κτίρια (εικ.12).

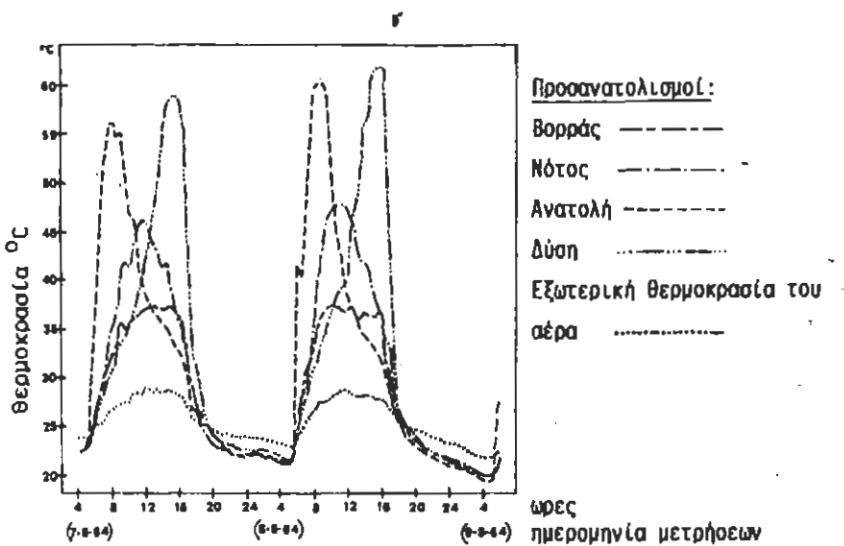


Σχ. 8. Χώροι ανάσχεσης "ενεργητικοί" και "παθητικοί", προσαρτημένοι σε κατοικία.

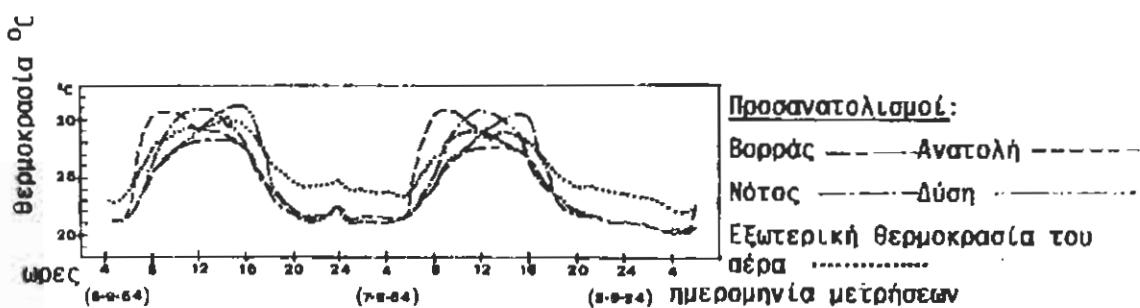
### 1.1.6. Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου.

Το χρώμα των εξωτερικών συμπαγών, δομικών στοιχείων, επηρεάζει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας, που μπαίνει μέσα στο κτίριο, μια και τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη ηλιακή θερμότητα απ' ό,τι τα' ανοιχτά χρώματα.

Ο B. Gionvi, σε μελέτη του, για την επίδραση του χρώματος σε σχέση με τον προσανατολισμό της συμπαγούς επιφάνειας διαπίστωσε ότι: "για επιφάνεια βαμμένη γκρίζα, η διαφορά θερμοκρασίας στους διάφορους προσανατολισμούς φτάνει μέχρι  $23^{\circ}\text{C}$  (σχ.9), ενώ στην περίπτωση της ασπροβαμμένης τοιχοποιίας οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας δεν ξεπερνούν τους  $3^{\circ}\text{C}$  (σχ.10). Το χρώμα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα, όταν χρησιμοποιείται ελάχιστη ή καθόλου θερμική μόνωση, η επίδρασή του μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμομόνωση.



Σχ. 9. Μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας για επιφάνεια βαμμένη γκρίζα, στους διάφορους προσανατολισμούς.



Σχ. 10. Μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας για επιφάνεια βαμμένη λευκή, στους διάφορους προσανατολισμούς.

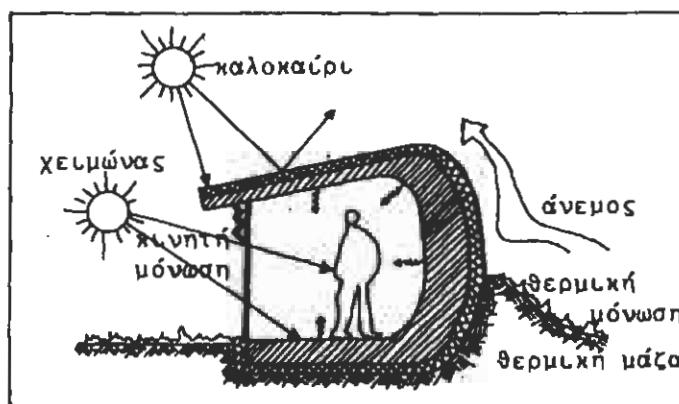
Για κλίματα ζεστά, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, που αντιμετωπίζουν την έντονη ηλιακή ακτινοβολία, πρέπει να βάφονται σε χρώματα ανοιχτά. Ενώ για ψυχρά κλίματα, ενδείκνυνται οι βαμμένες σε σκούρο χρώμα επιφάνειες, γιατί έτσι απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής, θερμικής ακτινοβολίας.

## 1.2. Το κτίριο ως «αποθήκη θερμότητας»

Ένας ζωτικός παράγοντας για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου είναι η αποθήκευση της θερμότητας, που προέρχεται από την δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια. Όταν το κτίριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν προηγούμενα, χρειάζεται ένα τρόπο για να συγκρατήσει αυτή τη θερμότητα, να την αποθηκεύσει, για να την επαναποδώσει στη διάρκεια της νύχτας.

Ο πιο αποτελεσματικός "αποθηκευτής" θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή οι τοιχοποιίες, τα δάπεδα, οι οροφές, τα εσωτερικά χωρίσματα (σχ.11).

Όλα τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, καθώς θερμαίνονται, το καθένα δύναται σε διαφορετικό βαθμό και ποσότητα, ανάλογα με την πυκνότητα (ρ) της μάζας του και την ειδική θερμότητα (c). Τα βαριά υλικά έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και κατά συνέπεια μεγαλύτερη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.



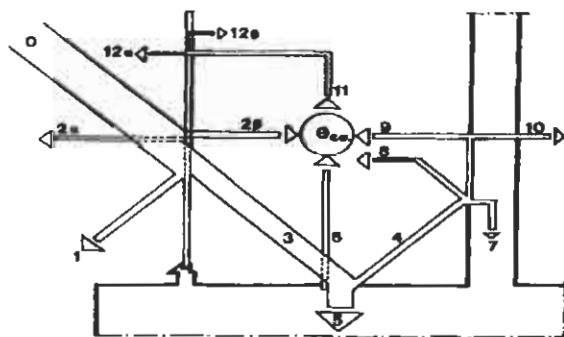
Σχ. 11. Διαγραμματική τομή βιοκλιματικού κελύφους.

Η ηλιακή ενέργεια, την ημέρα, περνά μέσα από τ' ανοίγματα (κυρίως) στον εσωτερικό χώρο, διόπου παγιδεύεται, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια -φαινόμενο θερμοκηπίου- και απορροφάται από τα υλικά της κατασκευής και τα αντικείμενα του χώρου, μέχρις ότου η ικανότητα τους για θερμική αποθήκευση κορεστεί. Η διαδικασία αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνηση του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (0) σ' ένα γυάλινο άνοιγμα ακολουθεί την εξής πορεία (σχ.12):

1. ένα τμήμα της ακτινοβολίας ανακλάται.
2. ένα τμήμα απορροφάται από το γυαλί και αποδίδεται προς τα έξω (2α) και προς τα μέσα (2β).
3. η ηλιακή ενέργεια, που μπαίνει μέσα, μετατρέπεται σε θερμότητα.
4. ένα τμήμα της θερμικής ενέργειας ανακλάται από το δάπεδο.
5. η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται και αποθηκεύεται στο δάπεδο.
- 6.η αποθηκευμένη θερμότητα εναποδίδεται σταδιακά στο χώρο.

- 7.η θερμότητα, που ανακλάται από το δάπεδο, κατά ένα τμήμα της απορροφάται και αποθηκεύεται στον τοίχο.
8. ένα άλλο τμήμα της ανακλάται από τον τοίχο προς το χώρο.
9. μια ποσότητα της θερμότητας, που απορροφήθηκε από τον τοίχο, μεταφέρεται στο χώρο, ενώ,
10. μια άλλη ποσότητα μεταβιβάζεται προς άλλη κατεύθυνση, με χαμηλότερη θερμοκρασία.
11. αποτελεί το ποσό της θερμότητας, που συγκεντρώνεται στον εσωτερικό χώρο, ενώ,
12. ένα τμήμα της (12α) χάνεται μέσα από τον υαλοπίνακα, με τη μορφή θερμικών απωλειών, και μια ποσότητα (12β) παραμένει μέσα στο χώρο. Αυτή αποτελεί και το "χρήσιμο" ηλιακό κέρδος, που μετατρέπεται σε θερμότητα.



Σχ. 12. Ανάλυση της πορείας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σ' ένα γκάλινο άνοιγμα, διανομή και αποθήκευση στον εσωτερικό χώρο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα θερμικής αποθήκευσης των υλικών της κατασκευής, τόσο η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον παραμένει σε άνετα θερμικά επίπεδα, για πολλές ώρες, ακόμη και για ημέρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση από άλλες πηγές ενέργειας ή να προκαλείται υπερθέρμανση και δυσφορία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά, για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα κτίριο ως αποθήκη ηλιακής θερμότητας, είναι:

- η αυξημένη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών της κατασκευής,
- η σωστή, ποσοτικά, διανομή των υλικών αυτών, στο σύνολο της κατασκευής.
- οι βαθμοημέρες της περιοχής.

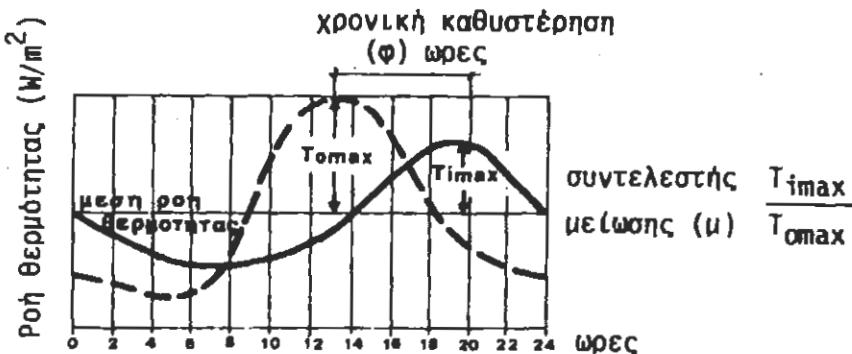
### 1.2.1. Περιοδική ροή θερμότητας.

Η διαδικασία αποθήκευσης και επαναπόδοσης της θερμότητας οφείλεται σε θερμοδυναμικά φαινόμενα, δηλαδή τη ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο περιβάλλον.

Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας εκφράζεται από την συνημιτονοειδή καμπύλη (σχ.13), που επαναλαμβάνεται κάθε 24 ώρες (περίοδος).

Η διακύμανση αυτή προκαλεί ροή θερμότητας από το περιβάλλον προς το κτίριο, στη διάρκεια της ημέρας, ενώ η κατεύθυνση της ροής αντιστρέφεται από το κτίριο προς το περιβάλλον, στη διάρκεια της νύχτας.

Ο επαναλαμβανόμενος αυτός κύκλος, με διαφορετική ένταση στη διάρκεια των εποχών του έτους, χαρακτηρίζεται ως "περιοδική ροή θερμότητας" (σχ.13).



**Σχ. 13. Περιοδική μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας του σέρα και της εσωτερικής, επιφανειακής, κάθε 24 ώρες.**

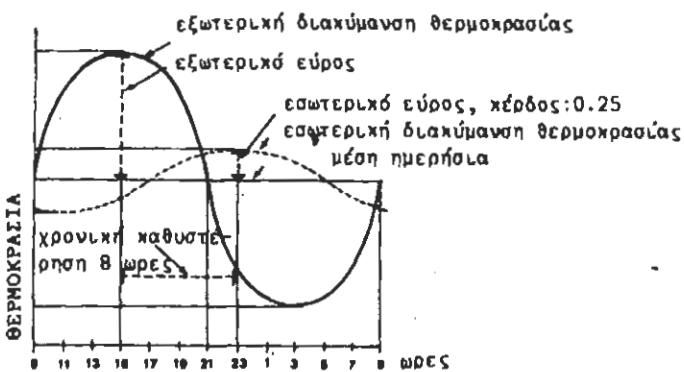
Χαρακτηριστικές παράμετροι της περιοδικής ροής θερμότητας στο κτίριο είναι: η "χρονική καθυστέρηση" ή "διαφορά φάσης" (time lag) και ο συντελεστής μείωσης" της θερμοκρασίας (decrement factor).

Η χρονική καθυστέρηση ( $\phi$ ) προσδιορίζει τη χρονική διάρκεια, που μεσολαβεί, από τη στιγμή της μέγιστης αιχμής της εξωτερικής θερμοκρασίας, μέχρι τη μέγιστη αιχμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας και εκφράζεται σε ώρες. Εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών της κατασκευής και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου, γιατί όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας των υλικών, τόσο αργότερα προχωρεί το εξωτερικό θερμικό φορτίο προς την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου, αποθηκεύοντας μεγάλα ποσά θερμότητας στη μάζα του υλικού.

Ο συντελεστής μείωσης ( $\mu$ ) ορίζεται ως η διαφορά διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με την αντίστοιχη εξωτερική και εκφράζεται με το λόγο του μέγιστου εύρους της εσωτερικής θερμοκρασίας (Timax) προς το αντίστοιχο της εξωτερικής (Tomax), (σχ.13).

$\mu = \text{Timax} / \text{Tomax}$  ο λόγος αυτός μεγαλώνει δύσο η θερμική μόνωση του κελύφους αυξάνεται. Η χρονική καθυστέρηση και ο συντελεστής μείωσης αποτελούν βασικούς παράγοντες για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών και τον συνδυασμό τους σε δομικά στοιχεία της κατασκευής γιατί ρυθμίζουν την ποσότητα της θερμικής αποθήκευσης και κατά συνέπεια του θερμικού κέρδους μέσα από τα συμπαγή στοιχεία, καθώς και το επίπεδο της θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο.

Η χρονική καθυστέρηση και ο συντελεστής μείωσης μπορούν να υπολογιστούν για μια συγκεκριμένη κατασκευή. Η μέθοδος Camia χρησιμοποιείται με την προϋπόθεση ότι το συμπαγές δομικό στοιχείο -τοιχοποιία- είναι ομοιογενές (από το ίδιο υλικό), (σχ.14).

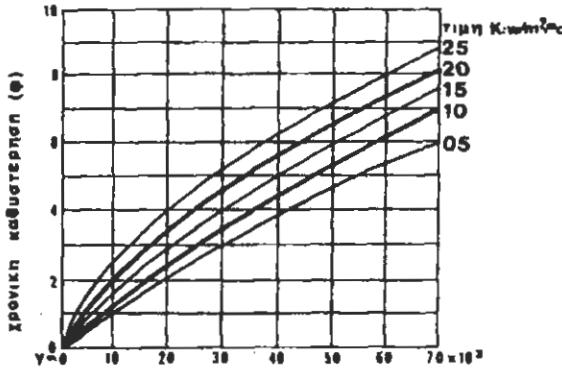


Σχ. 14. Προσδιορισμός της χρονικής καθυστέρησης και του θερμικού κέρδους για ένα ομοιογενή-συμπαγή τοίχο

Η θερμοχωρητικότητα των υλικών εξαρτάται από την πυκνότητα ( $\rho$ ) του υλικού και από την ειδική θερμότητα ( $c$ ), (βλ. πίν.4). Η χρονική καθυστέρηση εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες:

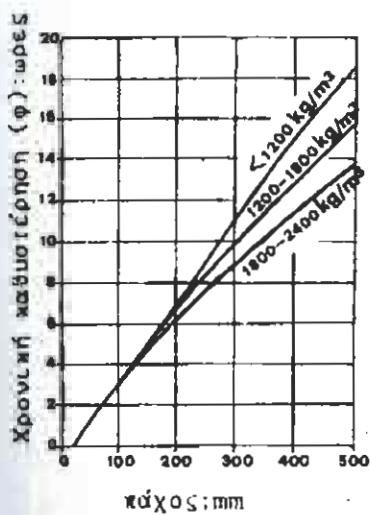
- τη θερμική αγωγιμότητα ( $\lambda$ ) του υλικού, εάν είναι υψηλή, η θερμική μεταβίβαση είναι ταχύτερη.
- τη θερμοχωρητικότητα του υλικού ( $\gamma$ ). Εάν πρόκειται για υλικό πυκνό με υψηλή ειδική θερμότητα, η μετάδοση της θερμότητας θα είναι βραδύτερη, μια και από κάθε μόριο του υλικού απορροφιέται μεγάλη ποσότητα θερμότητας, πριν να μεταφέρει την επί πλέον θερμότητα σε άλλο μόριο και τελικά στον εσωτερικό χώρο. Η χρονική καθυστέρηση μπορεί

να προσδιοριστεί γραφικά, αν είναι γνωστή η θερμική αγωγιμότητα και η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου (σχ.15). Επίσης προσεγγιστικά προσδιορίζεται και από τον πίνακα 5.

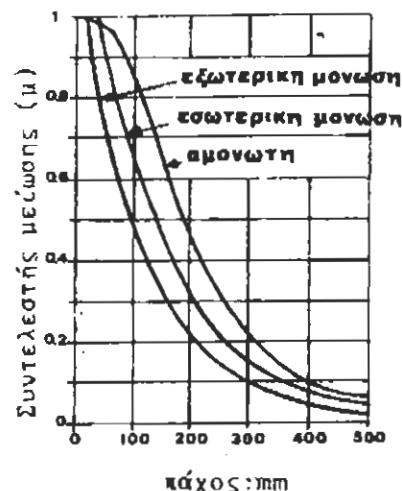


Σχ. 15. Προσδιορισμός της χρονικής καθυστέρησης, σε συνάρτηση με την αγωγιμότητα και τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου

Οι τιμές της χρονικής καθυστέρησης και του συντελεστή μείωσης μπορούν να προκύψουν, κατά προσέγγιση, από γραφήματα υπολογισμένα για διαφορετικά πάχη συμπαγών τοιχοποιίας και διαφορετικό βάρος υλικών (σχ. 16,17).



Σχ. 16. Προσδιορισμός της χρονικής καθυστέρησης, για συμπαγή τοιχοποιία



Σχ. 17. Προσδιορισμός του συντελεστή μείωσης, για συμπαγή τοιχοποιία

**ΤΙΒΑΚΑΣ 4**  
**ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΑΓΚΕΩΝ**

Υλικό	Ειδική θερμότητα	Πυκνότητα	Θερμοχωρητικότητα	Θερμική απορριμότητα
Nero 4°C	Kj /Kg /°C	Kg /m <sup>3</sup>	Kcal /m <sup>3</sup> /°C	W / m <sup>2</sup> /°C
	(c)	(d)	(γ)	(λ)
	4,19	1000	1000	Ισοθερμικό
μπετόν	0,84	2240	492	1,70
Πέτρα ασβεστολιθική	0,88	2850	546	3,00
Τούβλα συμπαγή	0,84	1920	378	0,72
Πηλός - ωμόπλινθοι	1,00	1700	220	0,52
Τούβλα με πρόσθετα Άλιτα μαγνητίου	0,84	1920	385	3,80

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5

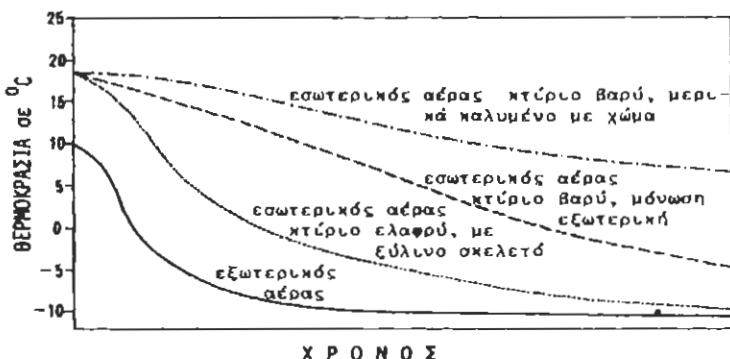
Χρονική κλιματοτύπου που ανταλλάσσεται μεταξύ:

Της διαφορετικούς θέσης της πόλης

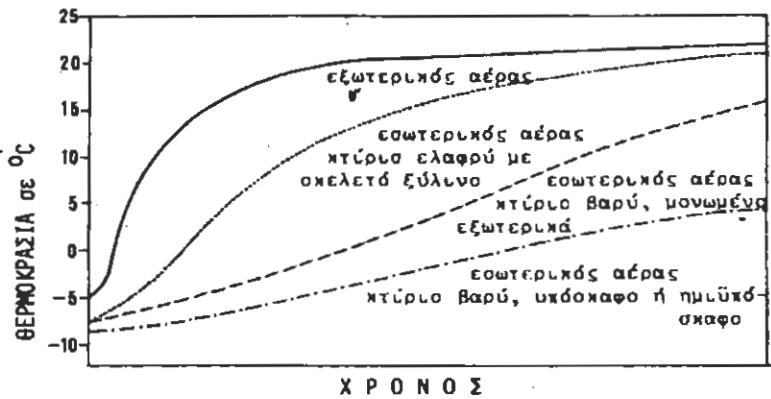
Υλικό πάγος σε μπ.	(φ) ώρες	(μ) ώρες								
Σκυρόδεμα	1,3	0,67	3,0	0,45	4,4	0,30	6,1	0,20	9,2	0,09
Πλινθοδομή	-	-	2,4	0,48	4,0	0,34	5,2	0,24	8,1	0,12
Ξυλεία	2,5	0,48	5,4	0,23	8,3	0,11	-	-	-	-
Ορυκτοβάμβακας	2,5	0,48	5,3	0,22	-	-	-	-	-	-

Υλικά που διαθέτουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα είναι: το μπετόν, η πέτρα, το χώμα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι, για περιοχές με σημαντικές διακυμάνσεις στην εξωτερική θερμοκρασία και για περιόδους ξηρές και ζεστές, το χώμα πετυχαίνει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το μπετόν, χάρη στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα και στη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βάθος, φτάνοντας μέχρι τις ημιύπόσκαφες κατασκευές.

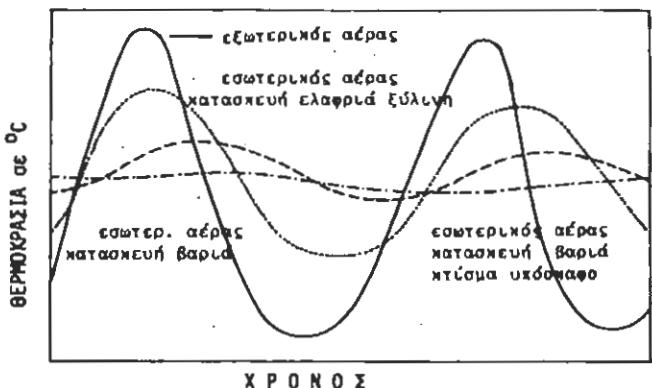
Η επίδραση της μεταβολής της εξωτερικής θερμοκρασίας στην εσωτερική, για διαφορετικούς τύπους κατασκευής και υλικά, απεικονίζεται στα παρακάτω γραφήματα (σχ.18,19,20).



Σχ.18. Η επίδραση της μείωσης της εξωτερικής θερμοκρασίας στη διακυμάνση της εσωτερικής, για διαφορετικούς τύπους κατασκευής και υλικά, με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει άλλη πηγή θερμότητας.



Σχ.19. Η επίδραση της αύξησης της εξωτερικής θερμοκρασίας στη διακύμανση της εσωτερικής, για διαφορετικούς τύπους κατασκευής και ύλικών, με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει άλλη πηγή ψύξης στο κτίριο.



Σχ. 20. Η επίδραση της αυξομείωσης της εξωτερικής θερμοκρασίας στη διακύμανση της εσωτερικής, για διαφορετικούς τύπους κατασκευής, με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει στο κτίριο άλλη πηγή θέρμανσης ή ψύξης.

Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι, η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας επηρεάζει λιγότερο τις βαριές κατασκευές, με μόνωση εξωτερικά και ελάχιστα όταν η κατασκευή έχει μεγάλη θερμική αδράνεια ή όταν το κτίσμα είναι μερικά καλυμμένο με χώμα.

Η ανέρητη της μεγάλης θερμικής μάζας ερμηνεύεται από μια αρχιτεκτονική με βαριά εξωτερική τοιχοποιία. Ωστόσο, παρά την επιβαρημένη, οικονομικά αρχική επένδυση, η εσωτερική αδράνεια της βαριάς κατασκευής, ενεργειακά είναι πολύ αποδοτική. Αν μάλιστα παρθεί υπόψη το διαρκώς αυξανόμενο κόστος της ενέργειας, μπορεί τελικά να είναι και επικερδής.

Για κτίρια με συνεχή χρήση, όπως κατοικία ή κτίρια με διακοπτόμενο, κανονικό ρυθμό χρήσης, όπως σχολεία, γραφεία, η θερμική αδράνεια της κατασκευής αποτελεί βασικό παράγοντα προσαρμογής στα κλιματικά δεδομένα της περιοχής.

### 1.3. Το κτίριο ως «παγίδα θερμότητας»

Γνωρίσαμε τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τις βασικές βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του ως φυσικού, ηλιακού συλλέκτη και ως αποθήκης θερμότητας. Ωστόσο, για ν' αποδώσουν αποτελεσματικά οι δυνατότητες αυτές, το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ταυτόχρονα και ως "παγίδα θερμότητας". Αυτό σημαίνει ότι, η θερμότητα, που μάζεψε και αποθήκευσε, δεν πρέπει να διασκορπίζεται προς τα έξω.

Η διασπορά θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον προσδιορίζεται με τις θερμικές του απώλειες και συμβαίνει όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλές, δηλαδή τον χειμώνα.

Αντίστροφα το καλοκαίρι, που οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες, το κτίριο απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα, όταν είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία. Τότε το εσωτερικό περιβάλλον κινδυνεύει από υπερθέρμανση και συνθήκες δυσφορίας.

Αυτή η φαινομενικά αντιφατική λειτουργία του κτιρίου, από τη μια μείωση των θερμικών απωλειών τον χειμώνα και από την άλλη μείωση των θερμικών κερδών στη διάρκεια του καλοκαιριού, στην πραγματικότητα δεν είναι ασυμβίβαστη, εφόσον η προσαρμογή του κτιρίου στα κλιματικά φαινόμενα και στο περιβάλλον μελετηθεί σωστά.

#### 1.3.1 Οι θερμικές απώλειες του κτιρίου.

Τα κτίρια χάνουν θερμότητα με τρεις βασικούς τρόπους:

με αγωγιμότητα, μέσα από τους τοίχους, στέγες-δώματα, δάπεδα, γυάλινα ανοίγματα.

με μεταφορά με την κίνηση του αέρα, μέσα από τ' ανοιχτά παράθυρα ή από τους αρμούς των κουφωμάτων.

με ακτινοβολία, από το κέλυφος του κτιρίου, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

Οι συνολικές θερμικές απώλειες εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

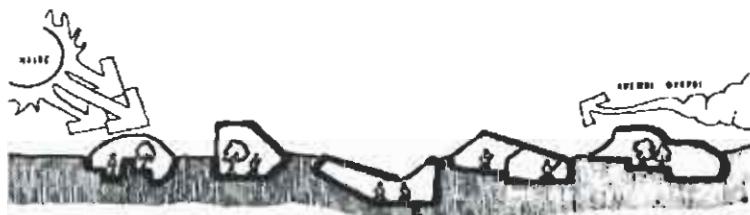
α- από το λόγο της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του κτιρίου Φσυν Νσων. Όσο μικρότερη είναι η εξωτερική επιφάνεια, τόσο μικρότερος είναι ο λόγος και τόσο λιγότερες οι θερμικές απώλειες, ανά μονάδα επιφάνειας.

Η σφαίρα είναι το γεωμετρικό σχήμα με τη μικρότερη επιφάνεια για το μέγιστο εσωτερικό όγκο. Ένα κτίριο σε σχήμα κύβου θα έχει τις λιγότερες θερμικές απώλειες, σε σχέση μ' ένα άλλο του ίδιου όγκου, αλλά με μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια.

Πατόσο, το σχήμα του κύβου δεν καλύπτει πάντα ούτε τις λειτουργικές ανάγκες, ούτε τις αισθητικές ενός κτιρίου, και επί πλέον έρχεται σε αντίθεση με τα όσα αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 1.1., για το άριστο σχήμα του κτιρίου, που λειτουργεί ως φυσικός, ηλιακός συλλέκτης.

β- από τη μείωση των εκτεθειμένων πλευρών προς βορρά, δύο δεν υπάρχει ηλιασμός, καλύπτοντας ακόμη και με χώμα τμήμα ή και το σύνολο της βορινής όψης.

γ- από την προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου στους επικρατούντες ψυχρούς ανέμους (σχ.21).



**Σχ. 21. Κελύφη κτιρίων για τη μείωση των θερμικών απωλειών, την προστασία από τους ψυχρούς ανέμους και την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας.**

1. Το σύνολο των θερμικών απωλειών ενός κτιρίου από αγωγιμότητα, εκφράζεται από την σχέση:

$$Q_{\text{θα}} = K * A * \Delta t * h \text{ (Kcal)}$$

οπού:  $K$  = συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου ( $\text{Kcal}/\text{m}^2$ )

$A$  = συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου ( $\text{m}^2$ )

$\Delta t$  = διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικής – εξωτερικής ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h$  = ώρες, συνήθως ένα 24ωρο

$Q_{\text{θα}}$  = σύνολο θερμικών απωλειών του δομικού στοιχείου (Kcal)

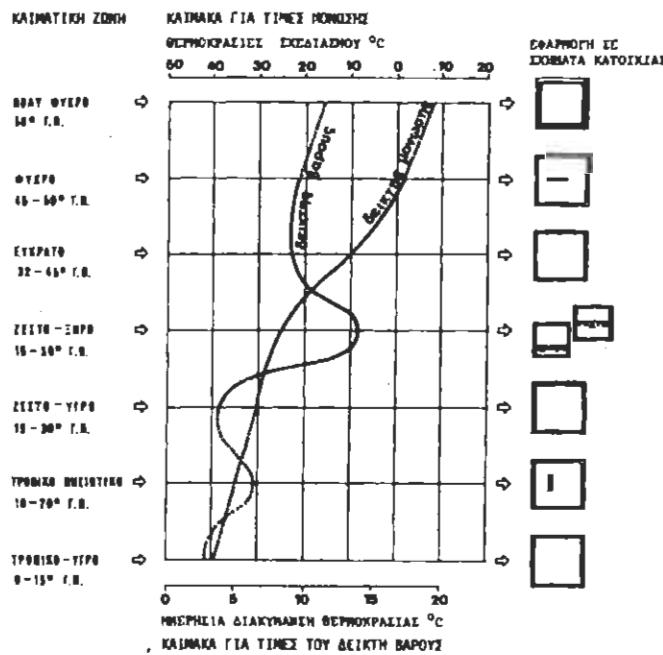
Εφόσον υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες όλων των επί μέρους στοιχείων της κατασκευής, αθροιστικά βρίσκεται το σύνολο.

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από αγωγιμότητα, είναι αναγκαίο:

- να προβλέπεται η κατάλληλη θερμομόνωση στα συμπαγή στοιχεία, πράγμα που εξασφαλίζει τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας
- να προβλέπονται διπλά τζάμια, ιδιαίτερα για τ' ανοίγματα που βρίσκονται στους δυσμενείς προσανατολισμούς.
- να προβλέπεται κινητή θερμική μόνωση των ανοίγμάτων, για τη νυχτερινή προστασία.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι, η θερμική μόνωση του κελύφους είναι προτιμότερο να βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά, έτσι που να διασφαλίζεται η θερμική αποθήκευση της δεσμευμένης, ηλιακής ενέργειας στα συμπαγή στοιχεία της κατασκευής και η αποτελεσματική βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου.

O V. Olgay μελέτησε συγκριτικά για διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, το μέγεθος της θερμομόνωσης, της θερμοχωρητικότητας (βάρους) και της χρονικής καθυστέρησης, που προκύπτει για το κέλυφος του κτιρίου (σχ.22).



**Σχ. 22. Προσδιορισμός του δείκτη θερμικής μόνωσης και του δείκτη βάρους (θερμοχωρητικότητας), σε συνδυτήση με τις τιμές της θερμοκρασίας και του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους, για διαφορετικά κλίματα**

Στο διάγραμμα του σχήματος 22, η επάνω οριζόντια τετμημένη ορίζει τις θερμοκρασίες σχεδιασμού, με βάση τις οποίες υπολογίστηκαν οι τιμές της θερμομόνωσης η κάτω τετμημένη ορίζει το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος (διαφορά μέγιστης και ελάχιστης

ημερήσιας θερμοκρασίας) και συνδέεται με την καμπύλη-δείκτη βάρους ή θερμοχωρητικότητας.

Οι ανάγκες για θερμομόνωση είναι μεγαλύτερες, καθώς οι κλιματικές συνθήκες γίνονται ψυχρότερες και η θερμοκρασία σχεδιασμού αποκλίνει από τη ζώνη άνεσης. Ο δείκτης βάρους και η θερμοχωρητικότητα των υλικών μεταβάλλονται, ανάλογα με τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η μεγαλύτερη απαίτηση βάρους και χρονικής καθυστέρησης παρουσιάζεται στις ξηρές-ζεστές περιοχές.

Για την εύκρατη ζώνη, από 35°-42° Β.Γ.Π., η δυτική πλευρά απαιτεί βαριά μάζα κατασκευής, έτοι ώστε η θερμική επιβάρυνση να μετατίθεται χρονικά, αργά το απόγευμα, θερμική προστασία χρειάζονται όλες οι άλλες πλευρές της κατασκευής.

2. Οι θερμικές απώλειες από την "εναλλαγή" του αέρα ή από "αερισμό" οφείλονται στη μεταφορά του ζεστού αέρα από το κτίριο προς το περιβάλλον, μέσα από τ' ανοίγματα και τους αρμούς των κουφωμάτων.

Η κίνηση του αέρα προκαλείται από τη διαφορά πίεσης ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον και οφείλεται στην πίεση του ανέμου ή σε θερμοκρασιακές διαφορές. Η εναλλαγή του αέρα είναι αναγκαία για λόγους υγιεινής, για την ανανέωση της ποιότητας του, για την απομάκρυνση των οσμών, του καπνού και άλλων παράγωγων, που προέρχονται από τις δραστηριότητες των ενοίκων.

Από την ASHRAE προτείνονται, σύμφωνα με τον πίνακα 6 για την κατοικία, οι εξής τιμές:

ΠΙΝΑΚΑΣ 6	
Επιπλέον αέρια ιστορία κατανάλωσης για μέσης συνθήσεις	
Είδος χώρου	Αριθμός αλλαγών αέρα / ώρα
Χώροι χωρίς παράθυρα ή εξωτερικές πόρτες	½
Χώροι με παράθυρα ή εξωτερικές στη μια πλευρά	1
Χώροι με παράθυρα ή εξωτερικές πόρτες σε δύο πλευρές	1-½
Χώροι με παράθυρα ή εξωτερικές πόρτες σε τρεις πλευρές	2
Είσοδοι	2

Ο αέρας, που κινείται προς τα έξω, μεταφέρει θερμότητα που χάνεται. Το ποσό αυτής της θερμότητας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$Q_a = \alpha_0 * V * \Delta t * h * n \text{ (Kcal)}$$

Όπου:  $Q_a$  = οι συνολικές απώλειες από αερισμό (Kcal)

$\alpha_0$  = η θερμοχωρητικότητα του αέρα ίση με 0,29 (Kcal/m<sup>3</sup> /°C)

V = ο όγκος του χώρου (m<sup>3</sup>)

$\Delta t$  = η διαφορά θερμοκρασίας (°C)

h = ο χρόνος απωλειών σε ώρες

n = ο αριθμός των αλλαγών αέρα / ώρα

Υπολογίζοντας νια κάθε χώρο τις θερμικές απώλειες από αερισμό, αθροιστικά βρίσκεται το σύνολο.

Οι θερμικές απώλειες από αερισμό μπορούν να περιοριστούν, διασφαλίζοντας ωστόσο την απαραίτητη ανανέωση, για συνθήκες υγιεινής διαβίωσης, με τρόπο ελεγχόμενο. Ο περιορισμός αυτός πραγματοποιείται:

- με τη στεγάνωση των αρμάν των κουφωμάτων,
- με τη μείωση των ανοιγμάτων στη βιορινή πλευρά, που είναι εκτεθειμένη στους ψυχρούς ανέμους,
- με την τοποθέτηση βλάστησης ή δέντρων για προστασία και εκτροπή των ψυχρών ανέμων.

#### **1.4 Το κτίριο ως «φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ψύξης»**

Για τον χειμώνα, η λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη, ως αποθήκης θερμότητας και ως παγίδας θερμότητας εξασφαλίζει μια σημαντικά αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει υποχωρήσεις στο θερμικό επίπεδο, σε σχέση με τα όρια της άνεσης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του βιοκλιματικού κελύφους είναι:

- νότια προσανατολισμένα μεγάλα ανοίγματα, για ηλιακό κέρδος,
- μεγάλη θερμική μάζα, για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και
- θερμική προστασία, τόσο των συμπαγών δομικών στοιχείων, όσο και κυρίως των γυάλινων επιφανειών, στη διάρκεια της νύχτας.

Το καλοκαίρι οι κλιματικές συνθήκες αντιστρέφονται. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές, το κτίριο απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα, όταν είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, με κίνδυνο να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου, που να ξεπερνούν τα όρια της θερμικής άνεσης.

Οι παράμετροι-προϋποθέσεις που επηρεάζουν και καθορίζουν την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου ως "φυσικού συλλέκτη δροσισμού" και "ψύξης", για τις συνθήκες του καλοκαιριού, είναι:

1. Ο σκιασμός του κτιρίου και η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να αποκλείεται η ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία.
2. η θερμική αδράνεια της κατασκευής, με την χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας.
3. η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού, ιδιαίτερα τη νύχτα που οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες, έτσι ώστε ν' απομακρύνεται το επί πλέον θερμικό φορτίο του εσωτερικού χώρου.
4. το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών.
5. η φυσική ψύξη με εξάτμιση, κυρίως για ξηρές-ζεστές περιοχές, όπου η, σχετική υγρασία είναι χαμηλή.

Οι παραπάνω προϋποθέσεις μπορούν να εξασφαλιστούν με κατάλληλες ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου και στο περιβάλλον του, στη διαδικασία του σχεδιασμού.

##### **1.4.1 Ο σκιασμός του κτιρίου και η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων.**

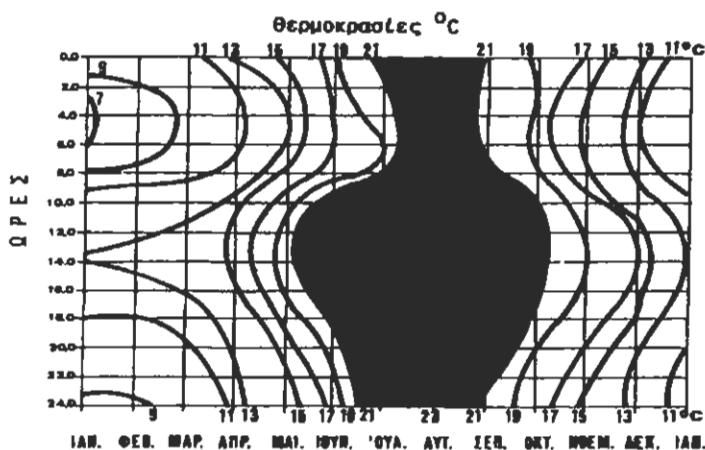
Ο σκιασμός του κτιρίου, συνολικά, πετυχαίνεται με την τοποθέτηση βλάστησης ή φυλλοβόλων δέντρων στην κατάλληλη θέση, όπως προκύπτει από τη "μάσκα σκιάς", ώστε να διακόπτεται αποτελεσματικά ο άμεσος ηλιασμός του κτιρίου. Ταυτόχρονα μετριάζονται οι θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος λόγω της σκιάς που δημιουργείται.

Για να προσδιοριστεί η χρονική περίοδος, υπερθερμαινόμενη, που στη διάρκεια της η ηλιοπροστασία κρίνεται απαραίτητη, ακολουθείται η παρακάτω πορεία:

- χαράζονται οι καμπύλες της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας, για όλους τους μήνες του χρόνου, ανά δύο ώρες, σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής (πίν.7).
- καθορίζεται σαν μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία του αέρα (χωρίς άμεση ηλιακή ακτινοβολία)  $21^{\circ}\text{C}$ , πάνω από την οποία απαιτείται σκιασμός, για περιοχές που βρίσκονται κοντά σε  $40^{\circ}\text{E.G.P.}$  το διάγραμμα των ισόθερμων καμπύλων, που προκύπτει, καθορίζει την υπερθερμαινόμενη περίοδο για τη συγκεκριμένη περιοχή, καθώς και τους μήνες και τις ώρες της ημέρας, όπου η ηλιοπροστασία κρίνεται αναγκαία (σχ.23).

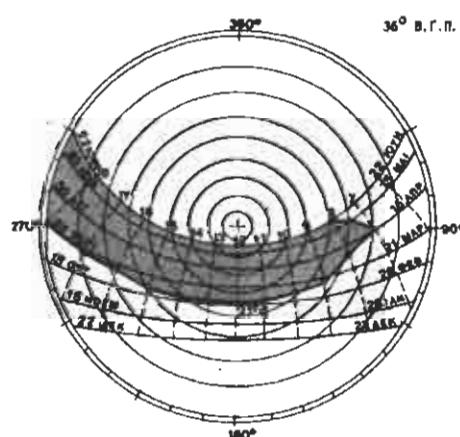
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΑΝΑ ΖΩΡΟ, $36^{\circ}\text{E.G.P.}^*$												
με βάση τη μέση μέγιστη και τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία κάθε μήνα.												
Μήνες	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.
0.0	9.2	9.2	10.2	13.0	16.7	20.3	22.3	22.2	20.1	16.9	14.0	11.0
2.0	8.6	8.6	9.8	12.5	16.1	19.8	21.9	21.8	19.8	16.5	13.7	10.6
4.0	8.4	8.5	9.6	12.2	15.7	19.4	21.5	21.5	19.1	16.1	13.3	10.3
6.0	9.0	9.0	10.0	12.8	16.3	18.2	22.0	22.0	20.0	16.7	13.9	10.8
8.0	11.7	11.5	12.6	15.4	19.5	23.4	25.2	24.8	22.8	19.0	16.5	12.9
10.0	12.3	12.8	14.0	17.0	21.3	25.2	26.9	26.7	24.2	20.4	17.7	14.0
12.0	13.0	13.4	14.8	17.9	22.2	26.2	27.9	27.6	25.0	21.2	18.5	14.7
14.0	12.6	13.0	14.3	17.4	21.7	25.5	27.2	27.2	24.5	20.4	18.0	14.2
16.0	11.6	12.3	13.2	16.0	20.2	24.0	25.8	25.5	23.2	19.6	16.9	13.2
18.0	10.6	10.8	11.8	14.6	18.6	22.3	24.2	24.0	21.0	18.5	15.5	12.2
20.0	10.0	10.2	11.2	14.0	17.8	22.2	23.5	23.3	21.2	17.8	15.0	11.8
22.0	9.5	9.5	10.8	13.4	17.0	21.5	22.9	22.8	20.6	17.2	14.3	11.3
24.0												

\*Τα κλιματικά δεδομένα αναφέρονται στην περιοχή της Σαντορίνης



Σχ. 23. Διάγραμμα ισόθερμων καμπύλων, προσδιορισμός της υπερθερμανόμενης περιόδου (δεδομένα θερμοκρασιών: πάριοχή Σαντορίνης)

Για την ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και την επιλογή του κατάλληλου συστήματος σε μορφή, μέγεθος και θέση χρειάζεται να οριστεί το περίγραμμα της μάσκας σκιασμού. Γι' αυτό, το λόγο χρησιμοποιούνται τα ηλιακά διαγράμματα, ως εργαλεία προσδιορισμού, δύον μεταφέρονται οι ισόθερμες καμπύλες (σχ.24). Έτσι αποσαφηνίζονται οι γωνίες ύφους και αζιμούθιον του ηλιοπροστατευτικού πετάσματος, πράγμα που σημαίνει για τον σχεδιασμό: προσδιορισμό της μορφής του, σε ποια θέση, σε τι μέγεθος, αν θα είναι οριζόντιο (εξαρτάται από τον προσανατολισμό), με ποιο μήκος προεξοχής και έκτασης, ή κατακόρυφο, με ποια κλίση σε σχέση με το νότο.



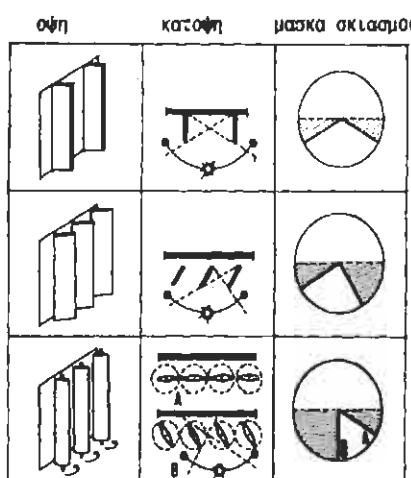
Σχ. 24. Ηλιακό διάγραμμα για 36°Β.Γ.Π. Η μάσκα σκιασμού αντιστοιχεί στους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο. Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο.

Βασικά κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ηλιοπροστασίας αποτελούν:

- το σχήμα του χώρου,
- η χρήση του χώρου,
- ο προσανατολισμός του,
- η διαμόρφωση των ανοιγμάτων του
- η αισθητική του κτιρίου

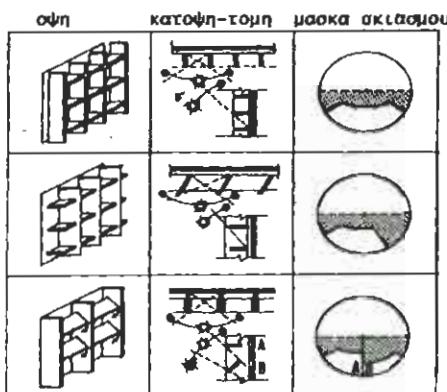
Σε σχέση με τον προσανατολισμέ, από μελέτες, προέκυψε ότι:

- για τον ανατολικό και το δυτικό προσανατολισμό ο κατακόρυφος σκιασμός είναι πιο αποτελεσματικός, λόγω του ύφους του ήλιου (βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα), (σχ.25). Αποκόβει, όμως, κάθε δυνατότητα ηλιασμού και τον χειμώνα, που είναι απαραίτητος. Ικανοποιητικότερο και πιο αποτελεσματικό σκιασμό δίνουν ηλιοπροστατευτικά στοιχεία σε μορφή εσχάρας (σχ. 26), με κλίση  $45^{\circ}$  σε σχέση με το νότο, και μάλιστα κινητά στοιχεία, έτσι ώστε τον χειμώνα να επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας.
- για το νότιο, νοτιανατολικό, νοτιοδυτικό προσανατολισμό τα οριζόντια ηλιοπροστατευτικά στοιχεία είναι πιο αποτελεσματικά. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής, έτσι ώστε το καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ τον χειμώνα η σκιά να μειώνεται στο ελάχιστο, αξιοποιώντας το ύψος του ήλιου, που μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας (σχ.27)

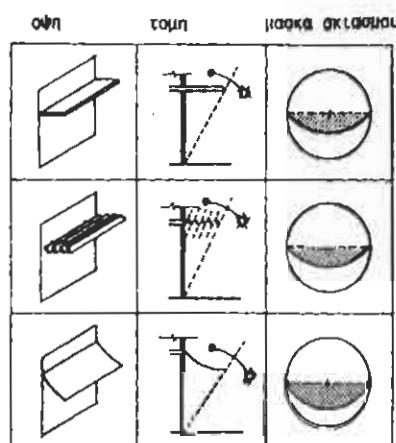


Σχ. 25. Μορφές κατακόρυφων ηλιοπροστατευτικών στοιχείων για δυτική ή ανατολική όψη κτιρίου.

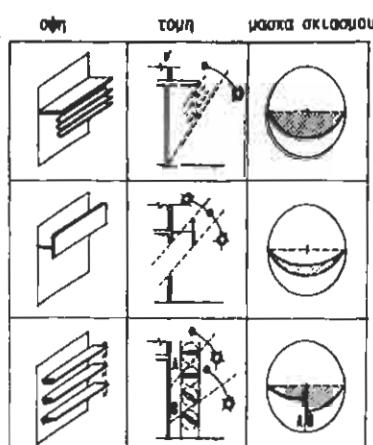
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι: Γενικά περί βιοκλιματικού σχεδιασμού**



Σχ. 26. Κατακόρυφα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, σε μόρφη εσγάρας.



Σχ. 27. Μορφές οριζόντιων ηλιοπροστατευτικών στοιχείων, για των εκτασμά της νότιας θύρης κτιρίου.



Σχ. 28. Οριζόντια ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, σταθερά και κινητά για τον αποτελεσματικό σκιασμό της νότιας θύρης.

Τα μόνιμα προστεγάσματα, ανεξάρτητα από προσανατολισμό, παρουσιάζουν ανελαστικότητα στην αποτελεσματικότητα τους.

Για παράδειγμα, στο ηλιακό διάγραμμα του σχήματος 24, η τροχιά του ήλιου είναι η ίδια για το μήνα Αύγουστο και τον Απρίλιο. Ωστόσο, τον μεν Αύγουστο η ηλιοπροστασία αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για την αποφυγή της υπερθέρμανσης, τον δε Απρίλιο η ηλιακή ακτινοβολία είναι ευεργετική και αναγκαία.

Η κινητή ηλιοπροστασία παρουσιάζει πλεονεκτήματα, λόγω της ευελιξίας της και της δυνατότητας ρύθμισης, ανάλογα με τις προσωπικές ανάγκες.

Η επιλογή του ηλιοπροστατευτικού συστήματος εξαρτάται άμεσα από την χρήση του κτιρίου και την προσαρμοστικότητα του στις ανάγκες λειτουργίας του ως παγίδας φυσικού δροσισμού και ψύξης.

Η επιλογή του καθορίζεται ακόμη από κριτήρια οικονομικά, κατασκευαστικά και αισθητικά. Εκεί υπεισέρχεται και η ικανότητα του σχεδιαστή-αρχιτέκτονα.

#### 1.4.2. Η θερμική αδράνεια της κατασκευής.

Η χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας προσφέρει τις προϋποθέσεις να να λειτουργήσει το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.

Άλλα και το καλοκαίρι, με τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα, η σημασία της θερμικής αδράνειας είναι πολύ σημαντική, για την αποφυγή της ζέστης και τη διατήρηση της νυχτερινής δροσιάς στο εσωτερικό του κτιρίου.

Πρακτικά, η θερμική αδράνεια της κατασκευής επιβραδύνει τη μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο, μέσα από τα συμπαγή στοιχεία, τοιχοποιίες -οροφή, για αρκετές ώρες, μέχρις ότου η εξωτερική θερμοκρασία αρχίσει να μειώνεται. Τότε το κτίριο μπορεί να αποβάλλει το επί πλέον θερμικό φορτίο με φυσικό αερισμό και με ακτινοβολία θερμότητας προς την ατμόσφαιρα.

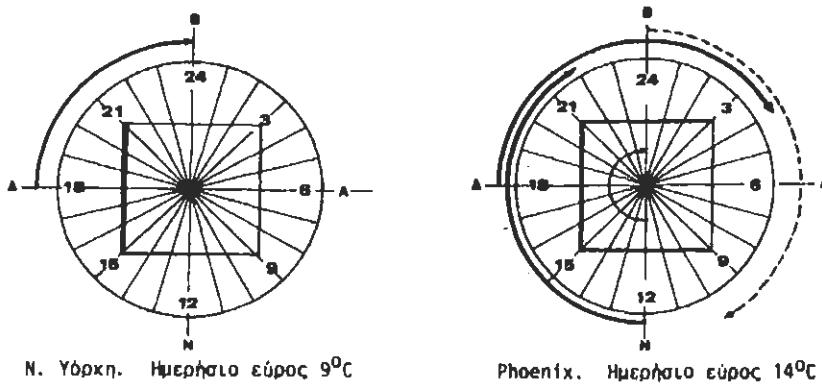
Η χρονική καθυστέρηση έχει πρωταρχική σημασία για την επικάλυψη-οροφή. Οι θολωτές επικαλύψεις αποτελούν έξυπνη λύση για περιοχές με σχετικά ξηρά και ζεστά καλοκαίρια, αλλά ακόμη και για περιοχές με κλίμα εύκρατο.

Οι μορφές επικάλυψης με θόλους ή τρούλους εμφανίζονται στην ανώνυμη αρχιτεκτονική. Η καμπύλη μορφή αποδίδεται σε παλιές φιλοσοφικές δοξασίες, ωστόσο οι κατασκευές αυτές είναι οι περισσότερο λαοφιλείς σε περιοχές, όπου η έντονη ανταλλαγή θερμικής ακτινοβολίας, οδηγεί σε ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας, ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα.

Το κέλυφος ενός ημισφαιρικού θόλου έχει, χοντρικά, τριπλάσια επιφάνεια από τη βάση του, έτσι η ηλιακή ακτινοβολία, που προσπίπτει στη θολωτή στέγη, διανέμεται σε τριπλάσια

επιφάνεια, σε σχέση με την οριζόντια στέγη. Αυτή η διανομή της ηλιακής θερμότητας μετριάζει το θερμικό φορτίο και επιβαρύνει λιγότερο την κατασκευή και το εσωτερικό του κτιρίου. Η καμπύλη μορφή είναι κατάλληλη και για την αποβολή της θερμότητας με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα την νύχτα, επιταχύνοντας έτσι το ρυθμό ψύξης του κτιρίου. Εάν μάλιστα, οι καμπύλες μορφές επικάλυψης συνδυαστούν με βαριές τοιχοποιίες, από πέτρα ή πλίνθους, η χρονική καθυστέρηση ξεπερνά τις 10 ώρες. εξασφαλίζοντας ρυθμιζόμενη εσωτερική θερμοκρασία, μέσα στα όρια της άνεσης και ελάχιστη ή αμελητέα διακύμανση της θερμοκρασίας.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνονται από έρευνες, όπου διαπιστώθηκε ότι: για τη N. Υόρκη, με κλίμα εύκρατο και ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος  $9^{\circ}\text{C}$ , οι απαιτήσεις για μεγάλη θερμοχωρητικότητα παρουσιάζονται στη δυτική πλευρά, με το μεγαλύτερο θερμικό φορτίο και χρονική καθυστέρηση 6 ωρών. Οι άλλες πλευρές έχουν ανάγκη θερμομόνωσης (σχ.29). Για την περιοχή του Phoenix,  $32^{\circ}$  Β. Γ. Π., με κλίμα μάλλον ζεστό και μεγάλο ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος,  $14^{\circ}\text{C}$ . απαιτούνται βαριές, συμπαγείς τοιχοποιίες με χρονική καθυστέρηση 10 ωρών περίπου για τη νότια και δυτική πλευρά, ενώ για την ανατολική είναι αμελητέα.



Σχ. 29. Απιπτούμενη χρονική καθυστέρηση για περιοχές με  $400$  Β. Γ. Π. .

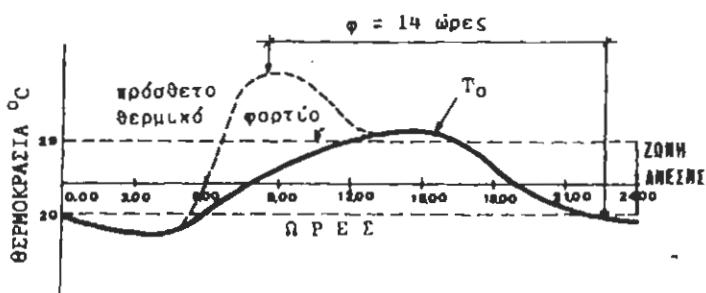
(N. Υόρκη) και  $32^{\circ}$  Β.Γ.Π . (Phoenix) αντίστοιχα και διαφορετικούς προσανατολισμούς

Στην πορεία του σχεδιασμού το ερώτημα που προκύπτει είναι: πόση θερμοχωρητικότητα απαιτείται για το κέλυφος του κτιρίου και ποια πρέπει να είναι η χρονική καθυστέρηση, έτσι

ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως παγίδα και αποθήκη φυσικού δροσισμού και ψύξης.

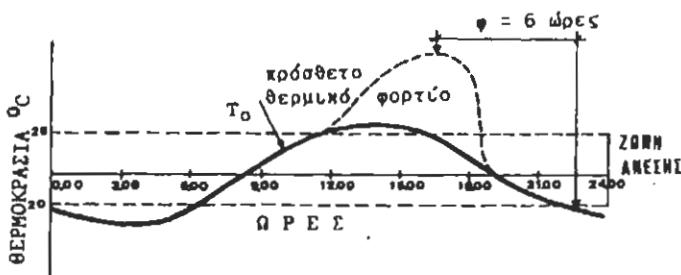
Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις επιχειρούν να δώσουν μια απάντηση.

Σχήμα 30: η ανατολική όψη του κτιρίου παρουσιάζει τη μέγιστη θερμοκρασία στις 8.30 π.μ. Η εξωτερική θερμοκρασία στις 22.30 μ.μ., αρχίζει να πέφτει κάτω από τη ζώνη άνεσης, επομένως η άριστη χρονική καθυστέρηση είναι 14 ώρες, αλλά και 12 ώρες είναι ικανοποιητική. Εάν όμως στη διάρκεια της ημέρας οι ανατολικοί χώροι δεν χρησιμοποιούνται, τότε και 4 ώρες καθυστέρηση είναι ανεκτή, μια και γύρω στις 12.30 π.μ. η επίδραση του πρόσθετου θερμικού φορτίου από την ηλιακή ακτινοβολία ελαχιστοποιείται.



Σχ. 30. Ανατολική πλευρά του κτιρίου. Χρονική καθυστέρηση 4 ώρες είναι ανεκτή.

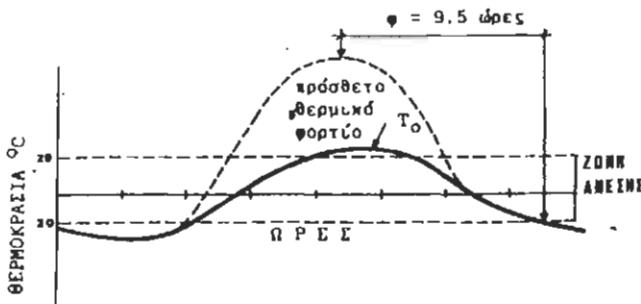
Σχήμα 31: η δυτική όψη του κτιρίου παρουσιάζει τη μέγιστη θερμοκρασία στις 16.30 μ. μ. Η εξωτερική θερμοκρασία από τις 22.30 μ.μ., μέχρι τις 6.00 π.μ., βρίσκεται κάτω από τη ζώνη άνεσης, επομένως η ελάχιστη χρονική καθυστέρηση είναι 6 ώρες, αλλά 9-10 ώρες είναι προτιμότερη.



Σχ. 31. Δυτική πλευρά του κτιρίου. Χρονική καθυστέρηση 9-10 ώρες είναι η καλύτερη.

Σχήμα 32: Η οροφή του κτιρίου παρουσιάζει τη μέγιστη θερμοκρασία στις 13.00 μ.μ., όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος από τις 22.30 μ.μ. μέχρι τις 6.00 το πρωί βρίσκεται κάτω

από τη ζώνη άνεσης. Η ελάχιστη χρονική καθυστέρηση είναι 9.5 ώρες, αλλά 12-13 ώρες είναι προτιμότερη, μια και τότε εξαφανίζεται η επίδραση του πρόσθετου θερμικού φορτίου από την ηλιακή ακτινοβολία.



**Σχ. 32.** Οροφή του κτιρίου. Χρονική καθυστέρηση 12-13 ώρες είναι η προτιμότερη.

Η μέθοδος, λοιπόν, για τον προσδιορισμό της χρονικής καθυστέρησης περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- προσδιορισμό της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας, για μια χαρακτηριστική ημερομηνία, για τη συγκεκριμένη περιοχή, με ταυτόχρονο καθορισμό των ορίων της ζώνης άνεσης (συνήθως από 20-28°C).
- υπολογισμό του πρόσθετου θερμικού φορτίου από την ηλιακή ακτινοβολία, για κάθε προσανατολισμό και προσθήκη του στην υπάρχουσα καμπύλη της θερμοκρασίας (με διακοπόμενη γραμμή).
- ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη αιχμή της εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που αρχίζει να πέφτει κάτω από τη ζώνη άνεσης προσδιορίζει τις ώρες της χρονικής καθυστέρησης, για κάθε προσανατολισμό.
- με δεδομένη την απαιτούμενη χρονική καθυστέρηση, καθορίζονται τα υλικά της κατασκευής και το συγκεκριμένο πάχος τους (βλ. πίν. 5).

**Παρατήρηση:** Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τους Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay, και δεν παρουσιάζει μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο αποτελεί ένα εργαλείο απλό, αρκετά προσδιοριστικό για την απαιτούμενη χρονική καθυστέρηση και το μέγεθος της θερμοχωρητικότητας των υλικών.

### 1.4.3. Ο φυσικός αερισμός του κτιρίου.

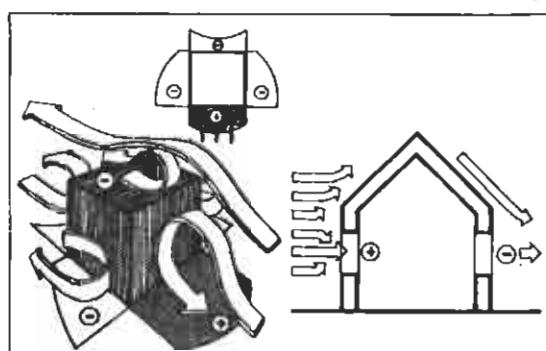
Ο φυσικός αερισμός έχει άμεση επίδραση στην υγεία, στη θερμική άνεση και στην ευεξία των ανθρώπων. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον του και συμβάλλει στη φυσική ψύξη της κατασκευής, κυρίως όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εξωτερική.

Οι παράμετροι, που επηρεάζουν τις συνθήκες του φυσικού αερισμού είναι:

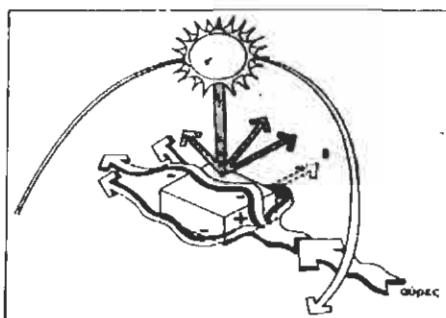
- α. οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες,
- β. ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων,
- γ. η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων,
- δ. το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών,
- ε. η φυσική ψύξη του κτιρίου, με εξάτμιση νερού.

Η ροή του αέρα μέσα από το κέλυφος του κτιρίου προκαλείται με δύο κυρίως τρόπους:

- με τη διανομή του ανέμου και τη διαφοροποίηση των πιέσεων, που δημιουργούνται γύρω από το κτίριο. Οι πλευρές, που είναι άμεσα αντιμέτωπες με τον άνεμο, παρουσιάζουν υψηλές πιέσεις, ενώ οι απάνεμες πλευρές βρίσκονται σε ζώνες χαμηλής πιέσης, δημιουργώντας έτσι "κενό αέρα" ή "σκιά ανέμου" (σχ.33).
- με τις θερμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και στο εξωτερικό περιβάλλον. Ο θερμότερος αέρας, λιγότερο πυκνός, πιο ελαφρύς, μεταφέρεται προς τα πάνω το κενό που δημιουργείται έρχεται να καλύψει βαρύτερος όγκος αέρα και πιο ψυχρός. Η φυσική αυτή ροή δημιουργεί ρεύμα και φυσικό αερισμό με εναλλαγή (σχ.34).



Σχ. 33. Διανομή των πιέσεων και υποπιέσεων γύρω από το κτίριο. Ήπο την επίδραση της ροής του ανέμου.



**Σχ. 34.** Οι καλοκαιρινές αύρες προκαλούν κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο.

**α. Οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες καθορίζουν και τις απαιτήσεις του φυσικού αερισμού, στη διάρκεια των εποχών του έτους.**

Σπις εύκρατες περιοχές, όπου οι χειμωνιάτικοι μήνες είναι υγροί και σχετικά ψυχροί, το ποσοστό του αερισμού πρέπει να μειώνεται, ώστε να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες. Αντίθετα το καλοκαίρι ο φυσικός αερισμός είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Η κίνηση του αέρα απομακρύνει τη θερμότητα και την πρόσθετη υγρασία. Οι δροσεροί άνεμοι-αύρες, συνήθως από νοτιοδυτική διεύθυνση, συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό και την ψύξη του κτιρίου.

Σε ζεστές-ξηρές περιοχές, με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι, είναι προτιμότερο ν' αποφεύγεται ο αερισμός την ημέρα, στον ελάχιστο δυνατό, μόνο για την απομάκρυνση των οσμών. Αντίθετα τη νύχτα, που η εξωτερική θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή, ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται τόσο για τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου, όσο και για την ψύξη των εσωτερικών επιφανειών.

Για την αξιοποίηση των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών προϋπόθεση ικανή και αναγκαία είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων του κτιρίου.

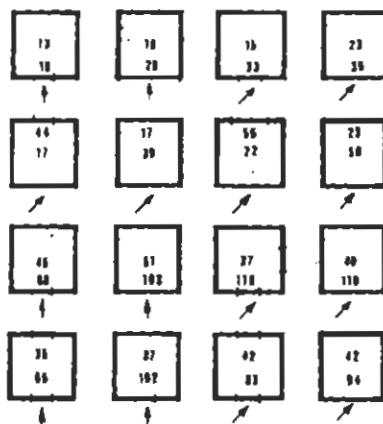
**β. Ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων αποτελούν καθοριστικό κριτήριο, για τη δημιουργία συνθηκών επαρκούς φυσικού αερισμού.**

Γενικά πιστεύεται ότι, τ' ανοίγματα εισόδου θα πρέπει να είναι αντιμέτωπα στον άνεμο, σε κάθετη διεύθυνση, γιατί οποιαδήποτε απόκλιση ελαττώνει την ταχύτητα ροής του αέρα στον εσωτερικό χώρο.

Κατά τον B. Ginoni καλύτερες συνθήκες αερισμού δημιουργούνται όταν η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει μια απόκλιση  $45^\circ$  περίπου, ως προς τη διεύθυνση των ανοιγμάτων εισόδου. Έτσι προκαλείται μια κυκλική κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο και πιο ομοιόμορφη

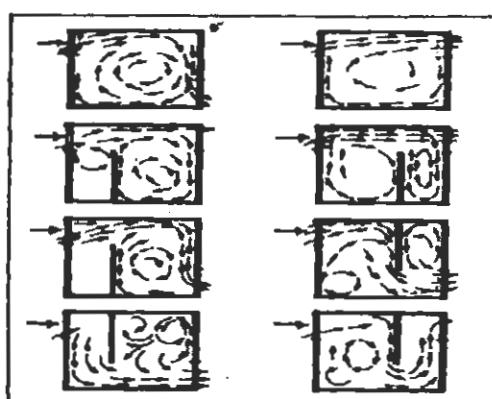
διανομή της ροής και της ταχύτητας του (σχ.35). Από τ' αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει δι: καλύτερες συνθήκες αερισμού πετυχαίνονται όταν το ρεύμα του αέρα αλλάζει κατεύθυνση μέσα στο χώρο, παρά όταν η ροή είναι κατευθυνόμενη, δηλαδή διαμπερής (βλ. πίν. 8).

Κατά την άποψη του D. Wright, ο φυσικός αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός, όταν η διεύθυνση του ανέμου βρίσκεται στην περιοχή  $\pm 30^\circ$  σε σχέση με την κάθετη διεύθυνση στο άνοιγμα εισόδου.



**Σχ. 35.** Η επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου ως προς τ' ανοίγματα εισόδου, στην εσωτερική ταχύτητα κίνησης του αέρα (οι τιμές είναι % της εξωτερικής).

Η διεύθυνση του ανέμου μπορεί να μεταβληθεί από την διάταξη των εσωτερικών χωρισμάτων (σχ.36).

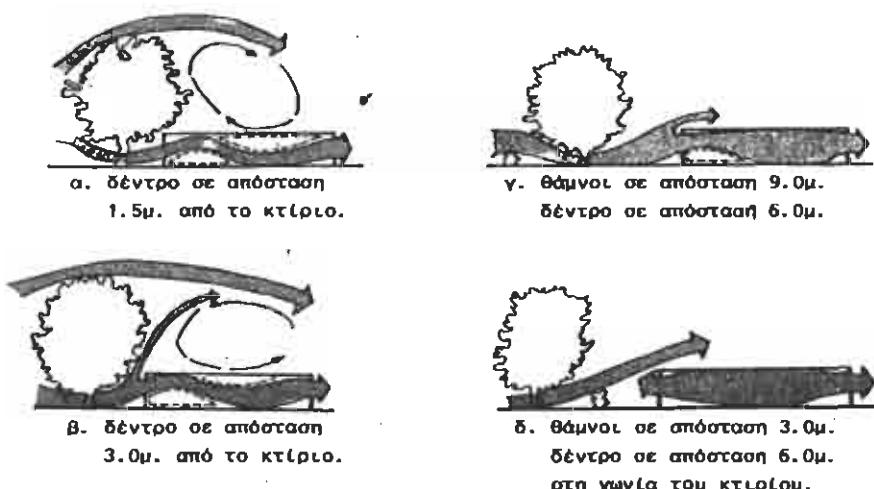


**Σχ. 36.** Η επίδραση της θέσης των εσωτερικών χωρισμάτων στη μορφή ροής του αέρα.

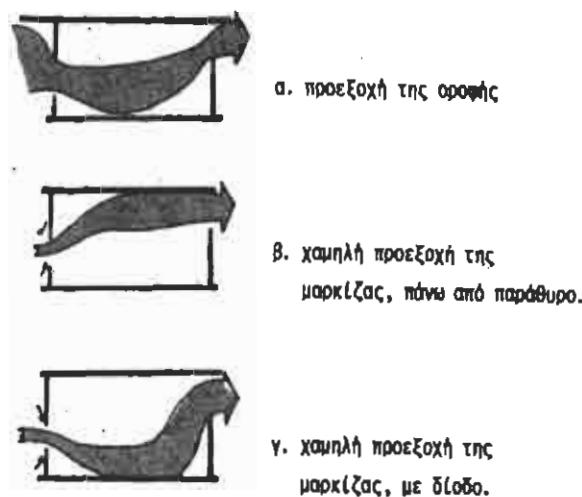
Διεύθυνση ανέμου	Πλάτος ανοίγματος		
	1/3	2/3	3/3
<b>Μέση ταχύτητα αέρα επί % της εξωτερ.</b>			
Κάθετη στο άνογύμα	13	13	16
Πλάγια στο μέτωπο του ανοίγματος	12	15	23
Πλάγια, κοντά στο άνογύμα	14	17	17

Η διεύθυνση του ανέμου μπορεί να τροποποιηθεί με τη χρήση βλάστησης μικρών θάμνων, συστάδας δέντρων, αλλά και με τις ίδιες τις αρχιτεκτονικές προεξοχές (σχ.37,38).

Η διανομή του αέρα στον εσωτερικό χώρο εξαρτάται ακόμη από το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων εισόδου-εξόδου.



Σχ. 37. Δυνατότητες εκτροπής της διεύθυνσης του ανέμου, με δέντρα ή χαμηλούς θάμνους

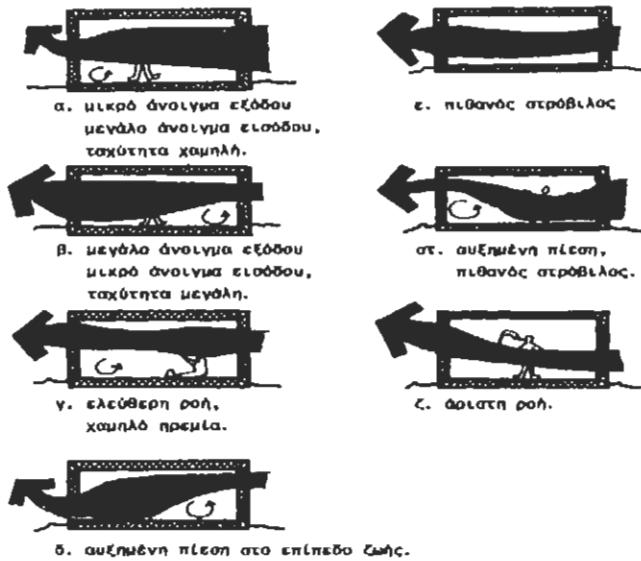


**Σχ. 38.** Οι αρχιτεκτονικές προεξοχές τροποποιούν την αρχική διεύθυνση του ανέμου

Τα ανοίγματα, που βρίσκονται στην απάνεμη πλευρά, ανοίγματα εξόδου, πρέπει να είναι μεγαλύτερα ή τουλάχιστον ισομεγέθη με τα τ' ανοίγματα εισόδου έτσι διευκολύνεται η ελεύθερη κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο, χωρίς να δημιουργείται το φαινόμενο της υποπίεσης (φαινόμενο Venturi), (σχ.39),

Πάρατήρηση: για την πρακτική του αποτελεσματικού σχεδιασμού του φυσικού αερισμού μπορεί να διατυπωθεί γενικά ότι, τα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο, μπορούν να επωφεληθούν τα μέγιστα για τη δημιουργία άριστων συνθηκών αερισμού, στον εσωτερικό χώρο, μια και οι δροσεροί ανεμοι-αύρες προέρχονται από νοτιοδυτική ή νοτιανατολική διεύθυνση και προσπίπτουν πλάγια στα ανοίγματα εισόδου. Ταυτόχρονα, ο νότιος προσανατολισμός συμπίπτει να είναι και ο καταλληλότερος για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας των χειμώνα και την ηλιοπροστασία το καλοκαίρι.

Η παραπάνω σχέση σημαίνει ότι, για να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα, εφόσον είναι γνωστή η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικής-εξωτερικής, μπορεί να υπολογιστεί ο απαιτούμενος όγκος αέρα / ώρα για την απομάκρυνση της επί πλέον θερμότητας. Η ταχύτητα της ροής του αέρα είναι επίσης ένα κρίσιμο ζήτημα. Για ζεστές-ψυρρές περιοχές, η ταχύτητα του αέρα πρέπει να προσεγγίζει τα 2m /sec, για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της θερμικής άνεσης.



Σχ. 39. Διανομή της ροής του αέρα στον επωτερικό χώρο, σε σύρση με το μέγεθος και τη θέση των ανογύματων εισόδου-εξόδου

**γ. Η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων ρυθμίζουν τις ανάγκες του φυσικού αερισμού του χώρου.**

Η επιθυμητή ροή του αέρα και η διανομή της ταχύτητας του μεταβάλλονται ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Για ένα καθιστικό, για παράδειγμα, η καλύτερη διανομή είναι η ομοιόμορφη στα διάφορα σημεία του χώρου, στο ύψος των 70-120 εκ., στο επίπεδο ζωής. Η ψήλη του κτιρίου με φυσικό αερισμό οφείλεται στην απαγωγή της θερμότητας προς τα έξω και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = q / \rho c_p (\theta_2 - \theta_1)$$

όπου  $Q$  = ποσοστό αερισμού ( $m^3/h$ )

$q$  = συνολικό θερμικό κέρδος από ένοικους και συσκευές (Kcal / h)

$\rho$  = μέση πυκνότητα του αέρα ( $g/cm^3$ )

$c_p$  = ειδική θερμότητα του αέρα (Kcal/Kg $^{\circ}$ C)

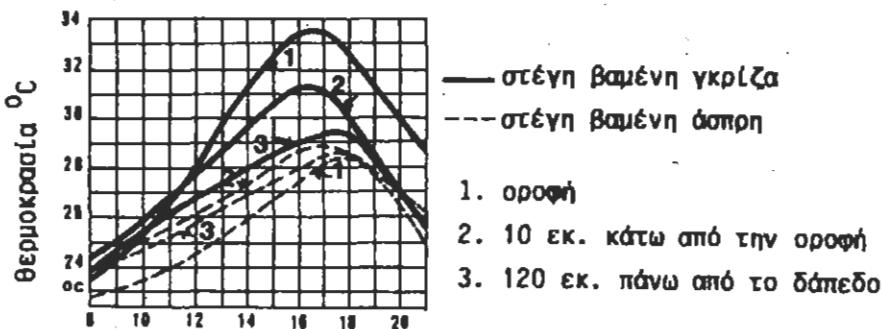
$\theta_2 - \theta_1$  = διαφορά θερμοκρασίας  $^{\circ}$ C.

**δ. Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, που απορροφάται από την κατασκευή-και κυρίως από την οροφή, στη διάρκεια της ημέρας, καθώς επίσης τη θερμότητα, που χάνεται, με ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, στη διάρκεια της νύχτας, ρυθμίζοντας έτσι την θερμοκρασία της εξωτερικής**

επιφάνειας και τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, μια στέγη οριζόντια, βαμμένη σε σκούρο χρώμα, μπορεί να παρουσιάζει εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά  $32^{\circ}\text{C}$ , σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Ενώ η αντίστοιχη αύξηση, για ασπροβαμμένη επιφάνεια (με ασβέστη), μόλις ξεπερνά τον  $1^{\circ}\text{C}$ .

Η επίδραση του χρώματος και της υφής της εξωτερικής επιφάνειας στην εσωτερική θερμοκρασία συνδέεται άμεσα με τη θερμική αντίσταση και τη θερμοχωρητικότητα της κατασκευής. Από πειραματική έρευνα, αποδεικνύεται η επίδραση του εξωτερικού χρώματος, συμπαγούς στέγης, στη διακύμανση της θερμοκρασίας κάτω από την οροφή και στην κατοικήσιμη ζώνη (σχ.40). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, η στέγη μπορεί να συμβάλλει στη φυσική ψύξη του κτιρίου, αρκεί η εξωτερική επιφάνεια της να είναι βαμμένη άσπρη, με ασβέστη, και κατά συνέπεια να έχει μικρότερη θερμοκρασία από τη μέση εξωτερική.

Σε κλίματα ζεστά, όπου η ημερήσια θερμοκρασία ξεπερνά τους  $33^{\circ}\text{C}$ , η θερμική μόνωση ενισχύεται με τη χρήση του άσπρου χρώματος, με αποτέλεσμα η ροή θερμότητας απ' έξω προς το εσωτερικό του κτιρίου να μειώνεται αισθητά.



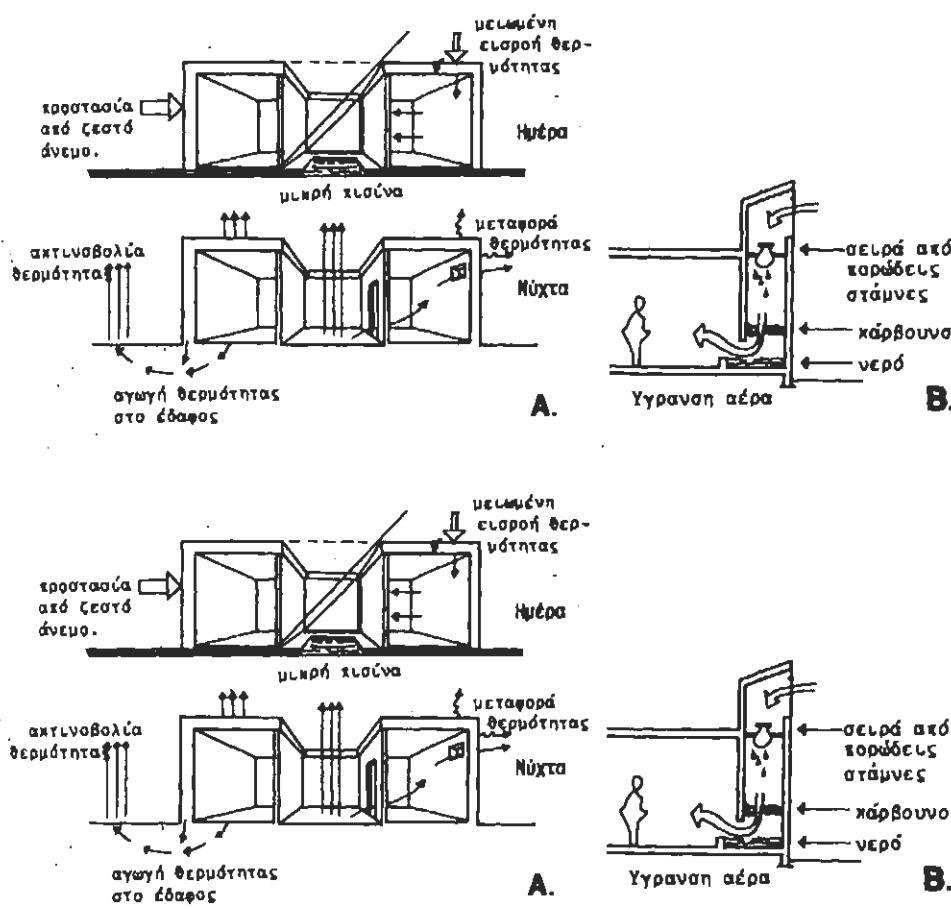
Σχ. 40. Η επίδραση του χρώματος επίπεδης, συμπαγούς στέγης, στη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

ε. Η φυσική ψύξη του κτιρίου πετυχαίνεται ακόμη με τη ροή του αέρα πάνω ή μέσα από υγρές επιφάνειες, έξω ή μέσα στο κτίριο (σχ.41).

Σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό, όπου η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, η εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας και προσέγγιση των συνθηκών άνεσης. Αποτελεί

παραδοσιακό τρόπο φυσικού δροσισμού και ψύξης του κελύφους και εμφανίζεται στις παραδοσιακές κατοικίες των χωρών της Ανατολής (σχ.42).

Σήμερα επανέρχεται στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική με τη χρησιμοποίηση μικρών δεξαμενών νερού, σε κατάλληλη θέση, έτσι ώστε ο εξωτερικός αέρας, που μπαίνει στο κτίριο ν' απορροφά υγρασία προκαλώντας μείωση της θερμοκρασίας του και στη συνέχεια ψύξη των εσωτερικών επιφανειών του χώρου. Εάν μάλιστα η κίνηση του δροσερού, υγρού αέρα συνδυαστεί με την ηλιακή ακτινοβολία (σχ.43), η ροή του αέρα επιταχύνεται, ο ζεστός αέρας απομακρύνεται και η κατασκευή ψύχεται πιο γρήγορα.



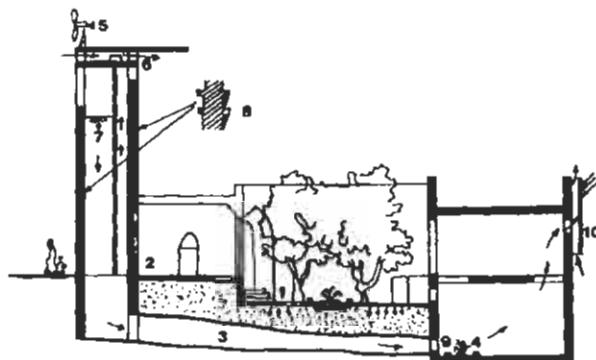
Σχ. 41. A. Φυσική ψύξη του κτιρίου με τη χρήση νερού, λειτουργία θερμική ημέρα και νύχτα.  
B. Υγρανση του εξωτερικού ζεστού αέρα.

**Παραδοσιακά στοιχεία:**

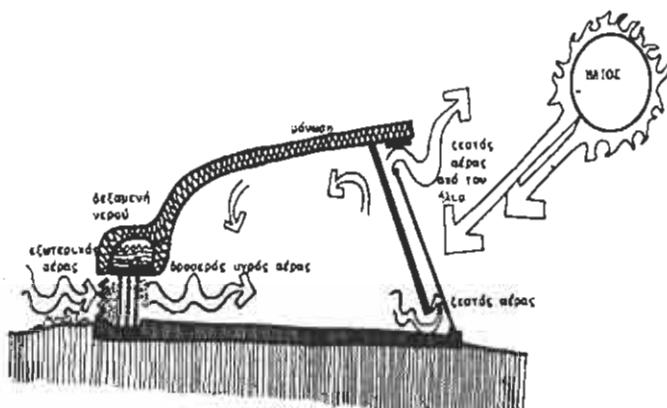
1. δεξαμενή νερού στο αίθριο
2. χειμωνιάτικο, δωμάτιο.
3. στοά, ψύξη με εξάτμιση.
4. πηγή.

**Πρόσθετα στοιχεία:**

5. αερογεννήτρια
6. διπλή οροφή
7. ανεμιστήρας, 8. λεπτομέρεια σκιάς
9. φαινόμενο Venturi, 10. τοίχος συλλέκτης



Σχ. 42. Παραδοσιακή κατοικία της Ανατολής. Φυσική ψύξη του κελύφους με τη χρήση υγρού αέρα.



Σχ. 43. Φυσική ψύξη βιοκλιματικού κελύφους, με την ύγρανση του εξωτερικού ζεστού αέρα.

## 1.5 Κέλυφος και φυσικός φωτισμός

### 1.5.1 Εισαγωγή

Φυσικό φως ονομάζεται το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (380-770 mm) την οποία εκπέμπει ο ήλιος και η οποία προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης μετά από απορρόφηση και σκέδαση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα.

Η χρήση του τεχνητού φωτισμού απετέλεσε προϋπόθεση για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων σε κλειστούς χώρους. Δημιούργησε ωστόσο δύο σοβαρά προβλήματα:

- πρώτον, η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την παραγωγή του τεχνητού φωτισμού συνεισφέρει σημαντικά στην ρύπανση του περιβάλλοντος,
- δεύτερον, η έλλειψη φυσικού φωτισμού έχει επιβλαβείς φυσιολογικές και ψυχολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

Με βάση αυτές τις διαπιστώσεις, εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί συμπεριέλαβαν στους στόχους τους την προώθηση του φυσικού φωτισμού έναντι του τεχνητού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενισχύει, μέσοι των προγραμμάτων THERMIE και JOULE, την ανάπτυξη τεχνολογίας και μεθόδων φυσικού φωτισμού με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι ο τεχνητός φωτισμός είναι υπεύθυνος για το 15% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.



**Σχ. 44.** Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού σε σχολικό κτίριο

### 1.5.2 Χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως (το φως που έρχεται απ' ευθείας από τον ήλιο), το διάχυτο φως, προερχόμενο από διάχυση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και τέλος το ανακλώμενο φως που προκύπτει εξ ανακλάσεως από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες.

Η λαμπρότητα του ουρανού μεταβάλλεται ως συνάρτηση μιας σειράς μετεωρολογικών εποχιακών και γεωμετρικού παραμέτρων και εξαρτάται ιδίας έναν βαθμό από το είδος των νεφών. Τα αραιά ανώτερα νέφη δημιουργούν μεγαλύτερες μεταβολές της λαμπρότητας από ότι τα χαμηλά πυκνά νέφη. Με αραιή νέφωση η περιοχή γύρω από τον ήλιο φαίνεται φωτεινότερη, ενώ όσο τα νέφη γίνονται πυκνότερα αυξάνει η ομοιογένεια της κατανομής χωρίς όμως ποτέ να γίνει απόλυτη. Οι πιο ομοιογενείς ουρανοί είναι αυτοί στους οποίους υπάρχουν περισσότερα είδη νεφών. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση στην Ευρώπη είναι η μερική νεφοκάλυψη του ουρανού. Θα πρέπει να τονισθεί η ιδιαίτερη σημασία που έχουν τα νέφη με κατακόρυφη ανάπτυξη, τα νέφη των μετωπικών καταιγίδων και τα ορογραφικά νέφη, τα οποία, καθώς έχουν μεγάλη κατακόρυφη και μικρή οριζόντια έκταση, μετακινούνται σχετικά γρήγορα, επηρεάζουν έντονα την κατανομή του φωτισμού και δημιουργούν γρήγορες εναλλαγές μεταξύ σκιασμένου και ελευθέρου ουρανού.

Μολονότι η κατανομή της λαμπρότητας στον ουράνιο θόλο ανάλογα με την νεφοκάλυψη είναι δύσκολο να κωδικοποιηθεί, υπάρχει μια σειρά μοντέλων που έχουν ως αντικείμενο αυτήν την σχέση.

Η φωτεινότητα του αιθρίου ουρανού παρουσιάζει επίσης μια ισχυρά ανομοιογενή κατανομή. Πιο φωτεινή είναι η περιοχή κοντά στον ήλιο, ενώ η λιγότερο φωτεινή περιοχή, η οποία είναι ταυτόχρονα και η περιοχή με το εντονότερο μπλε χρώμα, βρίσκεται σε ορθή γωνία προς την γραμμή του ηλιακού αξιμούθιου.

Όταν επικρατεί μερική ή ολική νεφοκάλυψη, τα νέφη λειτουργούν ως σκεδαστές, ανακλαστές και απορροφητές, τόσο του προσπίπτοντος, όσο και του ανακλώμενου από το έδαφος φωτός. Γενικά τα νέφη προκαλούν μίξη του φωτός με αποτέλεσμα την αίσθηση του λευκού φωτός. Ανάλογα με το πάχος των νεφών, μεταβάλλεται και η ποσότητα του φωτός που τα διαπερνά. Τα χαμηλά διαστρωματωμένα νέφη προκαλούν την μεγαλύτερη συσκότιση με μεγάλη χρονική διάρκεια, ενώ τα καταιγιδοφόρα νέφη προκαλούν μεγάλη συσκότιση, αλλά με μικρή διάρκεια.

Εκτός από την ποσότητα, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, μεταβάλλεται και η ποιότητα του φυσικού φωτισμού. Υπό συνθήκες αιθρίας, το χρώμα του ουρανού μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας. Επίσης, οι ανθρωπογενείς ρύποι είναι συχνά υπεύθυνοι για την αλλοίωση του χρώματος του ουρανού στις πόλεις, καθώς ορισμένοι από αυτούς ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ) απορροφούν επιλεκτικά την ακτινοβολία του ορατού φάσματος.

### 1.5.3 Ο φυσικός φωτισμός ως στοιχείο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού

Πριν από την ανάπτυξη του τεχνητού φωτισμού οι παραδοσιακές κοινωνίες στην Νότια Ευρώπη έδιναν μεγάλη σημασία στην επάρκεια του φυσικού φωτισμού. Η κυρίαρχη ανάγκη για τον έλεγχο της καλοκαιρινής θερμότητας οδήγησε στην χρήση πολύ διαφορετικών ανοιγμάτων και στην υιοθέτηση διαφορετικής γεωμετρίας στους εσωτερικούς χώρους. Η υιοθέτηση εσωτερικής αυλής αποδείχθηκε πηγή ποικιλίας λύσεων. Το φως του ήλιου αντί να εισέρχεται απευθείας στους χώρους υφίσταται πολλαπλές ανακλάσεις στα γύρω κτίρια, ενώ η βλάστηση του περιβάλλοντος χώρου συχνά χρησίμευε για την ρύθμιση και εξασθένιση του καλοκαιρινού φωτισμού, που αλλιώς θα ήταν πολύ έντονος. Χρησίμευε, επίσης, και για τον έλεγχο υπερθέρμανσης κατά την θερινή περίοδο. Τον χειμώνα, τα φύλλα έπεφταν αφήνοντας περισσότερο φως να περνά επιτρέποντας παράλληλα μεγαλύτερα θερμικά κέρδη τον ήλιο. Το μικροκλίμα του κτιρίου ήταν συνεπώς παράμετρος του σχεδιασμού για την επάρκεια του φυσικού φωτισμού.

Κατά τον 20ο αιώνα, η ύπαρξη φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας, οδήγησε στο να ατονήσει ο σχεδιασμός για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Οι σύγχρονες τάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση του επιπέδου ζωής και αύξηση της παραγωγικότητας στους χώρους εργασίας, έφεραν πάλι τον φυσικό φωτισμό στο προσκήνιο.

Οι δυνατότητες που παρέχονται από τα προγράμματα προσομοίωσης επιτρέπουν τη μελέτη της συμπεριφοράς ενός κτιρίου κάτω από διαφορετικές συνθήκες και για διαφορετικά επίπεδα φυσικού φωτισμού. Σήμερα, υπάρχουν μεθοδολογίες και προγράμματα προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, τα οποία επιτρέπουν τον υπολογισμό των κατασκευαστικών στοιχείων, ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

### 1.5.4 Ο φυσικός φωτισμός ως μέσο για την εξοικονόμηση ενέργειας

Ο σχεδιασμός κτιρίων με σωστή ενεργειακή συμπεριφορά αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αιτίες που επανέφεραν το φυσικό φωτισμό των κτιρίων στην επακαρόττητα. Ο τεχνητός φωτισμός αποτελεί σημαντική πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένα κτίρια. Ανάλογα με τον τύπο των λαμπτήρων, μικρό ή μεγάλο ποσοστό του φορτίου φωτισμού μετατρέπεται σε θερμότητα που επηρεάζει το θερμικό και το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στον σχεδιασμό

των ανοιγμάτων που επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να συμβάλλει:

- στην βελτίωση του φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου και στην μεγαλύτερη οπτική άνεση.
- στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό
- στην μείωση του ψυκτικού φορτίου

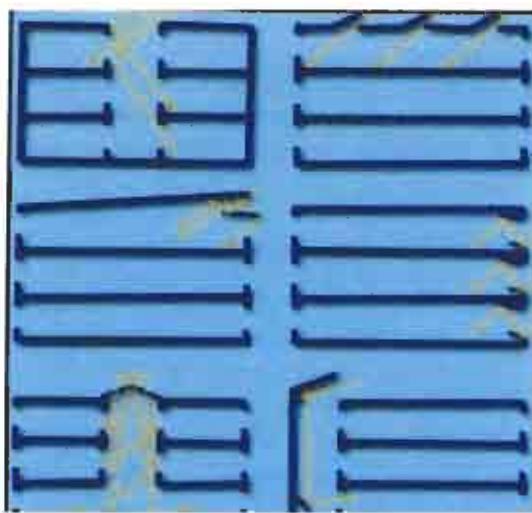
Σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατό να επιτευχθούν βέλτιστα αποτελέσματα με την αποκλειστική χρήση του φυσικού φωτισμού. Όμως, ο φυσικός φωτισμός μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου, όταν χρησιμοποιείται ως τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος που περιλαμβάνει την δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στον φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό ή την σκίαση, ανάλογα με τις επιθυμητές συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου καθώς και τις συνθήκες ηλιασμού και εξωτερικής θερμοκρασίας.

Η χρήση φυσικού φωτισμού κάνει δυνατή την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό έως και κατά 80%. Στην περίπτωση όπου το κτίριο λειτουργεί σε 24ωρη βάση με την χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού, η συνεισφορά του φυσικού φωτισμού φθάνει μέχρι και στο 40% της αρχικής κατανάλωσης.

### **1.5.5 Ο ρόλος των κελύφους στην δημιουργία οπτικής άνεσης και στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού**

Η βελτιστοποίηση της σχέσης μεταξύ των επιφανειών των φυσικά φωτιζόμενων χώρων και των διαστάσεων των εξωτερικών ανοιγμάτων βελτιώνει την οπτική συμπεριφορά του κτιρίου και την οπτική άνεση στο εσωτερικό του. Η κατανόηση αυτής της σχέσης επιτρέπει στον σχεδιαστή του κτιρίου να ενσωματώνει στο κέλυφος τεχνικές και στοιχεία φυσικού φωτισμού τα οποία επιτρέπουν την είσοδο στο κτίριο ποσότητας φωτός ικανής να εξυπηρετήσει τις λειτουργικές του ανάγκες.

Οι τεχνικές φυσικού φωτισμού που θα παρουσιαστούν σε αυτή την ενότητα στοχεύουν να βοηθήσουν τον σχεδιαστή του κτιριακού κελύφους να βελτιώσει την οπτική απόδοση του κτιρίου. Σκοπός των τεχνικών αυτών είναι η βελτιστοποίηση του μεγέθους των ανοιγμάτων με τρόπο τέτοιο ώστε αφενός να μεγιστοποιείται ο φυσικά φωτιζόμενος χώρος του κτιρίου και αφετέρου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τους θερινούς μήνες.



Σχ. 45. Τεχνικός φυσικού φωτισμού σε κτίρια

Η βελτιστοποίηση των στρατηγικών φωτισμού στο εσωτερικό ενός κτιρίου απαιτεί να εξετασθούν λεπτομερώς οι παρακάτω παράμετροι:

- **Η γεωμετρία των εσωτερικών χώρων.** Η κατασκευή χώρων με μεγάλο βάθος σε απόσταση από το κέλυφος του κτιρίου πρέπει να αποφεύγεται. Σημαντικό ρόλο παίζει η κάτοψη ενός κτιρίου. Η μεγιστοποίηση της επιφάνειας των χώρων με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του βάθους είναι δυνατή με την επιλογή κατόψεων σχήματος E, F, U, L, O και H.
- **Η γεωμετρία και η τοποθέτηση των ανοιγμάτων.** Το ύψος του κάτω μέρους της κάσας του ανοίγματος (πρεβάνζι), καθώς και το συνολικό ύψος και το πλάτος του παραθύρου είναι σημαντικές παράμετροι στην επίτευξη βέλτιστων συνθηκών φυσικού φωτισμού. Τα παράθυρα με μεγάλο πλάτος οδηγούν σε ομοιογενή κατανομή της φωτεινότητας στον χώρο καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Στην περίπτωση αυτή η φωτεινότητα έχει ζωνική κατανομή παράλληλη με τον τοίχο του παραθύρου. Αντίθετα, τα παράθυρα με μεγάλο ύψος προκαλούν χωρική κατανομή της φωτεινότητας σε ζώνες κάθετες στον τοίχο του παραθύρου, οδηγώντας έτσι σε ένα φωτεινό περιβάλλον το οποίο μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας. Το παράθυρο αυτού του τύπου προσφέρει βαθύτερη διείσδυση του φωτός και μεγαλύτερη δυνατότητα για φυσικό αερισμό, αλλά από την άλλη μειονεκτεί γιατί προκαλεί μεγαλύτερη θάμβωση. Τέλος, η τοποθέτηση ενός ανοίγματος στο μέσο του τοίχου οδηγεί σε καλή κατανομή του φωτισμού, ενώ ένα γωνιακό παράθυρο προκαλεί λιγότερη θάμβωση.

- **Η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών.** Όσο μεγαλύτερη είναι η ανακλαστικότητα, τόσο περισσότερη είναι η διείσδυση του φυσικού φωτός στο βάθος του δωματίου και τόσο πιο ομοιογενής είναι η κατανομή του φωτός στον χώρο.
- **Το μέγεθος και ο τύπος των γειτονικών κτιρίων** ή άλλων ψηλών εμποδίων, καθώς αυτά επηρεάζουν το φως που ανακλάται μέσα στο χώρο και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που αποκόπτεται από την ύπαρξη των εμποδίων. Για το λόγο αυτό, η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού σε πυκνό αστικό περιβάλλον είναι περιορισμένη.
- **Ο τύπος του ουρανού και ο προσανατολισμός των στοιχείων που εισάγουν φως στο κτίριο.** Ο αιθριος ουρανός παρέχει φως στο κτίριο ικανό να υπερτονίσει και την παραμικρή λεπτομέρεια του κτιρίου. Αντίθετα πιο ήπιες και σκιώδεις κατανομές φυσικού φωτισμού δημιουργούνται από ένα νεφοσκεπή ουρανό. Από την στιγμή που το νότιο τμήμα του αιθριού ουρανού είναι γενικά φωτεινότερο, είναι λογικό τα περισσότερα ανοίγματα να έχουν νότιο προσανατολισμό. Αυτό διμως αυξάνει συχνά την θάμβωση. Όμως η μείωση των διαστάσεων ενός ανοίγματος (για να αποφευχθεί η θάμβωση) μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον μη επαρκή φωτισμό του χώρου, όταν ο ουρανός είναι νεφοσκεπής. Ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει μεγαλύτερα θερμικά κέρδη κατά την διάρκεια του χειμώνα (που είναι επιθυμητά) αλλά και κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (που είναι ανεπιθύμητα και πρέπει να περιορίζονται με την χρήση κατάλληλων σκιάστρων). Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα παρέχουν φωτισμό ο οποίος μεταβάλλεται σημαντικά κατά την διάρκεια της ημέρας. Ειδικά τα νοτιοδυτικά ανοίγματα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα υπερθέρμανσης κατά την διάρκεια του θέρους. Τα βορινά ανοίγματα παρέχουν χαμηλής αλλά σταθερής έντασης φωτισμό καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Το διάχυτα ανακλώμενο ηλιακό φως μπορεί να αποτελέσει μία από τις σημαντικότερες πηγές φωτός σε εσωτερικούς χώρους, ειδικότερα σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια. Η διευθέτηση των ανοιγμάτων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την είσοδο στο εσωτερικό του κτιρίου του διάχυτου ηλιακού φωτός από τον ουρανό. αλλά ταυτόχρονα να εμποδίζει την διείσδυση του φωτός που ανακλάται από άλλες εξωτερικές επιφάνειες (μεταλλικές, ναλοπίνακες κλπ.). Αυτές είναι τις περισσότερες φορές λαμπρότερες από τον ουρανό με αποτέλεσμα

την δημιουργία έντονων φαινομένων θάμβωσης. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί με την χρήση έγχρωμων ιαλοπινάκων ή κινητών σκιάστρων στο χαμηλότερο μέρος των ανοιγμάτων.

Η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτός είναι από τα πιο σημαντικά κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι προτεραιότητες των ενοίκων, όταν διαλέγουν μία κατοικία, είναι κατά σειρά:

- Το φωτεινό οπτικό περιβάλλον
- Η ευρυχωρία
- Ο ηλιασμός του χώρου
- Η ησυχία
- Η καλή εσωτερική διαρρύθμιση
- Η ύπαρξη μπαλκονιών
- Η εύκολη πρόσβαση
- Η θέα

Η είσοδος του φυσικού φωτός σε ένα κτίριο μπορεί να βελτιωθεί αν ακολουθηθούν οι παρακάτω απλές υποδείξεις για τον σχεδιασμό και την αρχιτεκτονική ενός κτιριακού συνόλου:

- τοποθέτηση των βεραντών σε ανατολικές δυτικές διευθύνσεις και των γειτονικών σπιτιών σε νότιες βόρειες διευθύνσεις
- τοποθέτηση των χωρών στάθμευσης στο βορρά
- τοποθέτηση των αυλών στο νότο
- κατασκευή στεγών χαμηλού προφίλ
- επιλογή οικοπέδου με κλίση και νότιο προσανατολισμό για την κατασκευή ενός νέου κτιρίου

### 1.5.6 Διατάξεις φυσικού φωτισμού

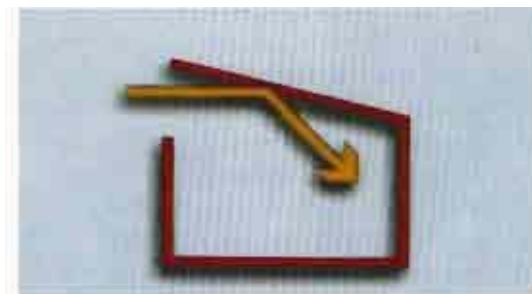
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται και αναλύεται επίδραση που έχει η μεταβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των διαφόρων διατάξεων στοιχείων που μπορούν να ενσωματωθούν στο κέλυφος του κτιρίου έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η οπτική συμπεριφορά του και να μεγιστοποιηθεί η χρήση του φυσικού φωτισμού. Η κυριότερη παράμετρος, οι τιμές της οποίας δίνουν πληροφορίες τόσο για την ποσότητα όσο και για την ποιότητα φυσικού φωτισμού σε ένα κλειστό χώρο, είναι ο **Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (ΠΦΦ)** που ορίζεται ως το πηλίκο του επιπέδου φωτισμού στο εσωτερικό

ενός κτιρίου, προς το επόπεδο φωτισμού στο εξωτερικό περιβάλλον την ίδια χρονική στιγμή.

Στη συνέχεια δίνονται ορισμένα στοιχεία ρόλο των διαφόρων στοιχείων του κελύφους στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

- **Αξιοποίηση της κεκλιμένης οροφής**

Αυτή είναι μία από τις απλούστερες ιδέες για την βελτίωση της κατανομής του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό ενός χώρου. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από κατακόρυφα ανοίγματα ανώτερο μέρος του δωματίου και ανακλάται προς τα κάτω από την οροφή (σχ. 46). Μία παραλλαγή αυτής της τεχνικής είναι η τοποθέτηση στην οροφή κατάλληλα προσανατολισμένων εσωτερικών ανακλαστήρων ώστε να ανακλούν το φως σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου.



**Σχ. 46.** Παράδειγμα χρήσης κεκλιμένης οροφής για την καλύτερη διανομή φυσικού φωτισμού

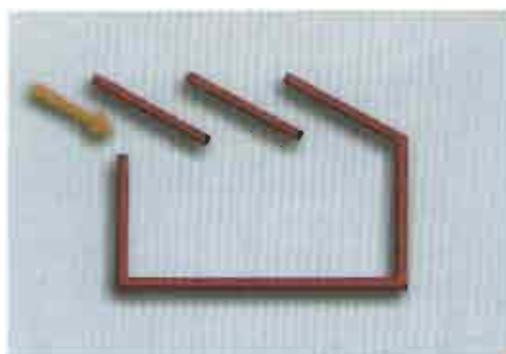
- **Επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων στην κατανομή της φωτεινότητας**

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων στο κέλυφος, επηρεάζουν την κατανομή της φωτεινότητας στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Το αποτέλεσμα για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να προκύψει μέσα από συστήματα προσομοίωσης, ενώ στη θεωρία μπορεί να βρει κανείς σε μορφή γραφικών παραστάσεων την μεταβολή του Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού ως συνάρτηση των γεωμετρικών στοιχείων των ανοιγμάτων (μήκος, πλάτος, ύψος, απόσταση από το έδαφος κτλ.).

- **Η χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής**

Κατά την διάρκεια του περασμένου αιώνα τα ανοίγματα οροφής (σχ. 47) ήταν ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των βιομηχανικών κτιρίων. Στην περίπτωση αυτή η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των ανοιγμάτων και από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Όταν ο ουρανός καλύπτεται από σύννεφα, τα ανοίγματα οροφής παρέχουν γενικά ομοιογενή φωτισμό. Όταν ο ουρανός είναι αιθριος, η κατανομή εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια προσανατολισμένα

ανοίγματα παρέχουν μία ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός, ενώ τα νότια επιτρέπουν την είσοδο της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου.



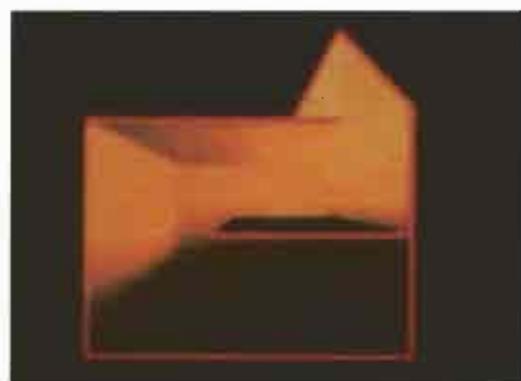
Σχ. 47. Χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής

- **Κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής**

Οι κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής είναι ανοίγματα τοποθετημένα στις πλευρές ανυψωμένων τομέων της στέγης, όπως φαίνεται στο σχ. 48. Μία σειρά από τέτοια ανοίγματα παρέχει φυσικό φωτισμό με ομαλή κατανομή στο οριζόντιο επίπεδο. Όταν ο ουρανός είναι αίθριος δημιουργούνται λωρίδες έντονης και μη φωτεινότητας. Στο σχ. 49 φαίνεται η προσομοίωση της εισόδου του φωτός από φεγγίτη οροφής, παρόμιοι με αυτόν τον σχήματος 50.



Σχ. 48. Κατακόρυφοι φεγγίτες οροφής



Σχ. 49. Προσομοίωση εισόδου φωτός από φεγγίτη οροφής



**Σχ. 50.** Τύπος φαγγίτη ορόφης παράμοιος με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση της προηγουμένης φωτογραφίας.

#### • Φωτεινός σωλήνας (light pipe)

Ο φωτεινός σωλήνας είναι ένα σύστημα που τοποθετείται στην οροφή του κτιρίου και μεταφέρει το φυσικό φως μέχρι και δύο ορόφους χαμηλότερα. Αποτελείται από έναν σωλήνα με τοιχώματα μεγάλης ανακλαστικότητας και έναν ανακλαστήρα τοποθετημένο στην κορυφή του. Ο ανακλαστήρας αναγκάζει το ηλιακό φως να εισέλθει στον σωλήνα, όπου μέσω πολλαπλών ανακλάσεων οδηγείται στον χώρο τον οποίο επιθυμούμε να φωτίσουμε. Στην βάση του συστήματος υπάρχει μια διάταξη που επιτρέπει την ομοιόμορφη διάχυση του φωτός στον χώρο. Η ολική απόδοση του συστήματος, η οποία είναι περίπου 50 % εξαρτάται από το μήκος και την διάμετρο του σωλήνα, την ανακλαστικότητα των τοιχωμάτων και τα λοιπά τεχνικά χαρακτηριστικά.

#### • Σχεδιασμός και αξιοποίηση των αίθριων

Αν και η κάλυψη του χώρου μεταξύ γειτονικών κτιρίων με γυάλινες οροφές είναι μία παλιά ιδέα, εντούτοις, τα αίθρια έγιναν δημοφιλή μόνο κατά τα τελευταία χρόνια κυρίως χάρη στην χρήση τους στα εμπορικά κέντρα. Τα αίθρια, αν σχεδιαστούν σωστά, είναι δυνατόν να αποτελέσουν πρόσθετη πηγή φυσικού φωτισμού στα κτίρια. Ο στόχος της κατασκευής ενός αίθριου είναι η αύξηση των γυάλινων επιφανειών του κτιρίου χωρίς να αυξηθούν σημαντικά οι θερμικές του απώλειες. Το ηλιακό φως που εισέρχεται στο κτίριο με του αίθριου, αντικαθιστά το τεχνητό φως επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Παραδείγματα αίθριων παρουσιάζονται στα σχήματα 51 και 52.



**Σχ. 51.** Χρήση αιθρίου για αύξηση του φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου



**Σχ. 52.** Σχηματική απεικόνιση εισόδου του φωτός σε εσωτερικό αιθρίο

Η προσθήκη αίθριου στα κτίρια προσφέρει σειρά από πλεονεκτήματα, ειδικά ως προς την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου δεδομένου ότι:

- τα παράθυρα των προσόψεων που “βλέπουν” στο αίθριο μπορούν να έχουν αυξημένη επιφάνεια και άρα αυξημένα επίπεδα φωτισμού δίχως τις αντίστοιχες θερμικές απώλειες,
- η θερμοκρασία στο εσωτερικό του αίθριου είναι γενικά υψηλότερη από την εξωτερική, με συνέπεια την μείωση των θερμικών απωλειών των γειτονικών κτιρίων και
- το δάπεδο του αίθριου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λειτουργικός χώρος του κτιρίου αφού προστατεύεται από τις εξωτερικές συνθήκες.

Ο βασικός στόχος της κατασκευής ενός αίθριου είναι η μεγιστοποίηση του τμήματος του κτιρίου που φωτίζεται με φυσικό φως. Ως προς το ενεργειακό μέρος, η προσθήκη ενός αίθριου έχει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό χάρη στην εκτεταμένη χρήση φυσικού φωτισμού.
- Μείωση του κλιματιστικού φορτίου αιχμής εξαιτίας της μη λειτουργίας των ηλεκτρικών λαμπτήρων.
- Αύξηση των ηλιακών κερδών και μείωση των απωλειών κατά τον χειμώνα, με αποτέλεσμα την μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου

Εντούτοις, η αύξηση των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι λόγω της παρουσίας του αίθριου πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για κτίρια που βρίσκονται σε θερμά κλίματα, επειδή οι ανάγκες για ψύξη είναι πιθανό να αντισταθμίζουν τα οφέλη από την μείωση του θερμικού φορτίου το χειμώνα και την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό.

Αν και η είσοδος του ηλιακού φωτός σε ένα αίθριο είναι επιθυμητή τόσο για την αύξηση της απόδοσης του φυσικού φωτισμού όσο και για αισθητικούς και ψυχολογικούς λόγους, μπορεί ωστόσο να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ακόμα και σε ήπια κλίματα. Για την αποφυγή των φαινομένων αυτών απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών σκίασης και αερισμού του αίθριου.

Υπάρχουν δύο κύριες τεχνικές σκίασης:

- **Διάχυτη σκίαση:** Στην περίπτωση αυτή επιδιώκεται η διάχυση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και η δημιουργία της αίσθησης του διάχυτου φωτός.
- **Σκίαση από συστήματα που προκαλούν αλλαγή της κατεύθυνσης και ανακατανομή στο χώρο του φωτός:** ανακλαστήρες, καθρέφτες, πρισματικές και ολογραφικές κατασκευές.

Τα συστήματα σκίασης είναι σταθερά ή κινητά, ώστε να προσαρμόζονται στις κλιματικές συνθήκες και στην αλλαγή της θέσης του ήλιου κατά την διάρκεια του έτους.

Την συμπεριφορά του αίθριου καθορίζει κυρίως ο τύπος των υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται για την στέγαση του, καθώς επιδρά όχι μόνο στην ποσότητα και την ποιότητα του φυσικού φωτισμού αλλά και στις ενεργειακές ανάγκες του χώρου για θέρμανση και κλιματισμό. Συνήθως, χρησιμοποιούνται δύο είδη υαλοπινάκων:

- **Ημιδιαφανείς**, οι οποίοι διαχέουν το φως αλλά δεν επιτρέπουν την άμεση θέα του ουρανού, με αποτέλεσμα την μείωση του φυσικού φωτισμού όταν ο ουρανός καλύπτεται από σύννεφα.
- **Διαφανείς**, οι οποίοι επιτρέπουν την διέλευση του ηλιακού φωτός, αλλά ταυτόχρονα και της θερμικής ηλιακής ακτινοβολίας. Η χρήση έγχρωμων ή φασματικά επιλεκτικών υαλοπινάκων είναι εναλλακτικές λύσεις με αυξημένο κόστος, οι οποίες όμως παρέχουν μεγαλύτερη προστασία.

Τέλος, για την καλή ενεργειακή συμπεριφορά του αίθριου απαιτείται:

- χρήση υαλοπινάκων με χαμηλό συντελεστή θερμικών απωλειών
- σωστός σχεδιασμός των ανοιγμάτων, ώστε κατά την θερμή περίοδο να υπάρχει δυνατότητα φυσικού αερισμού και δροσισμού του αίθριου

### **1.5.7 Μέθοδοι σχεδιασμού και υπολογισμού του φυσικού φωτισμού**

Ένας σχεδιαστής κτιρίων πρέπει να εξετάζει όλες τις πρακτικές λύσεις για την επιτυχή ενσωμάτωση συστημάτων φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο, τόσο κάτω από το πρίσμα της οπτικής άνεσης, όσο και από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας. Και τα δύο αυτά κριτήρια είναι σημαντικά για την βέλτιστη οπτική απόδοση του κτιρίου. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για την εκτίμηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού στα κτίρια, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την πολυπλοκότητα, τα μέσα που χρησιμοποιούν και το είδος των πληροφοριών που παρέχουν.

Αυτές οι μέθοδοι είναι:

- **Μακέτες**, δηλαδή αντίγραφα των αληθινών κτιρίων κατασκευασμένα υπό κλίμακα. Οι μακέτες επιτρέπουν την ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων φυσικού φωτισμού που χρησιμοποιούμαι στο κτίριο ως προς την οπτική άνεση και την οπτική συμπεριφορά του κτιρίου, αλλά τα αποτελέσματα τους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμεση αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης δεν είναι δυνατή με την μέθοδο αυτή να γίνει ταυτόχρονη μελέτη του συστήματος τεχνητού φωτισμού.
- **Υπολογιστικά εργαλεία**: υπάρχουν πολλά υπολογιστικά εργαλεία υπό την μορφή λογισμικού, τα οποία διαφέρουν ως προς την ακρίβεια κατά την προσομοίωση της οπτικής συμπεριφοράς ενός χώρου και άρα ιός προς τις ελάχιστες απαιτήσεις του υπολογιστικού συστήματος, την πολυπλοκότητα των χειρισμών και τον χρόνο που απαιτείται για την πραγματοποίηση των

υπολογισμών. Τα αποτελέσματα των υπολογιστικών αυτών εργαλείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί στη συνέχεια η ολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και συνεπώς η αξιολόγηση των ενεργειακών επιπτώσεων από την χρήση του φυσικού φωτισμού στα κτίρια.



**Σχ. 53.** Συστήμα τεχνητού ουρανού με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η μελέτη του φυσικού φωτισμού σε μοντέλα υπό κλίμακα

- **Απλοποιημένες γραφικές μέθοδοι:** είναι απλά σχεδιαστικά εργαλεία τα οποία επιτρέπουν μία πρόχειρη εκτίμηση της συμπεριφοράς των τεχνικών φυσικού φωτισμού που μπορούν να εφαρμοσθούν σε ένα κτίριο. Ο σχεδιαστής κτιρίων έχει την δυνατότητα να επιλέξει μία ή περισσότερες από αυτές τις μεθόδους, ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου και με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που επιθυμεί. Συνήθως οι απλοποιημένες γραφικές μέθοδοι ή τα απλά υπολογιστικά εργαλεία χρησιμοποιούνται στα πρώτα στάδια του σχεδιασμού για την επιλογή μεταξύ των διαφόρων εναλλακτικών σχεδιαστικών λύσεων, ενώ η τελική αξιολόγηση της στρατηγικής που επιλέγει απαιτεί την χρήση πολυπλοκότερων και ακριβέστερων μεθόδων. Σημαντικό ρόλο στην επιλογή της μεθόδου παίζει και το κόστος, καθώς τόσο οι μακέτες, όσο και οι ακριβείς υπολογιστικές μέθοδοι απαιτούν μεγάλες επενδύσεις σε εξοπλισμό (π.χ. ισχυρά υπολογιστικά συστήματα, εγκαταστάσεις τεχνητού ουρανού, κλπ.) και σε εργασία.

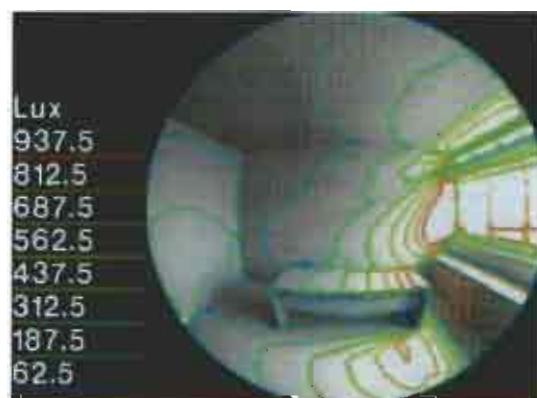
Στη συνεχεία, δίνονται περισσότερα στοιχεία για τις δύο από τις προαναφερθείσες μεθόδους, υπολογιστικά εργαλεία και τις απλοποιημένες γραφικές μεθόδους.

#### Υπολογιστικά εργαλεία:

Χάρη στην ταχύτατη εξέλιξη των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίοι, με ένα σχετικά μικρό κόστος προσφέρουν μεγάλη υπολογιστική δύναμη, έχει αναπτυχθεί πλήθος προγραμμάτων για τον ακριβή υπολογισμό της κατανομής του φωτός στο

εσωτερικό ενός κτιρίου. Δύο είναι οι βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε όλα σχεδόν τα προγράμματα:

- **Η μέθοδος «radiosity»,** η οποία αναπτύχθηκε από τον Goral (1994). Η μέθοδος αυτή είναι κατά κάποιο τρόπο συμπληρωματική στην μέθοδο 'ray tracing' η οποία περιγράφεται στην συνέχεια. Η μέθοδος radiosity είναι κατάλληλη για την ακριβή προσομοίωση εκτεταμένων φωτεινών πηγών, ανακλάσεων σε πλήρως διαχυτικές επιφάνειες, καθώς και την ρεαλιστική αναπαραγωγή σκιών.
- **Η μέθοδος «ray-tracing»** είναι μία μέθοδος στην οποία οι υπολογισμοί και η αναπαραγωγή εικόνων εξαρτούνται από το σημείο παρατήρησης. Αυτό σημαίνει ότι αν η γωνία παρατήρησης αλλάζει, τότε μεγάλο μέρος των υπολογισμών πρέπει να επαναληφθεί, κάτι που δεν συμβαίνει στην μέθοδο radiosity στην οποία οι υπολογισμοί βασίζονται μόνο στην γεωμετρία του χώρου. Η μέθοδος ray-tracing υπερέχει, ωστόσο, στον χειρισμό των σημειακών πηγών φωτός, ανακλάσεων σε κατοπτρικές επιφάνειες και φαινομένων διάθλασης. Στα σχήματα 54 και 55 παρουσιάζονται παραδείγματι "φωτορεαλιστικής απεικόνισης" χώρων προέκυψαν με την βοήθεια της μεθόδου 'ray-tracing'.



Σχ. 54. Προσομοιώσεις επιδρασης σκυλιών στον φυσικό φωτισμό



Σχ. 55. Προσομοιώσεις φυσικού φωτισμού πριν την υιοθέτηση αντανακλαστικού σκιαδίου και συστήματος σκίασης στο κτίριο του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας



Σχ. 56. Προσομοιώσεις φυσικού φωτισμού μετά την υιοθέτηση αντανακλαστικού σκιαδίου και συστήματος σκίασης στο κτίριο του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας

Εκτός από αυτές τις δύο τεχνικές, υπάρχουν και άλλα υπολογιστικά εργαλεία στα οποία οι υπολογισμοί του φυσικού φωτισμού στηρίζονται σε απλούστερες μεθόδους, όπως η μέθοδος ‘Iument’ και η μέθοδος ΠΦΦ (Μέθοδος Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού). Οι μέθοδοι αυτές είναι πολύ πιο απλές στην εκμάθηση και την χρήση τους και παράγουν γρήγορα αποτελέσματα, αλλά η εφαρμογή τους περιορίζεται σε απλές γεωμετρικές κατασκευές και τα αποτελέσματα που παράγουν είναι λιγότερο ακριβή.

### Απλοποιημένες γραφικές μέθοδοι:

Παρόλη την ανάπτυξη της πληροφορικής, πολλοί σχεδιαστές σήμερα είτε δεν έχουν πρόσβαση στα ηλεκτρονικά υπολογιστικά εργαλεία είτε βρίσκουν δυσκολίες στην χρήση τους. Επιπλέον, η μελέτη του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο με την χρήση μοντέλων υπό κλίμακα ή υπολογιστικών εργαλείων είναι συχνά δαπανηρή σε χρόνο και σε χρήμα. Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί απλοποιημένες γραφικές μέθοδοι υπολογισμού του φυσικού φωτισμού, οι οποίες μπορούν να αντικαταστήσουν τις πιο πολύπλοκες, όταν ο σχεδιαστής επιθυμεί μία γρήγορη αξιολόγηση μίας σχεδιαστικής λύσης.

Οι πιο διαδεδομένες από τις μεθόδους αυτές είναι:

- Μέθοδος διαφανών κλιμάκων του BRE
- Μέθοδος του διαγράμματος Waldram
- Μέθοδος sky dot του Pilkington
- Μέθοδος διαφανών κλιμάκων του Bryant

Τέλος, για μία πρόχειρη εκτίμηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό ενός κτιρίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του Μέσου Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού (Pritchard, 1990). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή ο μέσος παράγοντας φυσικού φωτισμού στο χώρο υπολογίζεται από απλές σχέσεις, η πιο διαδεδομένη και απλή από τις οποίες είναι αυτή που προτείνουν οι Littlefair / Plymouth:

$$\text{ΜΠΦΦ} = [\tau A H / At (1-St^2)]$$

όπου  $\tau$  είναι η διαπερατότητα του διάχυτου φωτός του υαλοπίνακα,  $A$  είναι η επιφάνεια του υαλοπίνακα,  $At$  είναι η επιφάνεια όλων των δομικών στοιχείων του χώρου και  $St$  είναι η μέση ανακλαστικότητα όλων των επιφανειών του χώρου.  $H$  γωνία  $H$  (σε μοίρες) είναι η οπτική γωνία προς τον ελεύθερο ουρανό με κορυφή το μέσο του παραθύρου και παρουσιάζεται στο σχήμα 56.



Σχ. 57. Υπολογισμός της γωνίας  $H$

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΘΗΤΙΚΑ – ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

- 2.1 Γενική θεώρηση**
- 2.2 Ταξινόμηση των παθητικών συστημάτων**
- 2.3 Α. Συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος**
  - 2.3.1 Αποτελεσματικότητα συστήματος**
  - 2.3.2 Άμεσα ηλιακά κέρδη – θερμική αποθήκευση –**
- 2.4 Β. Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος**
  - 2.4.1 Θερμικό ισοζύγιο του τοίχου θερμικής αποθήκευσης**
  - 2.4.2 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης**
  - 2.4.3 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης – θερμική άνεση**
  - 2.4.4 Η απόδοση του συστήματος**
    - 2.4.4.1 Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου**
    - 2.4.4.2 Το πάχος του τοίχου και τα υλικά κατασκευής του**
    - 2.4.4.3 Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου συλλέκτη**
- 2.5 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους κτιρίου με προσαρτημένο θερμοκήπιο στη νότια πλευρά**
  - 2.5.1 Θερμική συμπεριφορά του κτιρίου**
  - 2.5.2 Η αποτελεσματική απόδοση του συστήματος**
    - 2.5.2.1 Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου**
    - 2.5.2.2 Το μέγεθος του θερμοκηπίου**
    - 2.5.2.3 Η κλίση του ναλοστασίου και τα υλικά κατασκευής θερμοκηπίου**
    - 2.5.2.4 Η σύνδεση του θερμοκηπίου με το κτίριο**
  - 2.5.4 Παρατηρήσεις**

## ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

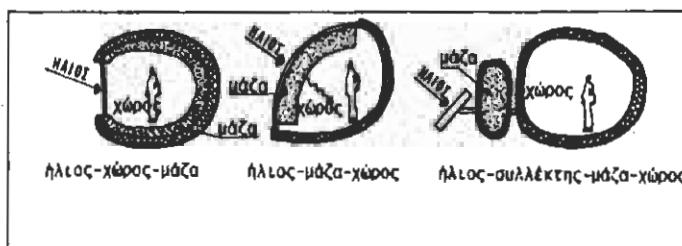
### 2.1 Γενική Θεώρηση

Κέλυφος χαρακτηρίζεται η εξωτερική επιδερμίδα των κτιρίων", δηλαδή η περιοχή όπου διαλαμβάνονται ανταλλαγές θερμότητας, ανάμεσα στο κτίριο και στο εξωτερικό περιβάλλον. Τα βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία, που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι:

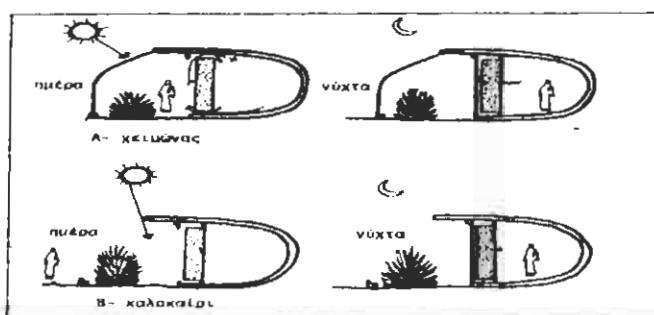
- τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους,
- οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης ή συλλέκτες θερμότητας,
- τα προσαρτημένα στο κτίριο θερμοκήπια.

Τα χαρακτηριστικά αυτά στοιχεία πρόκειται να παίζουν ένα σημαντικό ρόλο, ένα ρόλο "ενεργητικό", δηλαδή να τροφοδοτήσουν το κτίριο με "φυσικές" θερμίδες, που παίρνουν από το εξωτερικό περιβάλλον και συγκεκριμένα από τον ήλιο, χωρίς να επιβαρύνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο (σχ.1,2).

Για να εφαρμοστούν οι βασικές βιοκλιματικές αρχές, όπως αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, και να επιτευχθούν οι στόχοι, που θέτει η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, χρησιμοποιείται μια ήπια τεχνική για την αξιοποίηση και εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, τα λεγόμενα "παθητικά συστήματα".



Σχ. 1. Σχηματική παράσταση της βασικής τυπολογίας των παθητικών συστημάτων.



Σχ. 2. Λεπτομέρια βιοκλιματικού κελύφους. Α- το χειμώνα, Β- το καλοκαίρι.

## 2.2. Ταξινόμηση των παθητικών συστημάτων

Τα παθητικά συστήματα, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες ενότητες:

A. σε συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος.

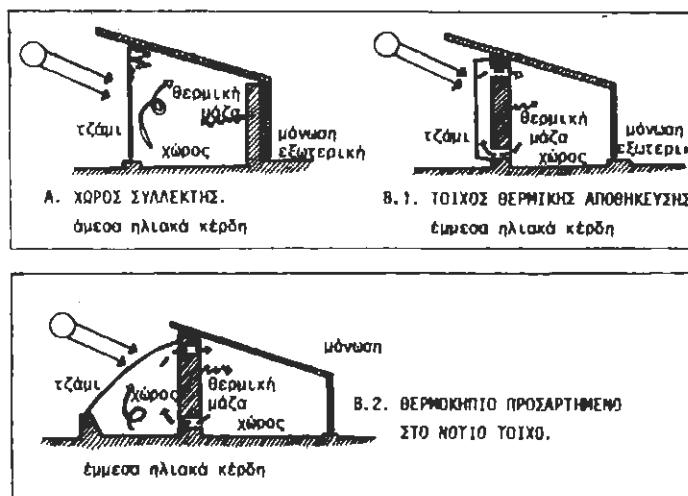
B. σε συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος, που διακρίνονται:

1- σε συστήματα που χρησιμοποιούν τους τοίχους συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης και,

2- σε συστήματα που χρησιμοποιούν τα θερμοκήπια, τα προσαρτημένα συνήθως στη νότια πλευρά του τοίχου.

Γ. σε συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, όπου η συλλεκτήρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της θερμότητας κάποια απλά μηχανικά μέσα, όπως ανεμιστήρες. Τα μικτά αυτά συστήματα λέγονται και υβριδικά και βασίζονται στη φυσική ροή κάποιου υγρού, αέρα ή νερού.

Η ανάπτυξη, που ακολουθεί, περιορίζεται στις δύο πρώτες ενότητες, που θεωρούμε γνήσια παθητικά συστήματα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η τρίτη ενότητα δεν παρουσιάζει αξιόλογα πλεονεκτήματα. Σχηματικά, τα συστήματα άμεσου και έμμεσου ηλιακού κέρδους απεικονίζονται στο σχήμα 3.



**Σχήμα 3. Σχηματική παράσταση των βασικών παθητικών συστημάτων. Προβούθεστη για την αποτελεσματική τους λειτουργία ο νότιος πρόσανατολισμός και η βαριά μάζα στο εσωτερικό του κελύφους.**

### 2.3. A. Συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος

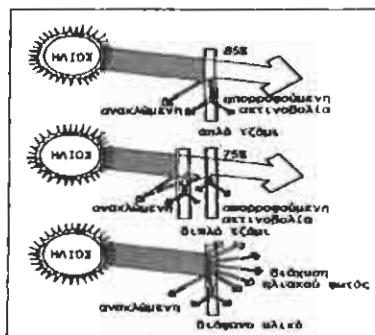
Το γυάλινο άνοιγμα είναι χαρακτηριστικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής, λόγω της διπλής επιρροής που υφίσταται, τόσο από την τεχνολογική εξέλιξη στα είδη των γυαλιών, όσο και από την ανάγκη επικοινωνίας των ενοίκων με τη φύση και το περιβάλλον.

Ο απλούστερος τρόπος, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων, είναι η συλλογή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο (σχ.4,5). Τα νότια ανοίγματα συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου πάντα θετικά, ανεξάρτητα αν ο σχεδιασμός τους είναι συμβατικός ή βιοκλιματικός. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι, ένα κτίριο που λειτουργεί παθητικά παγιδεύει την ηλιακή θερμότητα, που μπαίνει μέσα, την αποθηκεύει στα δομικά του στοιχεία, τοίχους - δάπεδα - οροφή, κατασκευασμένα από βαριά υλικά, με σκοπό να επαναποδώσει αυτή τη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου τη νύχτα ή σε περιόδους συννεφιάς.

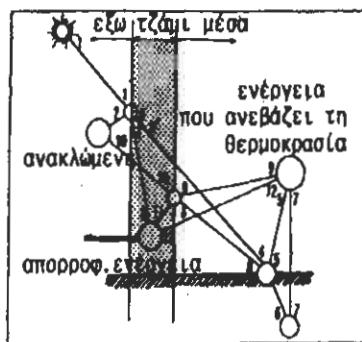
Οι παράγοντες, που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος, είναι :

- οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στη νότια πρόσοψη,
- η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου, με κύρια οργάνωση προς το νότο,
- η μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε ν' απορροφάται οποιαδήποτε απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας,
- η θερμική προστασία στην εξωτερική πλευρά του κελύφους,
- η μείωση των θερμικών ανταλλαγών μέσα από τ' ανοίγματα, με τη χρήση κινητών μονωτικών παντζουριών.

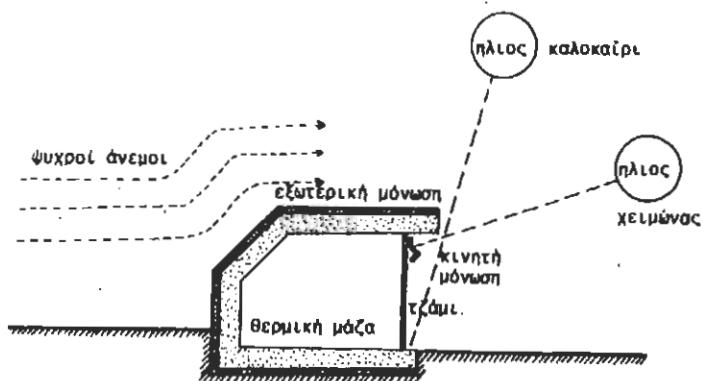
Διαγραμματικά, οι παραπάνω προϋποθέσεις για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος, παριστάνονται στο σχήμα 6.



Σχ. 4. Ποσοστό του ηλιακού φωτός που περνά μέσα από το γυάλινο άνοιγμα.



Σχ. 5. Η πορεία εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω από το τέλιμη και η μετατροπή της σε θερμική ενέργεια.



Σχ. 6. Διαγραμματικό κύλινδρος που λειτουργεί με υπόστα ηλιακά κέρδη. Ήλιος → τέλιμη → χώρος → μάζα → μόνωση

### 2.3.1 Η αποτελεσματικότητα του παθητικού συστήματος.

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται, εφόσον τ' ανοίγματα προσανατολίζονται στο νότο, με ανοχή  $\pm 25^\circ$  ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου. Έτσι διασφαλίζεται και η εύκολη ηλιοπροστασία του ανοίγματος, το καλοκαίρι και η αποφυγή της υπερθέρμανσης του χώρου.
- την κλίση του ανοίγματος. Το κατακόρυφο είναι προτιμότερο, γιατί ενώ σχεδόν έχει τον περισσότερο ηλιασμό τον χειμώνα (σχ.7) προστατεύεται εύκολα το καλοκαίρι

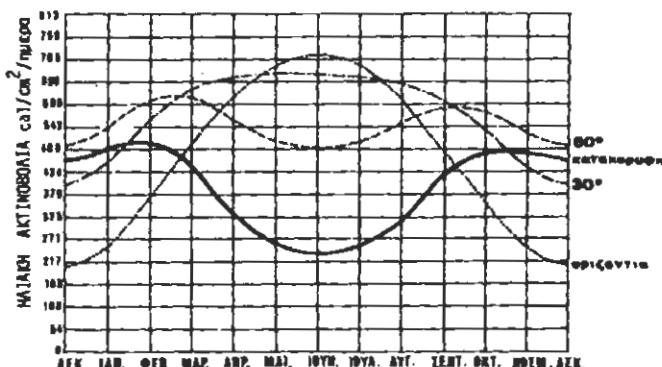
γ. το μέγεθος του ανοίγματος, που έχει άμεση σχέση με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (βλ.πίν.1), (σχ.8).

δ. τη θέση του ανοίγματος στην όψη ή κοντά στην οροφή, έτσι ώστε ο ηλιασμός, που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια να διανέμεται ομοιόμορφα στον εσωτερικό χώρο (σχ.9). Γενικά, το βάθος του χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 /2 φορές το ύψος του παράθυρου, (που μετράται από το δάπεδο), σύμφωνα με κάποιον εμπειρικό κανόνα. Ο άμεσος ηλιασμός όλου του χώρου λειτουργεί αποτελεσματικότερα στην απόδοση του συστήματος.

Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, για τους βορινούς πίσω χώρους, η πριονωτή διάταξη της οροφής με κατακόρυφους φεγγίτες ή ανοίγματα στην οροφή (skylights) ή η κλιμακωτή διάταξη του κτιρίου, μπορεί να εξασφαλίσει τον άμεσο ηλιασμό του χώρου (σχ.10,11,12).

ε. τον τύπο του υαλοπίνακα, απλό ή γυαλί που διαχέει το φως και διανέμει τη θερμική ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου, κυρίως όμως βοηθά στην αποφυγή του θαμπώματος, που προκαλείται από την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο ζωής ή εργασίας (σχ. 13).

στ. την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στα συμπαγή δομικά στοιχεία της κατασκευής, γιατί είναι πιο αποτελεσματική από την έμμεση για την απόδοση του συστήματος. Γενικά, απαιτείται 4πλάσια ποσότητα θερμικής μάζας για την αποθήκευση της έμμεσης ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον αέρα του χώρου, σε σχέση με την άμεση πρόσπτωση στα συμπαγή δομικά στοιχεία, οροφή - δάπεδα -τοίχοι.



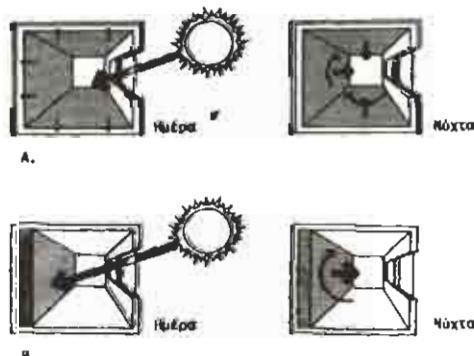
Σχ. 7. Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε νότιες επιφάνειες με κλίση

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.	
Μέγεθος νότιων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες	
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα	Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου (κάτοψης)
°C	m <sup>2</sup>
Κλίμα ψυχρό	
-9,4	0,27 – 0,42 (με νυχτερινή μόνωση)
-6,7	0,24 – 0,38 "
-3,9	0,21 – 0,33
1,1	0,19 – 0,29
Κλίμα εύκρατο	
+1,7	0,16 – 0,25
+4,5	0,13 – 0,21
+7,2	0,11 – 0,17

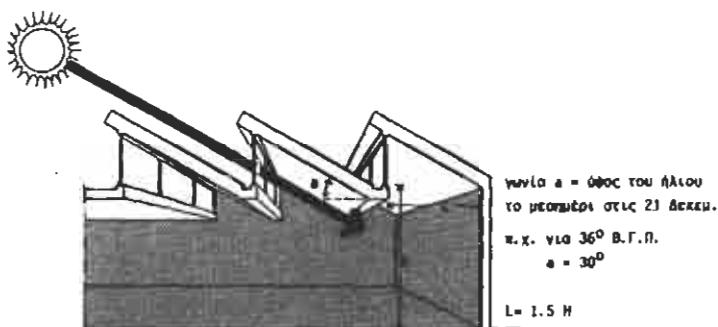
Οι αναλογίες αυτές, επιφάνεια ανοίγματος / μοναδιαία επιφάνεια του χώρου μπορούν να εφαρμοστούν σε κτίρια καλά μονωμένα. Για νοτιά γεωγραφικά πλάτη, 35°, χρησιμοποιούνται οι χαμηλότερες αναλογίες ανοίγματος / επιφάνεια χώρου, ενώ για βορειότερα γεωγραφικά πλάτη, 48°, χρησιμοποιούνται οι υψηλότερες αναλογίες.



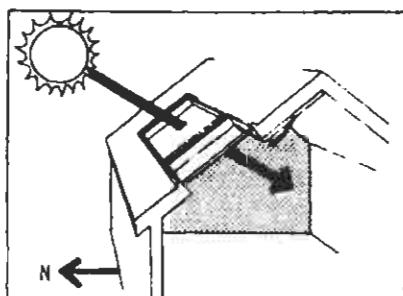
Σχ. 8. Αναλογία επιφάνειας ηλιακού ανοίγματος προς επιφάνεια κάτοψης.



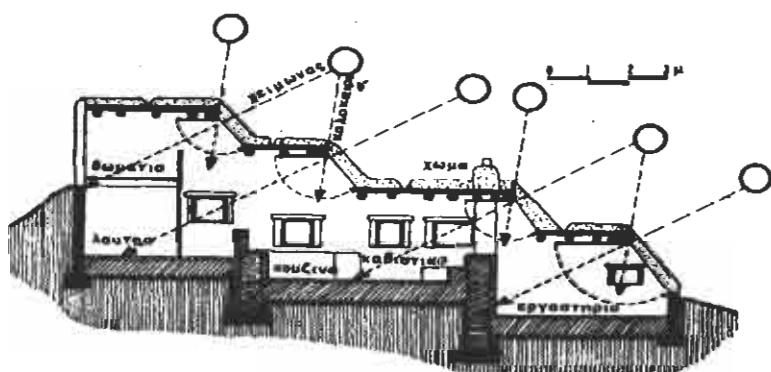
Σχ. 9. Διανομή της θερμικής ενέργειας στον εσωτερικό χώρο. Α. έμμεση αποθήκευση, Β. άμεση αποθήκευση.



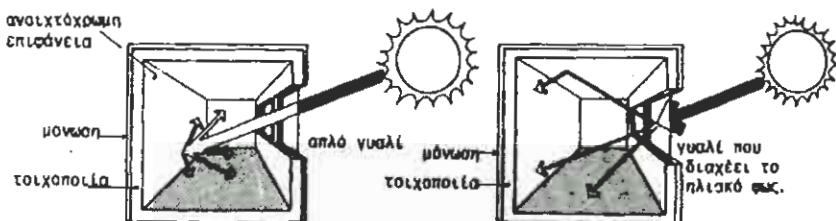
Σχ. 10. Κατακόρυφοι φεγγίτες κοντά στην οροφή, για την εξασφάλιση ηλιασμού στους πίσω χώρους.



Σχ. 11. Ανοίγματα στη ηροφή της στέγης



Σχ. 12. Κλιμακοτή διάταξη κατοικίας για τον καλύτερο ηλιασμό των χώρων. Πρόκειται για την κατοικία "Karen Terry" στο Νέο Μεξικό.



Σχ. 13. Διανομή της ηλιακής θερμικής ακτινοβολίας για διαφορετικού τύπου γυαλί.

### 2.3.2 Άμεσα ηλιακά κέρδη -θερμική αποθήκευση -θερμική άνεση.

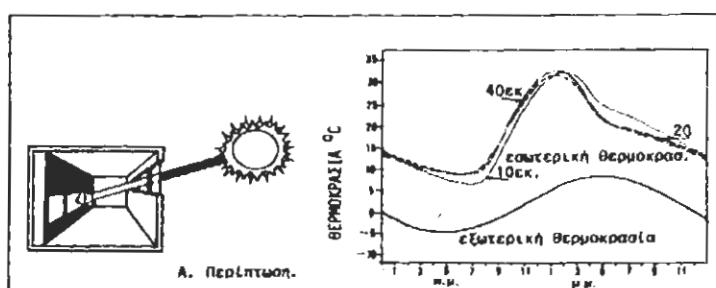
Το σύστημα του άμεσου ηλιακού κέρδους ολοκληρώνεται με τον προσδιορισμό της θερμικής μάζας των επιφανειών, που περιβάλλουν τον εσωτερικό χώρο. Η ποσότητα της ενέργειας, που αποθηκεύεται στη διάρκεια της ημέρας και επαναποδίδεται σταδιακά στη διάρκεια της νύχτας, καθορίζει τελικά και τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, και κατά συνέπεια τις συνθήκες θερμικής άνεσης.

Το χειμώνα, το 65% περίπου των θερμικών απώλειών συμβαίνουν τη νύχτα, ενώ το υπόλοιπο 35% στη διάρκεια της ημέρας. Αυτό σημαίνει ότι, το άμεσο ηλιακό κέρδος, που προέρχεται από τα νότια ανοίγματα, για μια ηλιόλουστη χειμωνιάτικη ημέρα, πρέπει να είναι ισόποσο προς τις θερμικές απώλειες. Όταν μικρή μόνο ποσότητα της θερμικής ενέργειας αποθηκεύεται, τότε, τη μεν ημέρα προκαλούνται συνθήκες υπερθέρμανσης, τη δε νύχτα χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα κριτήρια που ρυθμίζουν την ικανότητα θερμικής αποθήκευσης των δομικών στοιχείων είναι:

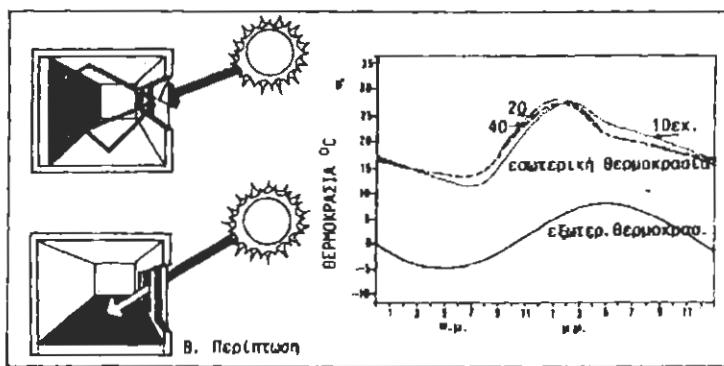
η θέση, το μέγεθος, η διανομή της θερμικής μάζας των επιφανειών, που περιβάλλουν το χώρο.

Από έρευνα, που έγινε, για τις σχέσεις ανάμεσα στην ποσότητα της θερμικής μάζας, την αποθήκευση του άμεσου ηλιακού κέρδους και τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, προκύψαν τα εξής αποτελέσματα:



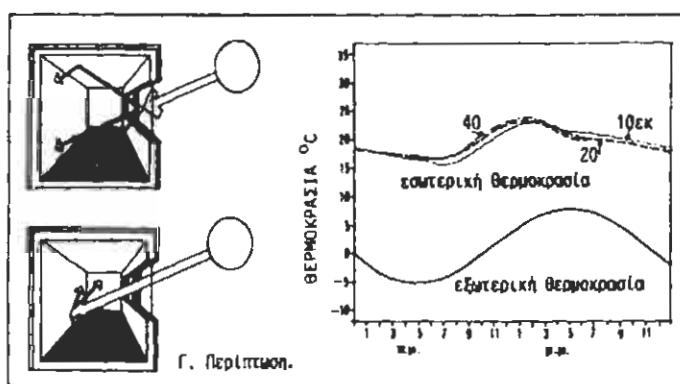
Σχ. 14. Απόδοση των συστήματος για επιφάνειες υπό μπλετών, διαφορετικού μεγέθους.

**A' Περίπτωση:** Η μάζα του τοίχου από μπετόν είναι εκτεθειμένη στο άμεσο ηλιακό φως, είναι βαμμένη σκούρα, με εξωτερική μόνωση. Η επιφάνεια της είναι 1 1/2 φορά μεγαλύτερη από την επιφάνεια του ηλιακού ανοίγματος. Η απόδοση του συστήματος και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, για μια ηλιόλουστη, χειμωνιάτικη ημέρα, είναι περίπου 22°C, για όλα τα πάχη της τοιχοποιίας (10 εκ., 20 εκ. και 30 εκ., αντίστοιχα).



Σχ. 15. Διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας για διαφορετικού μεγέθους επιφάνεια από μπετόν.

**B' Περίπτωση:** Η μάζα του τοίχου από μπετόν ή το δάπεδο, βαμμένο σε σκούρο χρώμα, είναι εκτεθειμένη στον άμεσο ηλιασμό. Η επιφάνεια της είναι 3πλάσια σε σχέση με την επιφάνεια του ανοίγματος. Η απόδοση του συστήματος και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, για μια ηλιόλουστη χειμωνιάτικη ημέρα, απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 15. Η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία είναι 14.5°C.



Σχ. 16. Διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας για διαφορετικού μεγέθους επιφάνεια από μπετόν.

**Γ' Περίπτωση:** Οι τοίχοι και το δάπεδο αποτελούν τη μάζα θερμικής αποθήκευσης, κατασκευασμένα από μπετόν και εξωτερική θερμική μόνωση. Η επιφάνεια, που εκτίθεται στον άμεσο ηλιασμό, είναι 9πλάσια σε σχέση με την επιφάνεια του ηλιακού ανοίγματος. Η

απόδοση του συστήματος και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι πολύ ικανοποιητική, για όλα τα πάχη της τοιχοποιίας. Η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία είναι 7.0°C. Ο ίδιος χώρος κατασκευασμένος με ελαφριά υλικά παρουσιάζει μια διακύμανση περίπου 21°C.

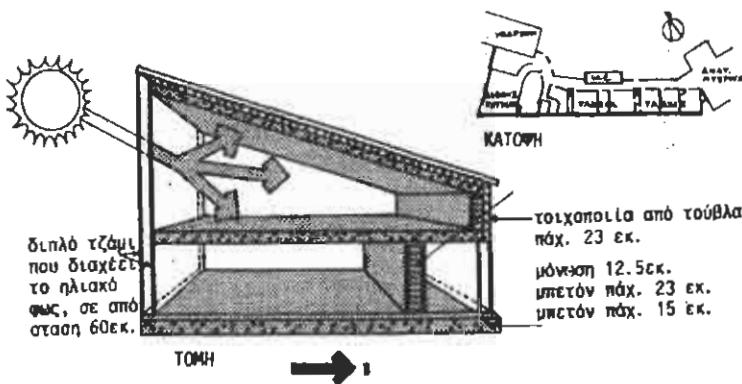
Από τ' αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι, για την κατοικία όπου απαιτούνται συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας γενικά, η τελευταία περίπτωση είναι η προτιμότερη. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής θερμότητας, περίπου το 60%, αποθηκεύεται στη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να μην αυξάνεται υπέρμετρα, ενώ αντίθετα η θερμοκρασία τη νύχτα να είναι κοντά στα όρια της θερμικής άνεσης (βλ. πίν.2).

ΤΙΒΗΝΑΚΑΣ 2.			
Σύγχρονη στατιστική ανάλυση ηλιακού κλίματος κάρρονς:			
Διακύμανση της ηλιακότητας θερμοκρασίας			
A' περίπτωση	B' περίπτωση	C' περίπτωση	
Πάχος τοίχου	Πάχος τοίχου	Πάχος τοίχου	
20 εκ.	20 εκ.	10 εκ.	
Μέγιστη θερμοκρασία του αέρα.	31.6°C	27.7°C	23.3°C
Ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα	9.0°C	13.3°C	16.1°C
Διακύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας.	22.6°C	14.4°C	7.2°C
Μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία του τοίχου.	37.2°C	28.9°C	23.9°C
Ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που αποθηκεύτηκε (5.00 μ.μ.)	50%	55%	60%

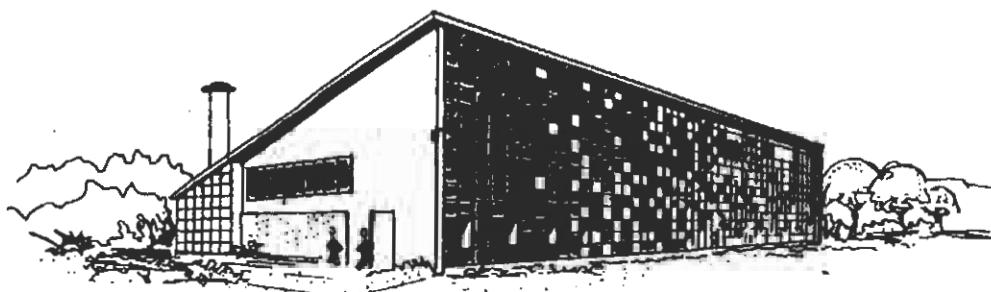
Τα αποτελέσματα του πίνακα δείχνουν με σαφήνεια ότι, προκειμένου ένας κατοικήσιμος χώρος να παραμένει θερμικά ευχάριστος, πρέπει η άμεση ηλιακή ακτινοβολία ν' απορροφάται και ν' αποθηκεύεται από θηλάσια επιφάνεια, σε σχέση με το ηλιακό άνοιγμα. Η κατασκευή να είναι από υλικά βαριά, με μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται και από το πάχος του τοίχου. Ο τοίχος από μπετόν πάχους 10 εκ., αποθηκεύει την περισσότερη θερμότητα, ενώ το μεγαλύτερο από 20 εκ., πάχος του τοίχου δεν έχει καμία αποτελεσματικότητα.

Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα άμεσου ηλιακού κέρδους αποτελεί το σχολείο Wallasey, στο Λίβερπουλ της Αγγλίας, μια από τις πρώτες κατασκευές, που θερμαινεται απευθείας και μόνο από τον ήλιο (σχ. 17, εικ. 18). Οι ανάγκες του για θέρμανση καλύπτονται κατά 50% από την ηλιακή ενέργεια, κατά 34% από τον τεχνητό φωτισμό και κατά 16% από τη θερμότητα που εκλύει το σώμα των μαθητών (από 15-35 μαθητές για κάθε τάξη).

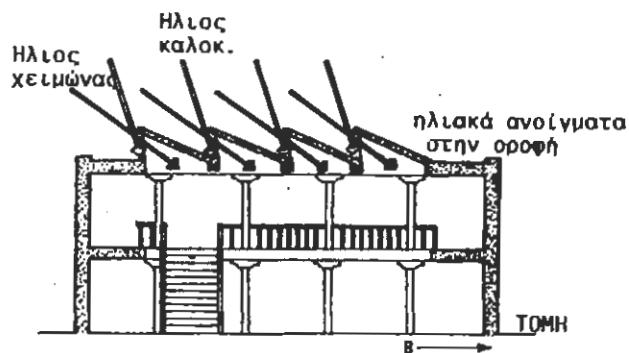
Άλλο παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος θέρμανσης με άμεσο ηλιακό κέρδος είναι το εστιατόριο Maxamillian, στην Αλμπουνέρκη του N. Μεξικού. Το ίδιο σύστημα χρησιμοποιείται και για φυσική ψύξη του χώρου το καλοκαίρι. Περιλαμβάνει τέσσερα μεγάλα ανοίγματα στην οροφή, προσανατολισμένα στο νότο, και τοιχοποιία με μεγάλη θερμική μάζα, κατασκευασμένη από τούβλα και πλίνθους (σχ. 19, 20, εικ. 21).



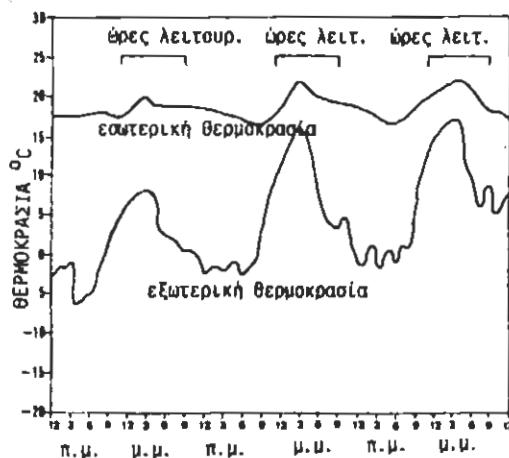
**Σχ. 17.** Κάτοψη και Τομή του σχολείου Wallasey, στο Λίβερπουλ της Αγγλίας θερμαινεται κατά το 50% από την ηλιακή ενέργεια.



Εικ. 18. Εξωτερική άποψη του σχολείου Wallasey.



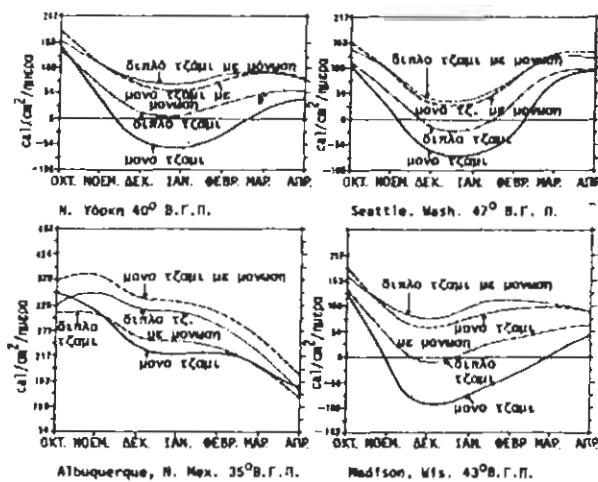
Σχ. 19. Το εστιατόριο Maxamillian, στο Νέο Μεξικό. Τομή του κτιρίου.



Σχ. 20. Διακύμανση της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμοκρασίας, στις 25.26.27 Νοεμβρίου 1977, όπως μετρήθηκαν, στο εστιατόριο Maxamillian.

Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι, το γυάλινο άνοιγμα αποτελεί τον πιο απλό, τον πιο αποτελεσματικό συλλέκτη ηλιακής ενέργειας, με την προϋπόθεση ότι συνδυάζεται με μια σημαντική θερμική αδράνεια του προσαρτημένου χώρου και νυχτερινή θερμική μόνωση (σχ.22, εικ.23).

Το καλοκαίρι, επωφελούμενο από τα συστήματα ηλιοπροστασίας, αποφεύγει τις συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χώρο.



**Σχ.21.** Η απόδοση του απλού ή διπλού τέσσιου, με μόνωση ή χωρίς μόνωση.

## 2.4 B. Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος

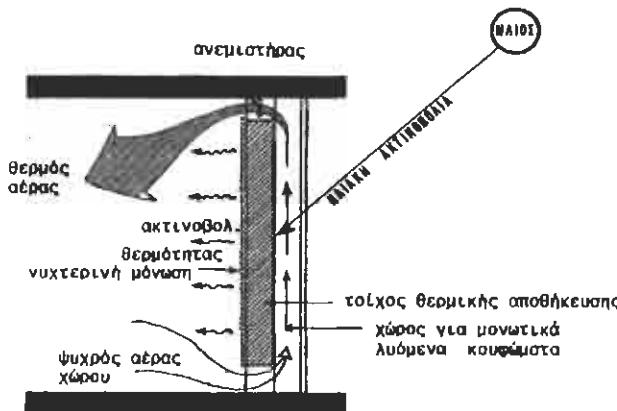
Τα συστήματα, που εκμεταλλεύονται με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων, βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικών λειτουργιών:

Ηλιος→συλλογή (γυάλινη επιφάνεια)→αποθήκευση (θερμική μάζα)→θέρμανση (εσωτερικός χώρος).

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους διακρίνονται:

1. Στους τοίχους συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης, που πρέπει να συνδέονται με γυάλινα ανοίγματα, προσανατολισμένα στο νότο, μια και αυτά εξασφαλίζουν τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.

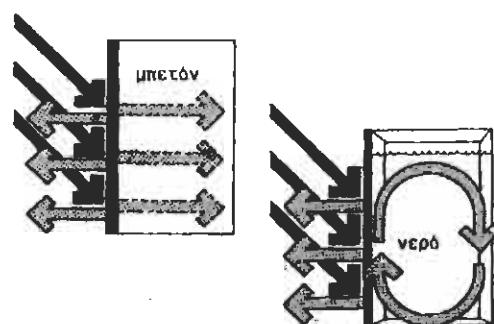
Σχηματικά το σύστημα με τοίχο συλλέκτη και έμμεσο ηλιακό κέρδος μπορεί να εκφραστεί από την παράσταση του σχήματος 22.



**Σχ. 22.** Η τοιχοποιία βρίσκεται στη νότια πλευρά του κτιρίου. Η ηλιακή ενέργεια, που διαπερνά τη γηάλινη επιφάνεια, σγκλωβίζεται στο χώρο ανάμεση στο γηάλι και τον τοίχο, μετατρέπεται σε θερμότητα και απορροφάται από τη μάζα της τοιχοποιίας.

#### 2.4.1 Θερμικό ισοζύγιο του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.

Η θερμική ενέργεια, που απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνει την εξωτερική επιφάνεια του και στη συνέχεια τη μάζα του, με αγωγιμότητα, μέχρι που φτάνει στην εσωτερική του πλευρά, με κάποια χρονική καθυστέρηση και με μειωμένη την αρχική της ένταση (σχ.23). Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη εξωτερική, επιφανειακή θερμοκρασία και την παραπτηρούμενη μέγιστη εσωτερική, αντίστοιχα, ελαττωμένης κατά την ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύτηκε στον τοίχο αντιστοιχεί στη χρονική καθυστέρηση ή διαφορά φάσης.



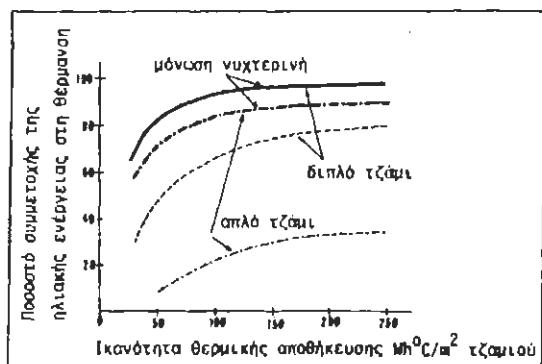
**Σχ. 23.** Αγορή θερμότητας σε στογγείο από μάζα μπετόν και νερού.

Όσο αυξάνεται το πάχος και η θερμοχωρητικότητα μιας τοιχοποιίας, ενώ η θερμική αγωγιμότητα ελαττώνεται, τόσο πιο μεγάλη είναι η χρονική καθυστέρηση και πιο σημαντική η θερμική αδράνεια της κατασκευής. Κατά συνέπεια το άμεσο θερμικό κέρδος είναι πιο μικρό.

Η επιλογή των τοίχων θερμικής αποθήκευσης θα πρέπει να γίνεται κατά τρόπο, που να

διασφαλίζεται στην πράξη, μια χρονική καθυστέρηση της τάξης των 6-8 ωρών, έτσι ώστε το κτίριο να επωφελείται της μέγιστης θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου στην αρχή της νύχτας.

Ο τοίχος, λοιπόν, συλλέκτης ή θερμικής αποθήκευσης συμπεριφέρεται σαν ένας μηχανισμός χρονικής μετάθεσης και αδρανοποίησης των κυμάτων της εξωτερικής θερμοκρασίας, έτσι που το εσωτερικό περιβάλλον να επωφελείται του θερμικού κέρδους, όταν δεν υπάρχει ηλιασμός, παρατείνοντας αποτελεσματικά τη "χρήσιμη" ηλιοφάνεια, για τη θέρμανση του χώρου χωρίς τη χρήση συμπληρωματικών πηγών ενέργειας. Από έρευνα, που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του Los Alamos, στην Αμερική /10/ για την ποσοστιαία συμβολή του δίδυμου, τοίχος θερμικής αποθήκευσης-γυάλινη επιφάνεια στην εξοικονόμηση ενέργειας από ηλιακή ενέργεια, διαπιστώθηκε ότι, πέραν ενός ορίου η θερμοχωρητικότητα του τοίχου έχει πολύ μικρή επίδραση (σχ.24). Παρατηρείται ότι πέρα από μια βέλτιστη τιμή πις θερμοχωρητικότητας, η καμπύλη της γίνεται μια οριζόντια ασύμπτωτη ευθεία, όσο κι αν αυξάνεται το μέγεθος τοίχος συλλέκτης-γυάλινη επιφάνεια. Η νυχτερινή μόνωση συμμετέχει σημαντικά στη θερμική απόδοση του ηλιακού συστήματος.

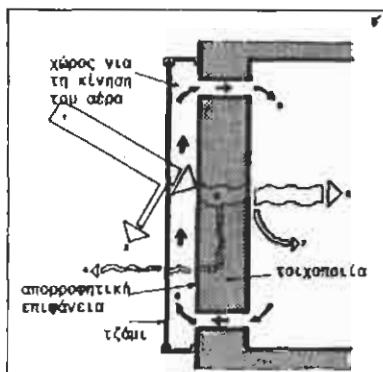


Σχ. 24. Ποσοστιαία συμμετοχή της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων εφαρμόζοντας το σύστημα τοίχος θερμικής αποθήκευσης - γυάλινη επιφάνεια.

#### 2.4.2 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης.

Η λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης μελετήθηκε ιδιαίτερα στη Γαλλία. Ο καθηγητής F. Trombe (του ερευνητικού κέντρου C. N. R. S.) μαζί με τον αρχιτέκτονα J. Michel, μελέτησαν ένα σύστημα τοίχου με θυρίδες, γνωστού ως τοίχου "Trombe", που το εφάρμοσαν στα πρώτα πειραματικά, ηλιακά σπίτια, στο Odeillo της Γαλλίας, το 1967. Το σύστημα του τοίχου Trombe (σχ.27), αποτελείται από ένα τοίχο από μπετόν, πάχους 30-40 εκ. βαμμένο σε σκούρο χρώμα στην εξωτερική του πλευρά, που συνδυάζεται με μια γυάλινη επιφάνεια, σε απόσταση 3 εκ. περίπου. Στο επάνω και κάτω μέρος του τοίχου υπάρχουν

θυρίδες, σ' όλο του το μήκος, που διευκολύνουν την κίνηση του αέρα.

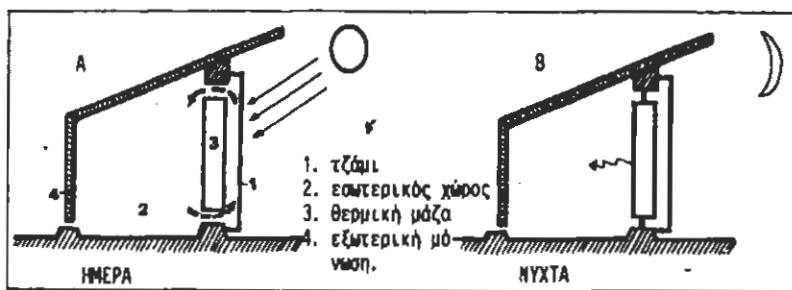


Σχ.25. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος Trombe:

1. προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.
2. ανακλώμενη ακτινοβολία από τη γυαλινή επιφάνεια.
3. θερμική ενέργεια που απορροφάται από τον τοίχο.
4. θερμότητα που χάνεται από τον τοίχο.
5. θερμότητα που ακτινοβολείτε από τον τοίχο προς τα μέσα με χρονική καθυστέρηση.
6. θερμότητα που μεταφέρεται, από τον αέρα.
7. θερμότητα που μεταφέρεται από την επιφάνεια του τοίχου.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και μέσα από τις θυρίδες, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα::

- στη διάρκεια της ημέρας, όταν ο ήλιος προσπίπτει στο γυαλί, θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται στο χώρο ανάμεσα στο τζάμι και στον τοίχο· ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και μέσα από την θυρίδα μπαίνει στον εσωτερικό χώρο. Ταυτόχρονα, ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο, μπαίνει από την κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε (σχ. 26 Α).
- στη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία προφανώς αντιστρέφεται. Οι δυο θυρίδες κλείνουν, πάνω και κάτω, και η θέρμανση του χώρου πετυχαίνεται με την ακτινοβολία της αποθηκευμένης θερμότητας στον τοίχο (σχ.26 Β).



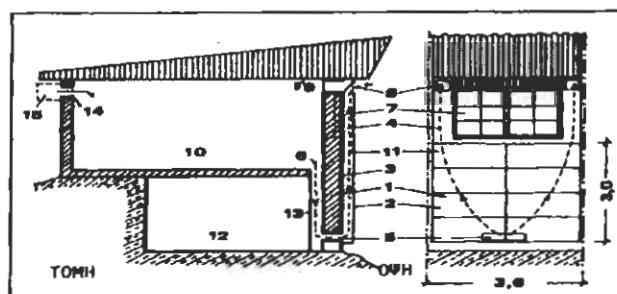
**Σχ. 26. Σχηματική παράσταση του τοίχου Trombe. Η λειτουργία του συστήματος ημέρα και νύχτα, στη διάρκεια του χειμώνα.**

Το σύστημα του τοίχου Trombe παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, λόγω του απλού τρόπου κατασκευής, το χαμηλό κόστος του και τη σημαντική ενεργειακή του απόδοση. Το γεγονός ότι αποδίδει άμεσο, ηλιακό θερμικό κέρδος στον εσωτερικό χώρο, ιδιαίτερα τις πρωινές ώρες, που παρατηρούνται και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα της χρονικής καθυστέρησης, τον καθιστά πολύ αποτελεσματικό. Ακόμη, μπορεί να εφαρμοστεί, πολύ εύκολα, στα ήδη υπάρχοντα κτίρια.

Το μειονέκτημα του είναι ότι, μπορούν να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χώρο, κυρίως όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Επίσης η κίνηση του αέρα μέσα από τις θυρίδες αερισμού δημιουργεί θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο.

Το καλοκαίρι η λειτουργία του τοίχου Trombe αντιστρέφεται. Η επάνω θυρίδα κλείνει, ενώ ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα του ναλοστασίου στο επάνω μέρος (φεγγίτης), έτσι ώστε με το φαινόμενο της "καμινάδας" ν' απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω (σχ.27).

Επίσης με συστήματα ηλιοπροστασίας απλά, μια και πρόκειται για νότιο προσανατολισμό, μπορεί ν' αποκλειστεί εντελώς η άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας.



**Σχ. 27. Σχηματική παράσταση λειτουργίας του συστήματος τοίχου Trombe, στη διάρκεια του καλοκαιριού.**

Επεξηγήσεις της κατασκευής:

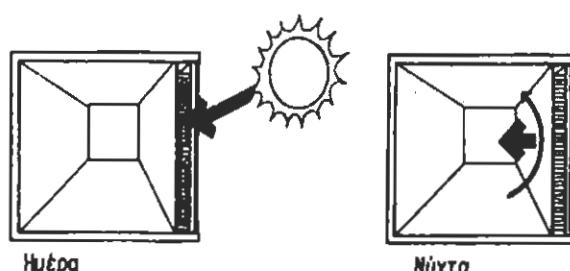
1. τοίχος από μπετόν για θερμική αποθήκευση.

2. γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση 5 εκ.
3. τραχιά, θερμοαπορροφητική επιφάνεια βαμμένη μαύρη.
4. χώρος για την κίνηση του ζεστού αέρα.
5. είσοδος δροσερού αέρα από το περιβάλλον.
6. ψυχρότερος αέρας του χώρου.
7. παράθυρα.
8. Θυρίδες με βαλβίδα για τη ρύθμιση της ροής του αέρα προς τα μέσα η προς τα έξω.
9. έξοδος ζεστού αέρα.
10. εσωτερικός χώρος.
11. κίνηση του αέρα στο χώρο, ανάμεσα στο γυαλί και, στον τοίχο.
13. διαχωριστικός τοίχος.
14. είσοδος δροσερού αέρα από τη βορινή πλευρά, με βαλβίδα για τη ρύθμιση, της ροής το καλοκαίρι.
15. καθαρισμός του αέρα.

Προωθώντας την έρευνα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης, κυρίως οι ερευνητές στην Αμερική, μελέτησαν και εφάρμοσαν μια άλλη μορφή, τον τοίχο "νερού", πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια, με νότιο προσανατολισμό.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα του νερού, που αποθηκεύει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο υλικό και έχει σημαντική θερμική απόδοση. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι τοίχοι, νερού είναι ότι, απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με τους άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης, από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λ.π., (σχ.30,εικ·31).

Ως μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι, όπως θερμαίνεται ομοιόμορφα παρουσιάζει την ίδια θερμοκρασία τόσο στην εξωτερική, όσο και στην εσωτερική του επιφάνεια, και κατά συνέπεια η ακτινοβολία θερμότητας το βράδυ, συμβαίνει και προς τις δύο κατευθύνσεις, μέσα και έξω. Αντή η αδυναμία μπορεί ν' αντιμετωπιστεί με νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά.

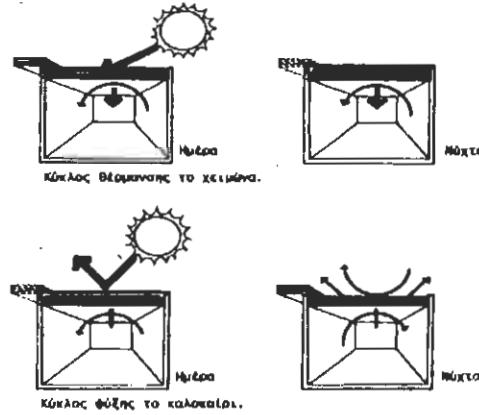


**Σχ. 28. Θερμική αποθήκευση σε τοίχο νερού. Η λειτουργία του ημέρα και νύχτα.**

Παραλλαγή του συστήματος θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού, αποτελεί η οροφή "νερού" (roof-pond), όπου πλαστικοί σάκοι, γεμάτοι νερό, τοποθετούνται πάνω από την πλάκα του κτιρίου. Η ηλιακή θερμότητα συσσωρεύεται μέσα στη μάζα του νερού στη διάρκεια της ημέρας και αποδίδεται σταδιακά στον εσωτερικό χώρο τη νύχτα. Προϋπόθεση για να λειτουργήσει το σύστημα αποτελεσματικά είναι η νυχτερινή προστασία με εξωτερική μόνωση.

Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης στην οροφή νερού προσαρμόζεται τόσο το χειμώνα για τη θέρμανση, όσο και το καλοκαίρι για τη φυσική ψύξη του κτιρίου (σχ.29).

Το μεγάλο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής και οι πρόσθετες στατικές επιβαρύνσεις του κτιρίου.



**Σχ. 29. Σύστημα οροφής νερού (roof - pond) για τη θέρμανση και ψύξη της κατασκευής.**

Το μεγάλο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής

#### 2.4.3 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης - θερμική άνεση.

Κάτω από την επίδραση της θερμικής αδράνειας, ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης εγγυάται, σε μεγάλο βαθμό, την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής του επιφάνειας, στην αρχή της νύχτας, φτάνει τους  $25^{\circ}\text{C}$  περίπου (σε άμεση συνάρτηση με το πάχος του), ενώ αντίστοιχα η ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται τις πρωινές ώρες και μπορεί να φτάσει πολύ χαμηλά, ακόμη και τους  $15^{\circ}\text{C}$ .

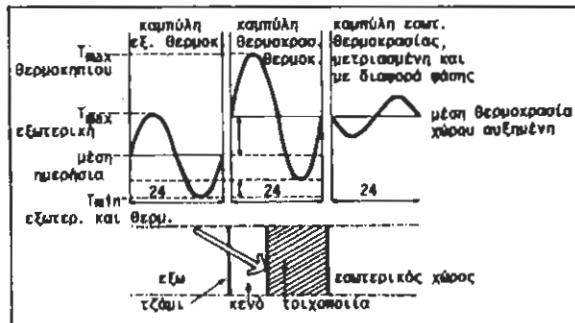
Στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι, συνήθως η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου-συλλέκτη κυμαίνεται από  $18-22^{\circ}\text{C}$ , θερμοκρασίες που βρίσκονται στα όρια της θερμικής άνεσης.

Ακόμη, πρέπει να διευκρινιστεί ότι, τη χρονική στιγμή που παρατηρείται η ελάχιστη θερμοκρασία (το πρωί), αρχίζουν να εμφανίζονται τα πρώτα άμεσα ηλιακά, θερμικά κέρδη από τα νότια ανοίγματα.(σχ.30).

Ο μόνος κίνδυνος που επισημαίνεται είναι, η διακύμανση της θερμοκρασίας του τοίχου γύρω από μια χαμηλή μέση τιμή, κυρίως για τις περιοχές με κλίμα ψυχρό- όπου θα πρέπει να παίρνονται ιδιαίτερα μέτρα θερμικής μόνωσης του τοίχου, στη διάρκεια της νύχτας.

Για το μεσογειακό κλίμα, η κατάσταση αυτή είναι μάλλον σπάνια, όπου το εύρος της ημερήσιας θερμοκρασίας είναι μάλλον μεγάλο, με μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας.

Για τους παραπάνω λόγους οι τοίχοι συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης δεν συνιστώνται για περιοχές με κλίμα ψυχρό και μέτρια. ηλιοφάνεια, ενώ αντίθετα για κλιματικές περιοχές, όπως η Ελλάδα, αποτελούν λύση αρκετά ικανοποιητική.



**Σχ. 30.** Η θερμική λειτουργία του τοίχου συλλέκτη στη διάρκεια του 24ωρου. Η καμπύλη της εξωτερικής θερμοκρασίας στην επιφάνεια του τοίχου διευρύνεται-αυξάνεται, σε σχέση με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του χώρου, αυξημένη επίσης σε σχέση με την εξωτερική.

Το φαινόμενο οφείλεται στη λειτουργία του θερμοκρατίου ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο-συλλέκτη.

#### 2.4.4 Η απόδοση του συστήματος.

Όταν ένας τοίχος συλλέκτης είναι σωστά σχεδιασμένος, η θερμοκρασία του χώρου παραμένει στα όρια της ζώνης άνεσης (από 20°-28°C), στη διάρκεια του χειμώνα, χωρίς καμιά πρόσθετη θερμαντική πηγή.

Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου,
- το πάχος του τοίχου και τα υλικά της κατασκευής του,
- το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου,
- τον τρόπο λειτουργίας του.

##### 2.4.4.1 Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου.

Προσδιορίζεται από τρεις καθοριστικές παραμέτρους:

a. το κλίμα του τόπου, που σημαίνει τις θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία. Όσο μεγαλώνει η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο πρέπει ν' αυξάνεται η θερμική αποθήκευση, άρα και το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου.

β. το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, που καθορίζει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στη νότια επιφάνεια του τοίχου. Όσο το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνει, τόσο μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως πρέπει ν' αυξάνεται το μέγεθος του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.

γ. τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση, πράγμα που εξαρτάται από τις θερμικές απώλειες και τον βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου. Ένας χώρος καλά μονωμένος απαιτεί λιγότερη θερμιότητα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σε ικανοποιητικά επίπεδα, και κατά συνέπεια απαιτείται μικρότερη επιφάνεια τοίχου συλλέκτη.

Από μελέτη, που πραγματοποιήθηκε στην Αμερική, προέκυψε ο πίνακας 3 προσδιορίζει τα μεγέθη της επιφάνειας του τοίχου θερμικής αποθήκευσης, σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες. Κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους, επιφάνεια τοίχου / επιφάνεια χώρου, αποτέλεσε η εσωτερική θερμοκρασία, με όρια διακύμανσης από  $18.3^{\circ}$ - $24^{\circ}\text{C}$ , για μια ηλιόλουστη ημέρα του Ιανουαρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3:		
Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου θερμικής αποθήκευσης Για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες:		
Μέση εσωτερική θερμοκρασία το χειμώνα $^{\circ}\text{C}$	Επιφάνεια τοίχου για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου τ. μ.	
<b>Κλίμα ψυχρό</b>	τοιχοποιία	Τοίχος νερού
-9,5	0,72 – 1,0	0,55 – 1,0
-6,7	0,60 – 1,0	0,45 – 0,85
-4,0	0,51 – 0,93	0,38 – 0,70
-1,0	0,43 – 0,78	0,31 – 0,55
<b>Κλίμα εύκρατο</b>		
+1,5	0,35 – 0,60	0,25 – 0,43
+4,5	0,28 – 0,46	0,20 – 0,34
+7,2	0,22 – 0,35	0,16 – 0,25

Σημείωση: Για γεωγραφικό πλάτος περίπου  $35^{\circ}$  χρησιμοποιούνται οι μικρότερες τιμές επιφάνειας τοίχου / επιφάνεια κάτοψης. Για βορειότερα γεωγραφικά πλάτη χρησιμοποιούνται οι, μεγαλύτερες τιμές. Για κτίρια με ανεπαρκή μόνωση επίσης χρησιμοποιούνται οι υψηλότερες τιμές.

#### 2.4.4.2 Το πάχος του τοίχου και τα υλικά κατασκευής του.

Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας καθορίζεται και από το πάχος και το υλικό

κατασκευής του τοίχου συλλέκτη. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του, τόσο μικρότερες διακυμάνσεις παρουσιάζει η θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο. Ακόμη, όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει ν' αυξάνεται, για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα τη συλλεκτική επιφάνεια και η απαιτούμενη χρονική καθυστέρηση μειώνεται. Από την πρακτική έχει προκύψει ότι:

για τοίχους κατασκευασμένους από μπετόν το βέλτιστο πάχος κυμαίνεται από 30 – 40 εκ., με διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας από 8.90 – 5.60°C, και χρονική καθυστέρηση από 9- 12 ώρες (βλ. πίν. 4)

για τον τοίχο νερού το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται ανάμεσα στα 20-50 εκ. Επειδή όμως το νερό έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμαίνεται ομοιόμορφα, με αποτέλεσμα η θερμότητα ν' αποδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, η απόδοση ων τοίχων νερού δεν αυξάνεται, γενικά, ανάλογα με το πάχος του. Αυτό σημαίνει ότι το βέλτιστο πάχος μπορεί να μειωθεί, χωρίς η αποτελεσματικότητα του συστήματος να μειώνεται (σχ.31).

για την ωμοπλινθοδομή, το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται στα 30 εκ., με διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας γύρω στους 3.9°ε και με χρονική καθυστέρηση περίπου 8 ωρών (σχ.32).

για τον τοίχο από τούβλο, το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται γύρω στα 40 εκ., με διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας 4.4°ε περίπου, και χρονική καθυστέρηση γύρω στις 8 ώρες (σχ.33).

ΤΙΒΑΚΑΣ 4.

Διαγράμμιση της ποσητικής, καπνούσιας θερμοκρασίας και χρονικής καθυστέρησης για τοίχο συλλέκτη από μπετόν

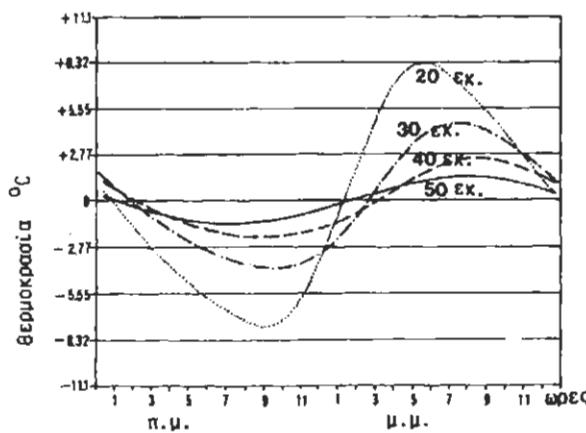
Πάχος τοίχου (cm)	Διακύμανση της θερμοκρασίας (°C)	Χρονική καθυστέρηση της υψηλότερης θερμοκρασίας (ώρες)
20	22.2	6.8
30	11.1	9.3
35	8.3	10.6
40	5.5	11.9
45	4.1	13.2
50	2.7	14.5
60	1.1	17.1

#### 2.4.4.3 Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου συλλέκτη.

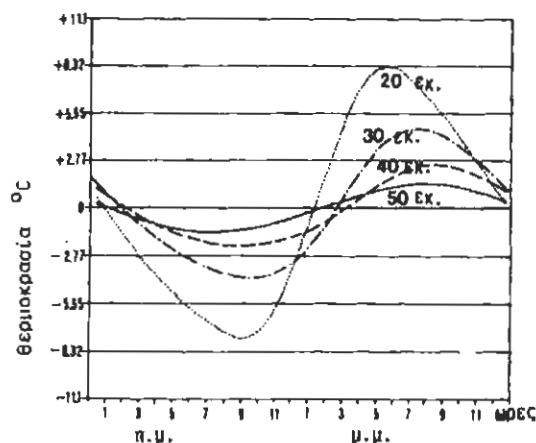
Η ικανότητα απορρόφησης της θερμικής ενέργειας από τον τοίχο επηρεάζεται από το χρώμα της εξωτερικής του επιφάνειας. Τα σκούρα χρώματα απορροφούν, γενικά, περισσότερη θερμιότητα. Το μαύρο χρώμα έχει την μεγαλύτερη απορροφητικότητα

Γι' αυτό το λόγο οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων θερμικής αποθήκευσης συνιστάται να βάφονται σκούρες, γιατί η αυξημένη ικανότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας επηρεάζει την απόδοση τους (βλ.πίν. 5)

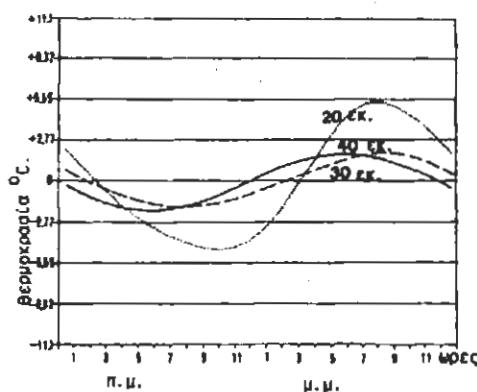
ΤΙΒΑΚΑΣ 5.			
Ικανότητα απορρόφησης θερμικής ενέργειας, χρωμάτων και υλικών			
Χρώμα - υλικό	Απορροφητικότητα (α)	Χρώμα - υλικό	Απορροφητικότητα (α)
Μαύρο	0,97	Μπλετόν καφέ	0,85
Μαύροματ	0,95	Σκούρο μπλε γκρι	0,88
Σκούρο γκρι	0,91	Τούβλο κόκκινο	0,70
Φυσικό μπλετόν	0,65	Πράσινο	0,59
Μπλετόν μαύρο	0,91	Ανοιχτό πράσινο	0,47
Σκούρο πράσινο	0,89	Κίτρινο	0,57
Σκούρο καφέ	0,88	άσπρο	0,25



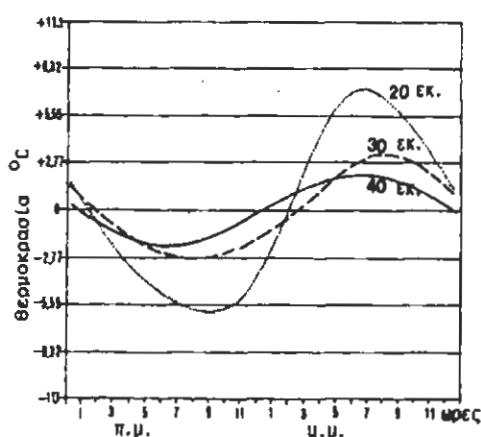
Σχ. 31. Διακύρωση της εξωτερικής θερμοκρασίας για τοίχο θερμικής αποθήκευσης από μπλετόν, σε διαφορετική πάχη.



Σχ. 32. Διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας για τόχο νερού, συλλέκτη θερμότητας, σε διαφορετικό πάχος.



Σχ. 33. Διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας για τόχο κατασκευασμένο από ιανόπλινθο, συλλέκτη θερμότητας, σε διαφορετική πλάχη.

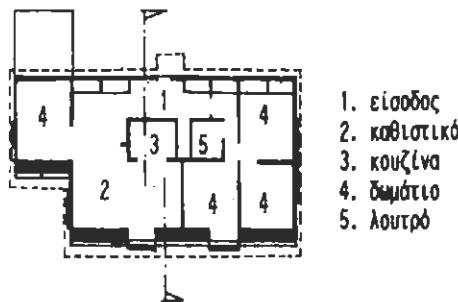


Σχ. 34. Διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας για τόχο συλλέκτη κατασκευασμένο από τουβλό, σε διαφορετικό πάχος.

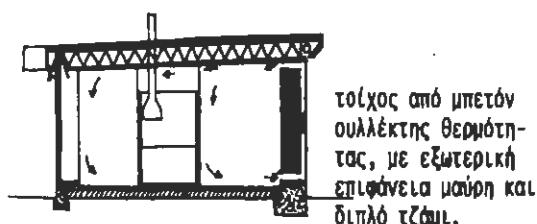
Παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος θερμικής αποθήκευσης με τόχο συλλέκτη αποτελεί

η κατοικία "Chauvency-le-Chateau", στην πόλη Meuse της Γαλλίας, με  $50^{\circ}$  Β. Γ. Π.

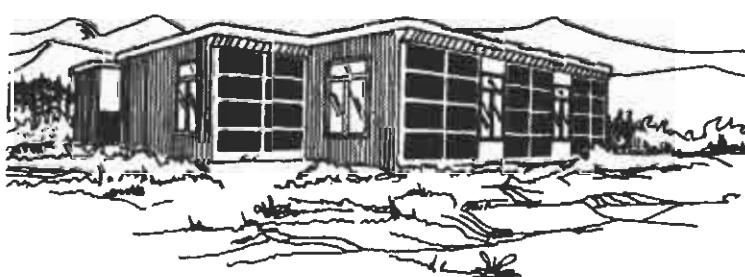
Η κατοικία έχει επιφάνεια 106 τ.μ., είναι μονώροφη (σχ.35,36) και μελετήθηκε από τους αρχιτέκτονες J. Michel και A. Trombe, με σύμβουλο τον F. Trombe (εμπνευστή του τοίχου Trombe). Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης, κατασκευασμένος από μπετόν, έχει εμβαδόν 45 τ.μ., είναι νότια προσανατολισμένος, με την εξωτερική του επιφάνεια βαμμένη μαύρη και περιβάλλεται από διπλό τζάμι. Ακόμη, στη νότια πρόσοψη έχουν προβλεφθεί ανοίγματα (εικ.37), που βοηθούν στη θέρμανση του χώρου με άμεσα ηλιακά κέρδη, κυρίως τις πρωινές ώρες καλύπτοντας έτσι τις ανάγκες φωτισμού και οπτικής επικοινωνίας με το εξωτερικό περιβάλλον.



Σχ. 35. Κάτοψη της κατοικίας "Chauvency-le-Chateau".



Σχ. 36. Τομή της κατοικίας.



Εικ. 37. Εξωτερική άποψη της κατοικίας.

## 2.5. Στα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους ανήκουν και τα κτίρια με προσαρτημένο θερμοκήπιο στη νότια πλευρά

Τα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται, εδώ και χρόνια, στη γεωργία για να βελτιώσουν τις συνθήκες καλλιέργειας, ιδιαίτερα για τα πρώιμα λαχανικά.

Στην αρχιτεκτονική έκαναν την εμφάνιση τους το 19<sup>ο</sup> αιώνα, κυρίως στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη. Δημιουργούσαν χώρους ημιϋπαίθριους, σαν συνέχεια της κατοικίας, με τη μορφή κήπων ή ηλιακών χώρων. Ο μετριασμός των εξωτερικών χαμηλών θερμοκρασιών εξασφάλιζε ευχάριστες συνθήκες κατοικησιμότητας και την αίσθηση ότι βρίσκεσαι στο υπαίθριο, με την πλούσια βλάστηση, που διέθεταν.

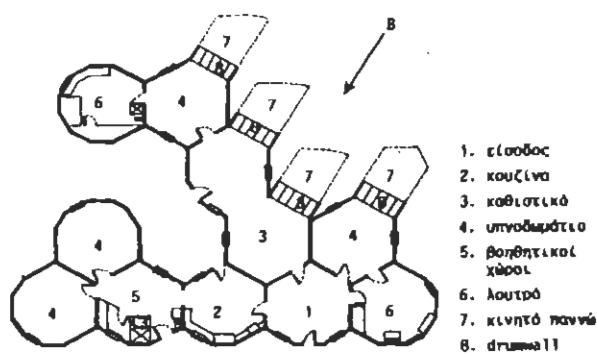
Ακόμη χρησιμοποίησαν το γυαλί για να καλύψουν και μεγαλύτερους, δημόσιους χώρους, όπως πλατείες, δρόμους εμπορικούς, κ.λ.π..

Σήμερα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική επανέρχεται στα θερμοκήπια Σέρρες, αλλά για να δημιουργήσει χώρους, που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την προσφέρουν υπό μορφή θερμότητας στο προσαρτημένο κτίριο.

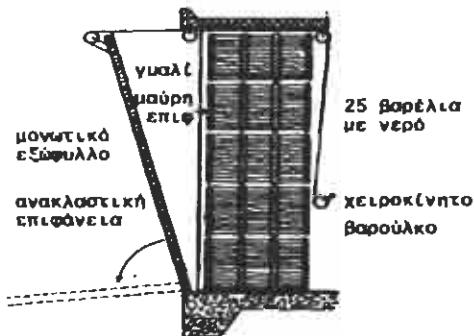
Το θερμοκήπιο βρίσκεται, συνήθως, στη νότια πλευρά του κτιρίου και αποτελεί, κατά κάποιο τρόπο, συνδυασμό ενός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχο θερμικής αποθήκευσης, που μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον κατοικημένο χώρο. Εφαρμόζεται κυρίως στην κατοικία.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος θερμικής αποθήκευσης σε τοίχους νερού αποτελεί η κατοικία του αρχιτέκτονα Steve Baer, που πραγματοποιήθηκε στην Αλμπουκέρκη του N. Μεξικού.

Η κατοικία διαμορφώνεται από κυψέλες πολυγωνικές, που κάθε μια αποτελεί και διαφορετικό χώρο (σχ.38). Οι τοίχοι νερού (drumwall), προσανατολίζονται στο νότο και προστατεύονται τη νύχτα με κινητά θερμομονωτικά παννά (σχ.39).



Σχ. 38. Κάτοψη της κατοικίας του Steve Baer, με τοίχους νερού για θερμική αποθήκευση της ηλιακής θερμικής ενέργειας.



Σχ. 39. Τομή του τοίχου νερού.

### 2.5.1. Η θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου.

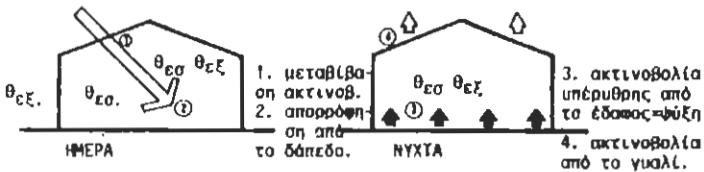
Το θερμοκήπιο την ημέρα, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, λειτουργεί ως διάφανη επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να περνά συνολικά η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μειώνει τις απώλειες θερμότητας (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος), που απορροφάται από τις επιφάνειες και τη θερμική μάζα του θερμοκηπίου. Γι' αυτό, την ημέρα το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου (θερμικά κέρδη μείον θερμικές απώλειες) παραμένει θετικό.

Τη νύχτα όμως, το θερμοκήπιο, λειτουργώντας σα μαύρο σώμα, αποβάλλει με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα όση θερμότητα συγκέντρωσε την ημέρα. Το θερμικό κέρδος χάνεται υπό μορφή θερμικών απωλειών και το θερμικό ισοζύγιο πολύ γρήγορα μετατρέπεται σε αρνητικό (σχ.40).

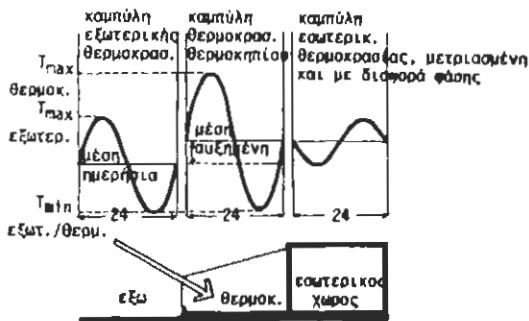
Το συνολικό, ημερήσιο θερμικό ισοζύγιο (σχ.41.) του θερμοκηπίου εκφράζεται από μια αισθητή ανύψωση της μέγιστης θερμοκρασίας και από τη διατήρηση της ελάχιστης, σε σχέση με τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, στη διάρκεια του χειμώνα (πίν.6.).

Σαν αποτέλεσμα προκύπτει μια διεύρυνση της καμπύλης, που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του θερμοκηπίου. Αν μάλιστα, παρθεί υπόψη ότι, το χειμώνα ο χρόνος ηλιοφάνειας είναι το 1/3 της διάρκειας του 24ωρου, τότε συμπεραίνεται ότι το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου, χωρίς καμιά προστασία, δεν μπορεί παρά να είναι αρνητικό.

Ακόμη, ο αέρας που βρίσκεται μέσα στο θερμοκήπιο περιέχει μεγάλη ποσότητα υδρατμών, λόγω της βλάστησης. Στη διάρκεια της νύχτας, η εσωτερική επιφάνεια του τζαμιού ψύχεται, η θερμοκρασία του αέρα πέφτει προσεγγίζοντας το σημείο κορεσμού, οπότε οι υδρατμοί υγροποιούνται, μουσκεύοντας τις γυάλινες επιφάνειες του θερμοκηπίου. Έτσι αποβάλλεται και η λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών, που χάνεται με αγωγιμότητα και ακτινοβολία προς τα έξω.



Σχ. 40. Θερμική λειτουργία του θερμοκηπίου το χειμώνα, όφελος καμία πρόσθετη προστασία.



Σχ. 41. Διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο και στον εσωτερικό χώρο.

Το καλοκαίρι η θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου αντιστρέφεται. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας είναι αυξημένη. Το εσωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου περνά από συνθήκες υπερθέρμανσης σε μια νυχτερινή, ανεπαρκή ψύξη. Το θερμικό ισοζύγιο παραμένει όλο το 24ωρο θετικό και παρουσιάζεται η ανάγκη αερισμού για μεγαλύτερη ψύξη.

Η εφαρμογή του συστήματος του θερμοκηπίου στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, χωρίς καμία άλλη ρύθμιση και προστασία, οδηγεί σε μια επιβάρυνση των συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο, δημιουργώντας μεγάλες θερμικές απώλειες και ψύξη, το χειμώνα, και συνθήκες υπερθέρμανσης, το καλοκαίρι, ιδιαίτερα για κλίματα, όπως της χώρας μας, με μεγάλη ένταση ηλιακής και γήινης ακτινοβολίας. Ωστόσο, αν εφαρμοστούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις, θερμική προστασία το χειμώνα και ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, τα μειονεκτήματα αυτά αμβλύνονται, ενώ διατηρούνται τα πλεονεκτήματα του θερμοκηπίου, που μπορεί ν' αποδειχθεί ένα αρχιτεκτονικό στοιχείο, πολύ χρήσιμο στο ρόλο του, ως "ενεργητικού χώρου ανάσχεσης" και "επιλεκτικού συλλέκτη" ηλιακής ενέργειας.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.**

Εσωτερική θερμοκρασία στο θερμοκήπιο σε σύγκριση με την εξωτερική

Μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία	Μέση ημερήσια εσωτερική θερμοκρασία °C	
	Μονό τζάμι	Διπλό τζάμι
0°C		
-12,2	1,7 – 7,2	7,2 – 12,8
-9,4	4,4 – 10,0	10,0 – 15,5
-6,6	7,2 – 12,8	12,8 – 18,3
-3,9	10,0 – 15,5	15,5 – 21,1
-0,5	12,8 – 18,3	18,3 – 23,9
1,7	15,5 – 21,1	21,1 – 26,7
4,4	18,3 – 23,9	23,9 – 29,4
7,2	21,1 – 26,7	26,7 – 32,2

**2.5.2 Η αποτελεσματική απόδοση του συστήματος.**

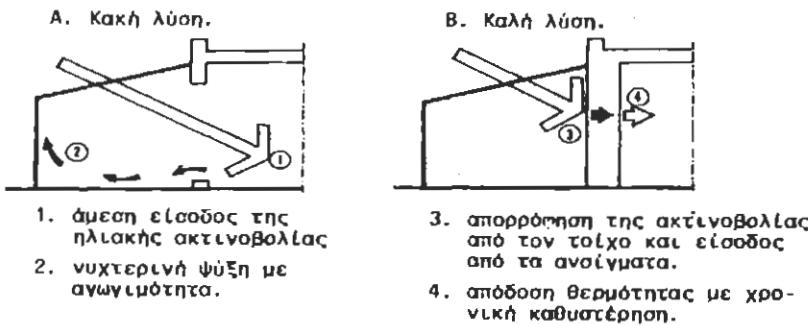
Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του προσαρτημένου στο κτίριο θερμοκηπίου είναι:

1. ο προσανατολισμός του.
2. το μέγεθος του.
3. η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής του.
4. η σύνδεση του με τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης του κτιρίου.

**2.5.2.1 Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου.**

Το θερμοκήπιο, που προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου, σε σχήμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή-δύση, αποτελεί την καλύτερη και πιο αποδοτική μορφή για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Προϋπόθεση για την αποτελεσματική του λειτουργία είναι η άμεση σύνδεση του με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, στη νότια πλευρά, που διαχωρίζει το εσωτερικό του κτιρίου με τον ηλιακό χώρο (σχ.42).

Αν μάλιστα είναι δυνατό, το θερμοκήπιο να ενσωματώνεται στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται ανατολικά και δυτικά από τοίχους, τότε η αποτελεσματικότητα του είναι μεγαλύτερη, γιατί μειώνονται οι θερμικές απώλειες, ενώ μεταφέρεται θερμότητα μέσα από τους πλαινούς τοίχους στους παρακείμενους χώρους.



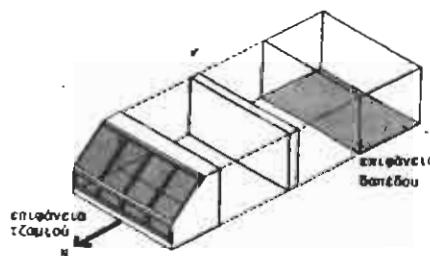
**Σχ. 42.** Θερμική λειτουργία του θερμοκηπίου, που συνδέεται με γυάλινη επιφάνεια (Α) ή με τοίχο θερμικής αποθήκευσης (Β).

Τα θερμοκήπια, που προσαρτώνται στους άλλους προσανατολισμούς, κυρίως ανατολικά και δυτικά, έχουν κάποια θετική συνεισφορά εφόσον συνδέονται με δομικά στοιχεία μεγάλης θερμικής μάζας, όχι όμως σημαντική. Λειτουργούν κυρίως ως χώροι "ανάσχεσης" ή "εμπόδια" θερμικών απωλειών, ιδιαίτερα για το βορινό προσανατολισμό το καλοκαίρι όμως, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης..

### 2.5.2.2 Το μέγεθος του θερμοκηπίου.

Το μέγεθος του θερμοκηπίου προσδιορίζεται σε συνάρτηση με το μέγεθος του εσωτερικού χώρου και των αναγκών του σε θέρμανση, πράγμα που εξαρτάται από το κλίμα του τόπου, τη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης της ηλιακής θερμικής ενέργειας και τη θερμική προστασία του ίδιου του θερμοκηπίου.

Από μελέτες, που έγιναν με τη μέθοδο της προσομοίωσης, προέκυψαν εμπειρικοί κανόνες για τον προσδιορισμό του μεγέθους του θερμοκηπίου σε σχέση με την επιφάνεια του κατοικήσιμου χώρου (σχ.43), για διαφορετικά κλίματα και γεωγραφικά πλάτη, με την προϋπόθεση ότι η μέση εσωτερική θερμοκρασία του χώρου θα κυμαίνεται ανάμεσα σε  $18.3^{\circ}$  –  $21.0^{\circ}$ C.



**Σχ. 43.** Αναλογία επιφάνειας μαλαστασίου θερμοκηπίου / επιφάνεια κάτουψης

\* Ο πίνακας συντάχτηκε για θερμοκήπιο νότια προσανατολισμένο, με διπλό τζάμι και προσαρτημένο σε κτίριο, οπού ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι κατασκευασμένος από βαριά υλικά, μπετόν, πέτρα, ωμόπλινθο η πρόκειται, για τοίχο νερού, σε συνθήκες ηλιοφάνειας.

Για νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη χρησιμοποιείται η μικρότερη αναλογία.

#### **2.5.2.3 Η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου.**

Η κλίση του υαλοστασίου επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του θερμοκηπίου, γιατί προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει και δεσμεύεται. Η καλύτερη κλίση είναι από 40°-70°, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Για κλίματα βορειότερα, η κλίση μειώνεται σε 30°-40°, έτσι ώστε να συλλέγεται μεγαλύτερο μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας.

Τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου πρέπει να είναι διαφανή, από γυαλί ή πλαστικό, προκειμένου να δεσμεύεται το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας. Τα στοιχεία στήριξης μπορούν να είναι κατασκευασμένα από ξύλο ή μέταλλο.

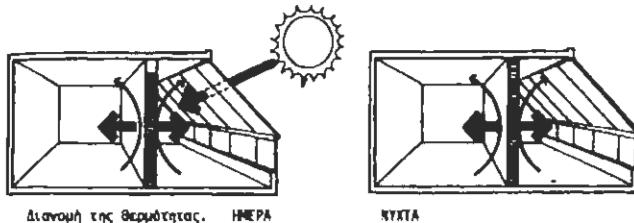
#### **2.5.2.4 Η σύνδεση του θερμοκηπίου με το κτίριο.**

Είναι προφανές, απ' όσα αναπτύχθηκαν, ότι το προσαρτημένο στο κτίριο θερμοκήπιο λειτουργεί αποδοτικότερα, όταν συνδέεται μ' ένα σύστημα θερμικής αποθήκευσης. Την καλύτερη λύση αποτελεί ο διαχωριστικός τοίχος ανάμεσα στο κτίριο και στο θερμοκήπιο, όταν είναι κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικής ικανότητας (μπετόν, τούβλο, νερό), με την εξωτερική του επιφάνεια βαμμένη σε σκούρο χρώμα (σχ.44).

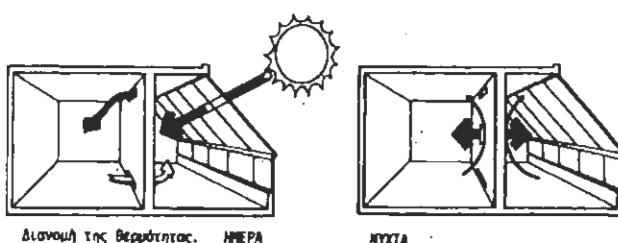
Η λειτουργία του συστήματος είναι παρόμοια με τους τοίχους συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης, με τη διαφορά ότι, η γνάλινη επιφάνεια δεν βρίσκεται σε απόσταση 4 εκατοστών από τον τοίχο, αλλά δημιουργείται ένας σημαντικά μεγάλος χώρος, που μπορεί να κατοικηθεί.

Εάν μάλιστα, για μεγαλύτερη και πιο γρήγορη θερμική απόδοση, ο συνδετικός τοίχος συνδυαστεί με την κίνηση του ζεστού αέρα, προβλέποντας θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του, τότε ξαναεμφανίζεται ο τοίχος Trombe, με το γνωστό τρόπο λειτουργίας του (σχ.45).

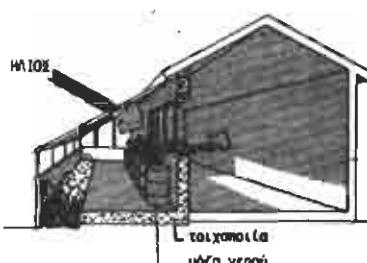
Η αποτελεσματικότητα του συστήματος μπορεί να αυξηθεί, αινιξάνοντας τη μάζα θερμικής αποθήκευσης. Αυτό πετυχαίνεται αν χρησιμοποιηθούν βαριά υλικά στην κατασκευή του δαπέδου του θερμοκηπίου, ή τοποθετώντας δοχεία νερού μπροστά στον τοίχο (σχ.46,47,48).



**Σχ. 44.** Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε νότιο τοίχο νερού. Σχηματικά ορίζεται η θερμική του λειτουργία την ημέρα και τη νύχτα.



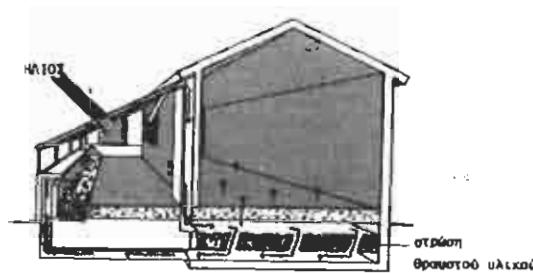
**Σχ. 45.** Διαχωριστικός τοίχος θερμικής αποθήκευσης, ανάμεσα στο θερμοκήπιο και στο κτίριο. Λειτουργεί ανάλογα με τον τοίχο Trombe.



**Σχ. 46.** Η θερμική μάζα του διαχωριστικού τοίχου ενισχύεται με την τοποθέτηση δοχείων νερού.



Σχ. 47. Ενίσχυση της θερμικής αποδημεύσεως του διαχωριστικού τοίχου με θραυστό ηλικό.



Σχ. 48. Ενίσχυση της θερμικής αποδημεύσεως του θερμοκηπίου με δάπεδο από θραυστό ηλικό.

Η νυχτερινή μόνωση συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη απόδοση του συστήματος. Μπορεί να γίνει με τρόπους απλούς, για παράδειγμα, με την τοποθέτηση κινητού, μονωτικού στοιχείου στην εξωτερική πλευρά του διαχωριστικού τοίχου, ακόμη και ρολού, μια και το θερμοκήπιο τη νύχτα παρουσιάζει πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Η θερμική προστασία του θερμοκηπίου είναι και δύσκολη και πολυέξοδη. Η πιο απλή λύση είναι να προβλεφθεί διπλός υαλοπίνακας στο υαλοστάσιο του.

Για την περίοδο του καλοκαιριού, προκειμένου ν' αποφευχθούν συνθήκες υπερθέρμανσης, πρέπει να προβλέπονται:

- άνοιγμα στην οροφή του θερμοκηπίου ή μερική απομόνωση από το υπόλοιπο κτίριο, έτσι ώστε ο ζεστός αέρας ν' απομακρύνεται προς τα έξω.
- καλός αερισμός, εξασφαλίζοντας την είσοδο του αέρα από το κάτω άνοιγμα του υαλοστασίου στο χώρο του θερμοκηπίου.
- συνολική ή μερική ηλιοπροστασία του χώρου του θερμοκηπίου.
- μεγάλη θερμική αδράνεια των τοίχων και του δαπέδου του θερμοκηπίου.

### 2.5.3 Το σύστημα του θερμοκηπίου και η προσαρμογή του στις κλιματικές συνθήκες.

Το προσαρτημένο στο κτίριο θερμοκήπιο αποτελεί ένα σύστημα σύνθετο και είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί με τρόπο ελεγχόμενο.

Μοιάζει να προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές, όπου κυριαρχεί η διάχυτη ακτινοβολία, ενώ η γήινη είναι λιγότερο έντονη. Ήσως να είναι αυτός ο λόγος που εμφανίστηκε και αναπτύχθηκε σε περιοχές με κλίμα ψυχρό.

Σε κλιματικές συνθήκες, όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, το σύστημα του θερμοκηπίου απαιτείται να είναι εξοπλισμένο με ηλιοπροστατευτικά στοιχεία για το καλοκαίρι και με θερμική προστασία για το χειμώνα, προκειμένου να επιβραδύνεται η ψύξη του χώρου, στη διάρκεια της νύχτας.

Για το μεσογειακό κλίμα, παρ' όλες τις παραπάνω προτεινόμενες προστασίες και παρά τη μεγάλη θερμική αδράνεια των χώρων, που συνδέονται με το θερμοκήπιο, αναμένεται να εμφανιστούν εσωτερικές θερμικές διακυμάνσεις, αρκετά σημαντικές, που οφείλονται στο μεγάλο εύρος της εξωτερικής θερμοκρασίας και στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Ωστόσο το θερμοκήπιο έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο στη μεμονωμένη κατοικία, αλλά και σε συγκρότημα κατοικιών.

Μελέτες, που έγιναν στην Avignon της Γαλλίας /11/ οδήγησαν στο σχεδιασμό συγκροτήματος κατοικιών, με εσωτερικό αίθριο, καλυμμένο με γυάλινη οροφή (σχ.49). Η θερμική του λειτουργία είναι όμοια με του θερμοκηπίου. Η ελάχιστη θερμοκρασία, που παρατηρήθηκε το χειμώνα, είναι  $15^{\circ}0$ . Το καλοκαίρι, η γυάλινη οροφή ανοίγει, εξασφαλίζοντας τον αναγκαίο αερισμό και ευχάριστες συνθήκες άνεσης. Οι κατοικίες είναι οικονομικές σε κατανάλωση ενέργειας και οι συνθήκες κατοικησιμότητας άνετες και υγιεινές.

Ανάλογη μελέτη έγινε και για τη πόλη της Αθήνας, για τους κοινόχρηστους χώρους, που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων από τις πολυκατοικίες,/12/.

Τα συμπεράσματα της μελέτης καθιστούν φανερή την άμεση ανάγκη εξιγίανσης αυτών των χώρων και την μετατροπή τους σε πυρήνες πράσινου. Θερμικά ευχάριστους και κοινωνικά χρήσιμους. Συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες των παρακείμενων κατοικιών και αυξάνοντας τα ηλιακά, θερμικά κέρδη. Αναβαθμίζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος, αντί ν' αποτελούν εστία σκουπιδιών και μόλυνσης, όπως εμφανίζονται σήμερα.



Σχ. 49. Τομή του συγκροτήματος κατοικιών, στην Ανίγων της Γαλλίας, με:

εσωτερικό αίθριο-θερμοκήπιο,

## 2.5.4 Μερικές παρατηρήσεις.

Τα περισσότερα κτίρια, κυρίως κατοικίες, που έχουν μελετηθεί ή κατασκευαστεί μέχρι σήμερα, με βάση τις βιοκλιματικές αρχές σχεδιασμού και την εφαρμογή των παθητικών, ηλιακών συστημάτων, παρουσιάζουν μια ελευθερία στην εσωτερική διάρθρωση των χώρων: χώροι ανοιχτοί σε κάτοψη, αν ίσο υφή επίπεδα σε τομή. Το καθιστικό παρουσιάζει μια πολυλειτουργικότητα:

χώρος καθιστικού, χώρος φαγητού, χώρος μελέτης ή γραφείου, με απρόσκοπτη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι λόγοι, προφανώς, είναι να διασφαλίσουν την ελεύθερη κίνηση του ζεστού αέρα προς τα πάνω και στο βάθος, όπου οι χώροι δεν δέχονται άμεσο ηλιασμό. Πολλές φορές, εφαρμόζεται η κλιμακωτή διάταξη, στο σύνολο του κτιρίου, όταν το σχήμα του οικοπέδου επιβάλλει τη χωροθέτηση του κτιρίου με το μεγάλο του άξονα στην κατεύθυνση βορρά-νότου.

Αυτή η ανοιχτή εσωτερική διάρθρωση και επικοινωνία των χώρων μεταξύ τους, σίγουρα επηρεάζει και τις σχέσεις ανάμεσα στα μέλη της οικογένειας και καθιερώνει, πιθανόν, νέους τρόπους συμπεριφοράς και επικοινωνίας μεταξύ τους. Ταυτόχρονα αρχίζει μια συνειδητοποίηση του σύνθετου προβλήματος "εξοικονόμηση ενέργειας", καθώς και της ανάγκης αρμονικής συμβίωσης με τη φύση και τα φυσικά φαινόμενα. . Ο σχεδιασμός με τον ήλιο μειώνει τις επιβαρύνσεις του περιβάλλοντος από τα κατάλοιπα της κατανάλωσης των υγρών καυσίμων και συμβάλλει στην ισορροπία του οικοσυστήματος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ**

- 3. Υπολογισμός θερμικής συμπεριφοράς**
- 3.1 Περιγραφή της ροής θερμότητας στο κτίριο – θερμικό ισοζύγιο**
- 3.2 Υπολογισμός απωλειών θερμότητας**
- 3.3 Υπολογισμός θερμικών κερδών**
  - 3.3.1 Υπολογισμός εσωτερικών κερδών**
  - 3.3.2 Υπολογισμός κερδών από βιοκλιματικά στοιχεία**
    - A. Προσδιορισμός της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας**
    - B. Αξιοποίηση της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας**
    - Γ. Απόδοση του θερμοκηπίου**
    - Δ. Απόδοση τούχου Trombe**
    - Ε. Απόδοση ηλιακού αεροσυνλλέκτη**
    - ΣΤ. Υαλοπίνακες (παράθυρο)**
- 3.4 Υπολογισμός θερμοχωρητικότητας**
- 3.5 Υπολογισμός συμπληρωματικής θέρμανσης**
- 3.6 Ανακεφαλαίωση**

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

#### 3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ – ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Με τον όρο «θερμική συμπεριφορά» ενός κτιρίου, περιγράφουμε συνήθως το σύνολο των φαινομένων ροής θερμότητας (διαμέσου του κελύφους του κτιρίου), μεταξύ περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου του κτιρίου. Πρόκειται για φαινόμενα, που ως γνωστό, συντηρούνται από τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα (ή του εδάφους) του περιβάλλοντος και αυτής ενός χώρου διαβίωσης κάποιου ανθρώπινου οργανισμού.

Ο υπολογισμός θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου είναι επομένως μία προσπάθεια προσομοίωσης, από την οποία τελικά καθορίζονται οι ανάγκες «θερμικής υποστήριξης» του κτιρίου για την περίοδο θέρμανσης, είτε αυτή προέρχεται από συμβατικές είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια τέτοια προσομοίωση για ένα βιοκλιματικό κτίριο καταλήγει στη μαθηματική σχέση που περιγράφεται παρακάτω υπό τη μορφή θερμικού ισοζυγίου:

$$Q_{ωφ} + E.K + \Sigma.\Theta - Q_{απ} = CP \times \Delta T$$

δηλ. το άθροισμα της ωφέλιμης θερμικής ισχύος των Βιοκλιματικών Στοιχείων ( $Q_{ωφ}$ ), των Εσωτερικών Κερδών ( $E.K$ ) και της Συμπληρωματικής Θέρμανσης μείον τις Θερμικές Απώλειες ( $Q_{απ}$ ) του κτιρίου ισούται με την αύξηση της θερμοκρασίας ( $\Delta T$ ) της θερμοχωρητικότητας του ( $CP$ ).

Η σχέση αυτή ισχύει για κάθε χρονική στιγμή του 24ώρου, του μήνα και του έτους, αποτελεί δηλ. την γενική αρχή της μαθηματικής προσομοίωσης της συμπεριφοράς κάθε κτιρίου. Όμως ταυτόχρονα δηλώνει και το γεγονός ότι τα στοιχεία αυτά μεταβάλλονται κάθε στιγμή και ότι μαθηματικά τουλάχιστον ο προσδιορισμός τους αποτελεί ιδιαίτερα δύσκολη και επίπονη εργασία, ακόμα και για μεγάλα και σοβαρά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στη σχέση αυτή μπορούν να γίνουν σημαντικές απλουστεύσεις αν κάνουμε ορισμένες παραδοχές, η κυριότερη των οποίων είναι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας των στοιχείων του κτιρίου. Εάν δεχθούμε (και αντίστοιχα σχεδιάσουμε με τον τρόπο αυτό το κτίριο) ότι η Θερμοχωρητικότητα του Κτιρίου είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με τη θερμική ισχύ των Βιοκλιματικών στοιχείων και του Συστήματος Συμπληρωματικής Θέρμανσης, τότε για περιορισμένα χρονικά διαστήματα (για παράδειγμα μισής ώρας) η θερμοκρασία του χώρου μπορεί να θεωρηθεί σταθερή, οπότε και διευκολύνεται αφάνταστα ο αναλυτικός υπολογισμός τόσο της θερμικής απόδοσης των βιοκλιματικών στοιχείων όσο και των θερμικών απωλειών.

Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει κατά τον υπολογισμό να επιλεχθούν ιδιαίτερα μικρά χρονικά διαστήματα του κύκλου επανάληψης των υπολογισμών, γεγονός πολλές φορές απαράδεκτο τόσο από πλευράς χωρητικότητας όσο και διάρκειας ροής προγράμματος στους συνήθεις PC υπολογιστές.

### 3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε τη θερμική ισχύ των απωλειών (ανά βαθμό Κελσίου διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του περιβάλλοντος για το μήνα Ιανουάριο) ενός βιοκλιματικού κτιρίου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης με: επιφάνεια κάτοψης  $A = 200 \text{ m}^2$ , συνολική επιφάνεια κελύφους  $F = 400 \text{ m}^2$ , μήκος  $M = 20\text{m}$ , πλάτος  $P = 10\text{m}$ , ύψος  $Y = 3\text{m}$ , νότια συλλεκτική επιφάνεια  $\Sigma = 20 \times 4 = 80 \text{ m}^2$ , συντελεστή θερμομόνωσης κελύφους  $K = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  και συντελεστή θερμομόνωσης δαπέδου  $K' = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ο τελευταίος διαχωρισμός είναι αναγκαίος λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ αέρα περιβάλλοντος και εδάφους ως προς τον εσωτερικό χώρο).

Στην περίπτωση ενός βιοκλιματικού κτιρίου εμφανίζεται μια ιδιαιτερότητα που διαφοροποιεί τον υπολογισμό θερμικών απωλειών από αυτόν μιας συμβατικής κατασκευής. Συγκεκριμένα, μέρος του κελύφους του κτιρίου κατά τις ώρες επαρκούς ηλιοφάνειας (με ένταση ακτινοβολίας τουλάχιστον  $250 \text{ W/m}^2$ ), μετατρέπεται από επιφάνεια απωλειών σε επιφάνεια θερμικών κερδών. Έτσι προκύπτει η ανάγκη υπολογισμού είτε δύο διαφορετικών εξωτερικών επιφανειών του κελύφους (μία για τις ώρες ηλιοφάνειας και μία για τις ώρες έλλειψης ηλιοφάνειας), είτε δύο διαφορετικών τιμών του συντελεστή θερμικών απωλειών.

**Σημείωση:** Το στοιχείο αυτό εισάγει δύο τυπικές δυσκολίες: 1. Απαιτεί διπλό υπολογισμό της θερμομόνωσης και 2. Δεν γίνεται δεκτό από την τυπολογία του Κανονισμού Θερμομόνωσης και κατ'επέκταση από τις κατά τόπους Πολεοδομίες.

Όσον αφορά το δεύτερο, γίνονται κάποιες προσπάθειες να εισαχθούν τέτοιοι όροι στον υπό μελέτη νέο Κτιριοδομικό Κανονισμό.

Με βάση τα παραπάνω ο τύπος που δίνει τις απώλειες του κτιρίου είναι:

$$Q = 1.0 \times 400 (20 - Tu) + 1.25 \times 200 (20 - Tu)$$

Και αν εφαρμόσουμε τον τύπο αυτό για τις κλιματολογικές συνθήκες του Ιανουαρίου στη Θεσσαλονίκη ( $Tav = 6,2$ ,  $Tan = 4,2$ ,  $Tc = 8,2$ ) προκύπτει ότι για μια συμβατική κατασκευή

α) Για την ημέρα οι απώλειες του κτιρίου είναι  $Qav = 8,47 \text{ KW}$

β) για την νύχτα οι απώλειες του κτιρίου είναι  $Qan = 9,27 \text{ KW}$

**Επαλήθευση:** Η μέση ισχύς απωλειών του κτιρίου είναι κατά τη διάρκεια του 24ώρου είναι

$$(8,47 + 9,27) / 2 = 8,87 \text{ KW, επομένως } 8,87 = K \times 600 \times (20 - 5,2) \text{ και } K = 1,0$$

Στην περίπτωση που το κτίριο είναι βιοκλιματικό, τότε κατά τη διάρκεια της ημέρας θα πρέπει κατά τον υπολογισμό των απωλειών να αφαιρεθεί όλη η νότια επιφάνειά του που καλύπτεται από συλλεκτικά στοιχεία, έτσι ο τύπος πλέον που μας δίνει την ισχύ απωλειών κατά τη διάρκεια της ημέρας θα γίνει:

$$Q = 1,0 \times 320 \times (20 - Tu) + 1,25 \times 200 \times (20 - Te)$$

γεγονός που υπό τις ίδιες συνθήκες δίνει αποτέλεσμα  $Qav = 7,36 \text{ KW}$ , δηλ. θερμικές απώλειες μειωμένες κατά 10% περίπου σε σχέση με το συμβατικό κτίριο. Στην περίπτωση αυτή, η μέση ισχύς απωλειών του κτιρίου κατά τη διάρκεια του 24ώρου είναι:

$$(7,36 + 9,27) / 2 = 8,32 \text{ KW, επομένως } 8,32 = K' \times 600 \times (20 - 5,2) \text{ και } K' = 0,93$$

Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε με την παραδοχή ότι ο συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου που περιβάλλεται από τον αέρα περιβάλλοντος είναι ίδιος σε όλα του τα σημεία. Αν αυτό δεν συμβαίνει (έχουμε για παράδειγμα διαφορετικό συντελεστή θερμικών απωλειών στέγης ή των τοίχων με διαφορετικό προσανατολισμό), τότε οι υπολογισμοί πρέπει αντίστοιχα να γίνουν αναλυτικότεροι και να ξεκινήσουν κατ' ουσίαν από την αρχή.

### Συμπέρασμα :

Αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι ότι απαιτείται στις περιπτώσεις των βιοκλιματικών κτιρίων διαχωρισμός του συντελεστή θερμικών απωλειών του κελύφους που έρχεται σε επαφή με τον αέρα περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Τα βιοκλιματικά στοιχεία οδηγούν κατά τη διάρκεια της ημέρας σε σημαντική μείωση του συντελεστού αυτού, η μείωση δε αυτή είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας του κελύφους καλύπτουν τα βιοκλιματικά στοιχεία και όσο μεγαλύτερος είναι ο μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου. Τα βιοκλιματικά στοιχεία μπορούν ακόμη να επηρεάσουν και τις θερμικές απώλειες του κτιρίου προς το έδαφος, εφόσον το κτίριο διαθέτει και ενεργητική θερμοσυσώρευση (Rock Bed) κάτω από το δάπεδό του.

## 3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ

### 3.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ

Ως ενέργεια που παράγεται στο εσωτερικό ενός χώρου (εσωτερικά κέρδη) μπορεί να θεωρηθεί η θερμική ενέργεια που εκπέμπουν οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές (ηλ. κουζίνα, σίδερο, ψυγείο, πλυντήριο κ.λ.π.), τα φωτιστικά στοιχεία καθώς και οι ένοικοι του. Η

θερμότητα αυτή είναι συνήθως μικρή σε σχέση με τις απώλειες θερμότητας του χώρου κατά την περίοδο θέρμανσης, γίνεται όμως ιδιαίτερα επιβαρυντική κατά την περίοδο του

καλοκαιριού, όπου το κτίριο κινείται στα όρια της θερμικής άνεσης τις περισσότερες ώρες της ημέρας.

Για να αποκτήσουμε μια εικόνα του μεγέθους των εσωτερικών κερδών θα αναφερθούμε στο κτίριο του προηγούμενου παραδείγματος δίνοντας ορισμένες ενδεικτικές τιμές:

1) Από τη λειτουργία της ηλεκτρικής κουζίνας 1,5 ώρα καθημερινά:

$$1,5h \times 3\text{KW} \times 150\text{d} = 675 \text{ KWh}$$

2) Από τη λειτουργία του πλυντηρίου = 100 KWh

3) Από τη λειτουργία του ηλ. σίδερου, ψυγείου κ.λ.π. = 300 KWh

4) Από τη λειτουργία του φωτισμού: 500W x 3 ώρες καθημερινά = 225 KWh

5) Από τη διαβίωση 6 ενοίκων: 75W x 6 x 6 ώρες καθημερινά = 400 KWh

Σύνολο εσωτερικών κερδών = 1700 KWh

Φαίνεται εδώ ότι τα εσωτερικά κέρδη του κτιρίου αυτού δεν ξεπερνούν το 7% των απωλειών θερμότητας του κτιρίου.

### 3.3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

#### A. Προσδιορισμός της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας

Οι βασικότεροι παράγοντες μεταβολής της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μία επιφάνεια είναι:

- Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου που εξετάζουμε. Διαφορετική είναι η ποσότητα της ηλ. ακτινοβολίας στη Βόρεια Ευρώπη απ' ότι στις Μεσογειακές χώρες.
- Η κλιματική ιδιαιτερότητα της περιοχής που εξετάζουμε. Περιοχές με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος δέχονται διαφορετικές ποσότητες ηλ. ακτινοβολίας ανάλογα με το μικροκλίμα τους. Έτσι, για παράδειγμα, περιοχές με ιδιαίτερα πυκνή και υψηλή βλάστηση (π.χ. δάση) δέχονται λιγότερη ηλ. ακτινοβολία από άδενδρες περιοχές, επειδή η βλάστηση ιονίζει την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την αύξηση των νεφώσεων και των βροχοπτώσεων.
- Ο προσανατολισμός της συλλεκτικής επιφάνειας. Τόσο η κλίση όσο και το αξιμούθιο του ήλιου μεταβάλλεται ισχυρά και κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια του χρόνου. Τη μέγιστη ηλ. ακτινοβολία θα δεχόταν μια επιφάνεια που η κλίση της θα ήταν τέτοια ώστε οι ακτίνες του ήλιου θα ήταν συνεχώς κάθετες προς αυτήν. Για τα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων

κτίρια που εξετάζουμε, τη μέγιστη ηλ. ακτινοβολία δέχονται επιφάνειες με καθαρά νότιο προσανατολισμό και κλίση από 50 έως 70 μοίρες ανάλογα με την εποχή της περιόδου θέρμανσης. Ανατολικές ή Δυτικές επιφάνειες δέχονται σαφώς λιγότερη ηλ. ακτινοβολία, οι δε Βόρειες ακόμη λιγότερη.

- Φυσικά ή τεχνητά εμπόδια κοντά στο κτίριο, για παράδειγμα δένδρα, λόφοι, ψηλά κτίρια κ.λ.π. που σκιάζουν κατά τη διάρκεια της ημέρας τις συλλεκτικές επιφάνειες του κτιρίου.

Γίνεται φανερό ότι τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να αναζητηθούν σε στατιστικούς πίνακες ή να προσδιορισθούν υπολογιστικά με βάση τα προηγούμενα. Τέτοιοι πίνακες είναι διαθέσιμοι συνήθως με τη μορφή μέσων μηνιαίων τιμών για αρκετές περιοχές της Ελλάδας.

Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται δύο τέτοιοι πίνακες για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Κλιματικά δεδομένα περιοχής Θεσσαλονίκης (Γ.Π – 40°33', Γ.Μ – 23°01', Ύψος μετρο – 30 m).**

ΜΗΝΑΣ	Hh-0	HT-30	HT-45	HT-60	HT-90	Tav	Tan	Tc	KT	Σ.Υ %78	Vw Dw	Deg Day
Iαν.	1.518	2.066	2.227	2.225	2.484	6.2	4.2	8.2	0.39	78	2.1	396 NW
Φεβ.	2.268	2.975	3.116	3.030	2.786	7.1	4.7	7.9	0.41	73	2.2	313 NW
Μαρ.	3.100	3.617	3.617	3.456	2.678	10.3	7.4	9.2	0.42	72	2.0	268 NW
Απρ.	4.737	5.104	4.904	4.470	2.700	15.4	11.0	12.8	0.47	69	1.9	130 NW
Μάιος	5.971	5.949	5.488	4.746	2.516	20.3	15.4	16.8	0.51	66	1.8	23 S
Ιούν.	6.539	6.783	5.571	4.670	2.400	25.2	20.1	20.2	0.54	52	2.0	S
Ιούλ.	6.783	6.522	5.877	4.940	2.645	27.5	22.5	21.5	0.59	56	2.1	S
Αύγ.	6.263	6.425	6.005	5.229	2.968	26.9	22.0	22.8	0.57	56	2.0	S
Σεπ.	4.643	5.238	5.137	4.771	3.367	23.6	19.0	22.1	0.53	63	1.8	NW
Οκτ.	3.066	3.842	3.939	3.842	3.267	17.7	14.1	19.4	0.46	70	1.6	70 NW
Νοέ.	1.968	2.669	2.836	2.836	2.767	11.2	8.8	15.7	0.41	77	1.6	187 NW
Δεκ.	1.387	1.904	2.035	2.066	2.419	7.8	5.7	11.0	0.38	79	1.9	338 NW
Μέσος όρος	4.020	4.345	4.230	4.030	2.767	16.6	12.9	15.6	0.47	68	1.9	NW
Σύνολο	1467	1586	1545	1470	1000							11725

### Επεξηγήσεις του πίνακα 1

Hh-0=Μέση ολ. ηλ. Ακτινοβολ., στο οριζόντιο επίπεδο ανά τετρ. μέτρο και ημέρα [KWh/m2\*d]

HT-30 = Μέση ολ. ηλ. Ακτινοβολ. σε νότιο επίπεδο με κλίση 30° ανά τετρ. μέτρο και ημέρα [KWh/m<sup>2</sup>\*d]

HT-45 = Μέση ολ. ηλ. Ακτινοβολ. σε νότιο επίπεδο με κλίση 45° ανά τετρ, μέτρο και ημέρα [KWh/m<sup>2</sup>\*d]

HT-60 = Μέση ολ. ηλ. Ακτινοβολ. σε νότιο επίπεδο με κλίση 60° ανά τετρ. μέτρο και ημέρα [KWh/m<sup>2</sup>\*d]

HT-90 = Μέση ολ. ηλ. Ακτινοβολ, σε κατακόρυφο επίπεδο ανά τετρ. μέτρο και ημέρα [KWh/m<sup>2</sup>\*d]

Tav = Μέση θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος ημερήσιου 12ώρου[°]

Tan = Μέση θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος νυχτερινού 12ώρου[°]

Tc = Μέση θερμοκρασία εδάφους και νερού δικτύου

KT = Μέσος Δείκτης Αιθριότητας, ορίζεται ως ο λόγος της μέσης ημερήσιας ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο προς τη μέση ημερήσια ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας

Σ.Υ. % = Μέση σχετική υγρασία [%]

Vw = Μέση ταχύτητα ανέμου [m/sec]

Dw = Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου [NW = Βορειοδυτικός, S = Νότιος]

DegDay = Βαθμοημέρες [24\*k\*h]

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Ενέργεια ηλιοφάνειας σε επίπεδα  
με διάφορες κλίσεις**

ΚΛΙΣΗ (μοίρες)	AΖΙΜΟΥΘΙΟ (μοίρες)	ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kwh/m <sup>2</sup> )
10	0	320
20	0	355
30	0	382
40	0	402
50	0	418
60	0	415
70	0	408
80	0	392
90	0	371
30	0	382
30	15	369
30	30	347
30	45	329
30	60	287
30	75	252
30	90	217
30	105	186
60	0	415
60	15	392
60	30	355
60	45	308
60	60	253
60	75	195
60	90	150
60	105	139
90	0	371
90	15	344
90	30	302

Από τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων μπορεί κανείς να βρει εύκολα τη διαθέσιμη ενέργεια ανά τετρ. μέτρο σε νότιες επιφάνειες με κλίσεις 30 – 45 – 60 και 90 μοιρών, καθώς και στο οριζόντιο επίπεδο. Για ενδιάμεσες κλίσεις μπορεί κανείς να θεωρήσει με αρκετή ακρίβεια τον μέσο όρο των εκατέρωθεν διατιθέμενων τιμών.

Τα στοιχεία των προηγούμενων πινάκων θα μας βοηθήσουν να υπολογίσουμε τα ωφέλιμα θερμικά φορτία από κάποιο βιοκλιματικό στοιχείο.

Είναι όμως επίσης χρήσιμα και για μία προεκτίμηση των αναγκών θερμικής υποστήριξης ενός κτιρίου εάν είναι γνωστός ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών αυτού. Συγκεκριμένα το μέγεθος των αναγκαίων θερμικών φορτίων δίνεται από τον παρακάτω τύπο για μία περίοδο:

$$Q = BH \times 24 \times K \times F / 1000 [KWh]$$

όπου  $BH$  = οι βαθμοημέρες της εξεταζόμενης περιόδου

$K$  = ο ολικός συντ. θερμοπερατότητας του κτιρίου

$F$  = η συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου

Έστω ότι εξετάζουμε ένα κτίριο-κατοικία με συνολική επιφάνεια κελύφους  $F = 600 m^2$ , νότια συλλεκτική επιφάνεια  $60 m^2$ , ολικό συντελεστή απωλειών θερμότητας  $K = 0,5 W/m^2K$  στην περιοχή της Θεσσαλονίκης,

Εάν ορίσουμε ως επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου τους  $20^\circ$ , τότε για μια ημέρα που η μέση θερμοκρασία των 24 ωρών είναι για παράδειγμα  $4^\circ$ , οι βαθμοημέρες της ημέρας αυτής είναι  $BH = (20 - 4) \times 1 \text{ ημ} = 16$ . Εάν η μέση θερμοκρασία του μήνα είναι για παράδειγμα  $5^\circ$ , τότε οι βαθμοημέρες του μήνα αυτού θα είναι  $BH = (20-5) \times 30 = 450$ .

Πιο συγκεκριμένα, από την τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα για τον μήνα Ιανουάριο και την περιοχή της Θεσσαλονίκης έχουμε ως δεδομένο ότι οι  $BH = 396$ , επομένως για τον μήνα αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε την ζήτηση θέρμανσης ( $Q$ ) ως εξής:

$$Q = 396 \times 24 \times 1,0 \times 600 / 1000 = 5702,4 KWh$$

Αντίστοιχα, για όλη την περίοδο θέρμανσης για την περιοχή Θεσσαλονίκης έχουμε:

$$BH = 1725 \text{ και } Q = 1725 \times 24 \times 0,5 \times 600 / 1000 = 24,840 KWh.$$

Σημειώνεται ότι η ζήτηση θέρμανσης αυτή πρέπει να πολλαπλασιασθεί με έναν συντελεστή 1,1 περίπου, ώστε να συμπεριλάβουμε και τις απώλειες λόγω αερισμού (τότε  $Q = 27.320 KWh$ ),

### B. Αξιοποίηση της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας

Η θερμική ισχύς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μέρους των θερμικών απωλειών δίνεται από τον τύπο:

$$Q_{\text{ωφ}} = N \times I_u \times F_{\theta} [\text{kw}]$$

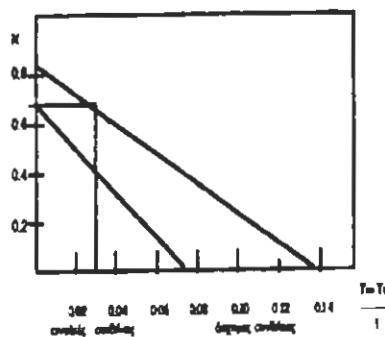
όπου  $F_{\theta}$ : η συλλεκτική επιφάνεια του βιοκλιματικού στοιχείου [ $\text{m}^2$ ]

$I_u$ : η προσπίπτουσα ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας [ $\text{W/m}^2$ ]

$N$ : ο βαθμός απόδοσης του βιοκλιματικού στοιχείου

### Γ. Απόδοση Θερμοκηπίου

Είναι σαφές, κατ 'αρχάς, ότι η ωφέλιμη ποσότητα θερμότητας που παραλαμβάνεται από ένα θερμοκήπιο, μεταβάλλεται ανάλογα με τις θερμικές συνθήκες. Σε συνθήκες υψηλής ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος, η ωφέλιμη θερμική ισχύς του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη. Έτσι, αν μπορέσουμε να υπολογίσουμε θεωρητικά την ανά μονάδα επιφάνειας ωφέλιμη ενέργεια του, μπορούμε σε μεγάλο βαθμό να προσδιορίσουμε και το αναγκαίο μέγεθος του ή την επίδραση θερμοκηπίου ορισμένου μεγέθους στη θερμική συμπεριφορά ολόκληρου του κτιρίου. Εκτός αυτού, πολύ χρήσιμη είναι και η έννοια του βαθμού απόδοσης του θερμοκηπίου, δηλαδή του λόγου της ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια της ηλιοφάνειας που προσπίπτει στο διαφανές του κάλυμμα, αφού έτσι προσδιορίζεται και η ποιότητα της κατασκευή του. Επίσης, με απλό τρόπο, μπορεί να βρεθεί και η συνολική ωφέλιμη ισχύς του.



Σχ. 1

Τα μεγέθη που επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση ενός θερμοκηπίου, όπως επίσης και κάθε συσκευή που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι η ηλιοφάνεια ( $I_u$ ), η θερμοκρασία περιβάλλοντος ( $T_u$ ), η θερμοκρασία εισόδου του βιοκλιματικού στοιχείου ( $T_i$  ή  $T_m$ ), η ταχύτητα του ανέμου περιβάλλοντος ( $V_w$ ) και η υγρασία ( $H$ ). Από τα μεγέθη αυτά, για τα τρία πρώτα υπάρχουν συνήθως σαφώς καθορισμένες σχέσεις με τον βαθμό απόδοσης, ενώ για τα άλλα δύο δίνονται πάντα παραμετρικές καμπύλες.

Η μορφή της σχέσης των παραπάνω μεταβλητών με τον Βαθμό Απόδοσης είναι σχεδόν γραμμική και λαμβάνει την εξής ανάλυση σε σύστημα συντεταγμένων: στον οριζόντιο άξονα

μπαίνει το μέγεθος ( $T_m$  -  $T_u$ ) /  $I$  και στον κατακόρυφο ο Βαθμός Απόδοσης ( $N$ ). Ένα τέτοιο διάγραμμα φαίνεται στο Σχ.1.

Τι σημαίνει πρακτικά το διάγραμμα αυτό θα αναλύσουμε σε ένα παράδειγμα:

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα θερμοκήπιο με διαφανές κάλυμμα στραμμένο προς νότο κατακόρυφο και επιφάνειας  $30 \text{ m}^2$ . Η θερμοκρασία του χώρου στον οποίο είναι προσαρτημένο έστω ότι είναι  $T_1 = 20^\circ$ , η θερμοκρασία του αέρα που οδεύει από το θερμοκήπιο προς το εσωτερικό του χώρου έστω ότι είναι  $T_o = 28^\circ$ , η ηλιοφάνεια που προσπίπτει στο διαφανές κάλυμμα είναι  $I = 650 \text{ W/m}^2$ , η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι  $T_u = 4^\circ$  και η ταχύτητα ανέμου είναι  $3 \text{ m/sec}$ .

Αρχικά προσδιορίζουμε τη μέση θερμοκρασία του θερμοκηπίου, είναι  $T_m = (T_1 + T_o)/2 = 24^\circ$ . Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη μεταβλητή του οριζόντιου άξονα  $X = (T_m - T_u) / I = 0.03$ . Λπό το σημείο 0.03 του οριζόντιου άξονα φέρουμε μία κάθετη που τέμνει την επάνω ευθεία του διαγράμματος (που αντιστοιχεί σε ταχύτητες ανέμου  $< 4 \text{ m/sec}$ ) στο σημείο Α. Από το σημείο αυτό φέρουμε μία οριζόντια ευθεία που τέμνει τον κατακόρυφο άξονα στο σημείο 0.65.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ο βαθμός απόδοσης του συγκεκριμένου θερμοκηπίου στις προκαθορισθείσες συνθήκες είναι 0.65, που σημαίνει ότι το 65% της ηλιοφάνειας που προσπίπτει στο διαφανές του κάλυμμα μετατρέπεται σε θερμότητα και μεταφέρεται στο εσωτερικό του θερμαινόμενου χώρου.

Ενεργειακά, αυτό σημαίνει ότι η ωφέλιμη ισχύς του θερμοκηπίου τη χρονική στιγμή που αναφερόμαστε είναι  $0.65 \times 650 [\text{W/m}^2] \times 30 [\text{m}^2] = 12.675 \text{ KW}$  (όσο δηλ. και οι θερμικές απώλειες ενός διαμερίσματος επιφάνειας περίπου  $80 \text{ m}^2$ ).

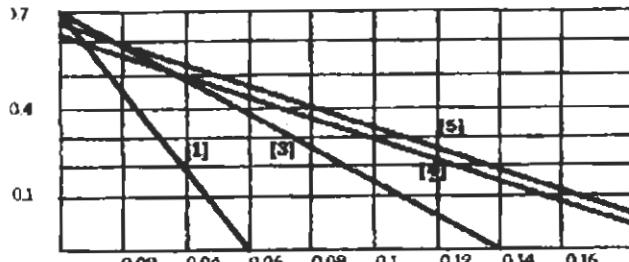
Αν θέλαμε να προχωρήσουμε λίγο περισσότερο στη θεωρητική ανάλυση της καμπύλης αυτής θα έπρεπε να παρατηρήσουμε τα εξής:

1. Το μέγιστο σημείο της ευθείας απόδοσης (τομή της με τον κατακόρυφο άξονα) αντιστοιχεί σε συνθήκες «μηδενικών απωλειών», εκεί δηλ. όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ισούται με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το μέγιστο αυτό σημείο αντιστοιχεί στο γινόμενο της απορροφητικότητας της σκούρας επιφάνειας του θερμοκηπίου επί τη φωτοδιαπερατότητα αυτού ( $\tau \times a$ ). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το γινόμενο αυτό είναι 0.82.
2. Η απόδοση μειώνεται όσο αυξάνεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν πέφτει η θερμοκρασία περιβάλλοντος όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του χώρου, δηλ.. εάν

ένας χώρος διατηρείται σε θερμοκρασία για παράδειγμα  $24^{\circ}$ , εξαναγκάζει το προσαρτημένο θερμοκήπιο σε χαμηλότερη απόδοση απ' ότι αν τον κρατούσαμε σε θερμοκρασία  $19^{\circ}$ .

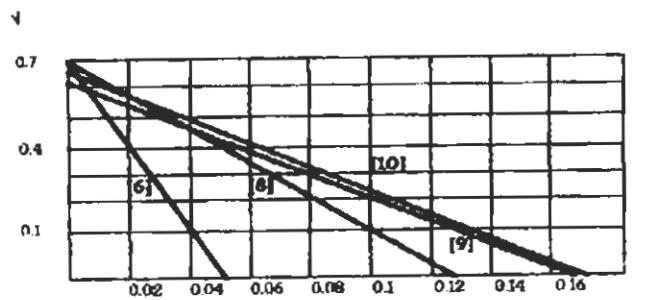
3. Η κλίση της καμπύλης αντιστοιχεί στις συνολικές απώλειες του θερμοκηπίου, που βασικά οφείλονται στο διαφανές κάλυμμα, όσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες τόσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της ευθείας, Όσο πιο οριζόντια είναι η ευθεία, τόσο λιγότερο επηρεάζεται η απόδοση του θερμοκηπίου από τις καιρικές συνθήκες. Αυτό για παράδειγμα μπορεί να επιτευχθεί αν χρησιμοποιήσουμε ως διαφανές κάλυμμα διπλό τζάμι αντί για μονό αν θερμομονώσουμε το δάπεδο και τους υπολοίπους περιβάλλοντες τοίχους του θερμοκηπίου και αν επιλέξουμε υλικά με χαμηλότερους συντελεστές θερμικής εκπομπής. Αυτό δημοσίευσε έχει κάποια επίπτωση στο γινόμενο της α. αφού όλα τα παραπάνω μέτρα μειώνουν τη φωτοδιαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος. Στη σύγχρονη τεχνολογία έχουν βρεθεί υλικά που πολλές φορές μπορούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα που προαναφέραμε χωρίς να έχουν τα αντίστοιχα μειονεκτήματα (επιλεκτικές επιφάνειες), δημοσίευσε το κόστος τους τα καθιστά προς το παρόν ασύμφορα.
4. Γίνεται σαφές ότι αν γνωρίζαμε την ευθεία απόδοσης κάθε θερμοκηπίου θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε εύκολα τη στιγμαία θερμική του απόδοση σε κάθε συνθήκη περιβάλλοντος και έτσι θα προχωρούσαμε εύκολα στον ποσοτικό προσδιορισμό του μεγέθους αυτού, ανάλογα με τη σχεδιαστική λύση που προτείναμε. Δυστυχώς τέτοιες ευθείες απόδοσης δεν είναι εύκολα διαθέσιμες αφού πρακτικά είναι άπειροι οι κατασκευαστικοί συνδυασμοί που μπορούν να γίνουν σε ένα θερμοκήπιο, δηταν δε δίνονται τέτοιο στοιχεία, αυτά προέρχονται από θεωρητικά υπολογιστικά προγράμματα προσομοίωσης. Στις περιπτώσεις αυτές δε δίδονται συνήθως διαγράμματα, αλλά καθορίζεται το μέγιστο σημείο και η κλίση της ευθείας.
5. Η ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και από τα υπόλοιπα βιοκλιματικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα τοίχος Trombe, συλλέκτης αέρα κλπ., γι' αυτό και τα στοιχεία που αναλύθηκαν στο παρόν ισχύουν και για τις επόμενες παραγράφους.
6. Αν θέλαμε να δούμε τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, θα έπρεπε να κάνουμε την παραπάνω ανάλυση χωρίζοντας τη διάρκεια της ημέρας σε χρονικά διαστήματα για τα οποία έχουμε κλιματικά δεδομένα. Αυτά είναι συνήθως μέσες ωριαίες τιμές οπότε και αυτή είναι η προσέγγιση που μπορούμε να πετύχουμε.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες ευθείες απόδοσης για συγκεκριμένους τύπους θερμοκηπίου και αναλύεται η θερμική συμπεριφορά του με βάση τα κατασκευαστικά του στοιχεία (Σχ. 2α,β).



- [1] Θερμοκήπιο Νομιναλ, κλίση διαφ. καλύμματος 90 μοιρών
- [3] Θερμοκήπιο με εξ. μόνωση τοίχων και δαπέδου
- [4] Θερμοκήπιο με πολυκαρβόν. διαφ. κάλυμμα, μονωμένο
- [5] Θερμοκήπιο με διπλό υαλοπίνακα, μονωμένο

Σχ. 2α



- [6] Θερμοκήπιο Νομιναλ, με κατακόρυφο διαφανές κάλυμμα
- [8] Θερμοκήπιο με εξ. μόνωση τοίχων και δαπέδου
- [9] Θερμοκήπιο με πολυκαρβόνακλ διαφ. κάλυμμα, μονωμένο
- [10] Θερμοκήπιο με διπλό υαλοπίνακα, μονωμένο

Σχ. 2β

### [1] Θερμοκήπιο Nominal $N = 0,7 - 11,7 \cdot X$

Στο Διάγραμμα [1] επιλέχθηκε προς ανάλυση ένα θερμοκήπιο με κεκλιμένο διαφανές κάλυμμα, κλίση διαφανούς καλύμματος = 70 μοίρες, με νότιο προσανατολισμό και κάλυψη μόνο της νότιας όψης του με διαφανές υλικό. Το θερμοκήπιο No 1 χαρακτηρίσθηκε ως «Nominal», στη συνέχεια δε διερευνήθηκε η επίδραση στην απόδοση του διαφόρων κατασκευαστικών μεταβολών του. Οι μονάδες των μεγεθών δίδονται πάντα στο σύστημα SI.

Υψος κατακόρυφου τοίχου = 2,5 μ.

Υψος κεκλιμ., διαφ. καλύμματος = 2,7 μ.

Μήκος θερμοκηπίου = 4,0 μ.

Πλάτος βάσης θερμοκηπίου = 2,0 μ.

Επιφάνεια Διαφ. καλύμματος = 10,8 μ.

Πλάτος οροφής θερμοκηπίου = 1,2 μ.

Επιφάνεια περιβ. τοίχων Θερμ. = 12,8 μ.

Πάχος περιβ. τοίχων = 0,15 μ.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων**

Υλικό περιβ. τοίχων Θερμοκ. = σκυρόδεμα	Θερμ. αγωγιμότητα περιβ. τοίχων = 1,4 W/mK
Πάχος θερμομόνωσης περιβ. τοίχων θερμοκ.	Dsw = 0
Θερμική αγωγιμότητα θερμομόνωσης περ. τοίχων θερμ.	Lsw = -
Πάχος δαπέδου Θερμοκ.	Db = 0,2 μ
Υλικό δαπέδου Θερμοκ.	= σκυρόδεμα
Θερμική αγωγιμότητα υλικού δαπέδου Θερμοκ.	Lb = 1,4 W/mK
Επιφάνεια δαπέδου Θερμοκηπίου	Fb = 8,0 μ
Πάχος θερμομόνωσης δαπέδου Θερμοκ.	Ds <sub>l</sub> = 0
Θερμική Αγωγιμότητα θερμομόνωσης δαπέδου Θερμοκ.	Dsb = -
Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμματος Θερμοκ.	Taf = 0,88
Υλικό διαφανούς καλύμματος Θερμοκηπίου	= υαλοπίνακας
Πάχος διαφανούς καλύμματος Θερμοκηπ.	Sg = 0,008 μ (8 mm)
Θερμική αγωγιμότητα διαφ. καλύμματος θερμοκ.	Lg = 0,76 W/mK
Συντελεστής θερμικής εκπομπής διαφ. καλύμματος	Eg = 0,85
θερμοκρασία εσωτερικού χώρου κατοικίας	Th = 20 °C
Ταχύτητα ανέμου περιβάλλοντος	Uu = 4 m/sec
Θερμοκρασία εδάφους	Tso = 10 °C
Ροή αέρα μεταξύ θερμοκηπίου - εσωτ. χώρου κατοικίας	= φυσική ροή
Ορισμός μεταβλητής οριζόντιου άξονα	X = (Tm-Tu) / I

[2]: Θερμοκήπιο με εξωτ. μόνωση της περιβάλλουσας τοιχοποιίας  $N = 0,7 - 9,3 * X$

Υλικό θερμομόνωσης τοίχων	= ηρακλείτης
Πάχος θερμομόνωσης τοίχων	Dsw = 0,1 μ
Θερμική αγωγιμότητα θερμομ. τοίχων	Lsw = 0,07 W/mK
Είναι σαφές ότι η θερμομόνωση των τοίχων μειώνει τις συνολικές απώλειες του θερμοκηπίου και έτσι αυξάνεται η απόδοση του. Στις συνήθεις περιοχές λειτουργίας η βελτίωση αυτή είναι του επιπέδου του 15 %.	

[3]: Θερμοκήπιο με εξ. μόνωση της περιβάλλουσας τοιχοποιίας και του δαπέδου

$$N = 0,7 - 5,0 * X$$

Υλικό θερμομόνωσης τοίχων και δαπέδου	= ηρακλείτης
Πάχος θερμομόνωσης τοίχων και δαπέδου	Dsw = 0,1 μ
Θερμική αγωγιμότητα θερμομ. τοίχων και δαπέδ.	Lsw = 0,07 W/mK

Η σημαντικότερη κατασκευαστική βελτίωση που μπορούμε να πετύχουμε στον παρόντα τύπο θερμοκηπίου είναι η θερμομόνωση του δαπέδου, η αύξηση της απόδοσης στις συνήθεις περιοχές λειτουργίας του ξεπερνάει το 30%, Μπορεί να εξηγηθεί εύκολα από το γεγονός ότι το δάπεδο δέχεται την άμεση ακτινοβολία του ήλιου και η θερμοκρασία του είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα, έτσι οι απώλειες προς το έδαφος είναι σημαντικές. Το μέτρο αυτό κρίνεται απαραίτητο σε κάθε τύπο θερμοκηπίου.

**[4]: Διαφανές κάλυμμα θερμοκ. από Πολυκαρβονική κυψέλη θερμομόνωση περιβ. τοιχοποιίας και δαπέδου  $N = 0,63 - 3,3^* X$**

Υλικό διαφανούς καλύμματος θερμοκηπίου = πολυκαρβονική κυψέλη

Πάχος διαφανούς καλύμματος θερμοκηπίου  $Sg = 0.01 \mu$  (10 mm)

Θερμική αγωγιμότητα διαφανούς καλύμμ. θερμ.  $Lg = 0,04 \text{ W/mK}$

Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμμ. θερμοκ.  $Taf = 0.77$

Θερμομόνωση τοίχων και δαπέδου όπως στο [3]

Η πολυκαρβονική κυψέλη αποτελεί ένα μοντέρνο υλικό που συνδυάζει το μικρό βάρος με σημαντικές θερμομονωτικές ικανότητες. Το μειονέκτημα του είναι η μικρή φωτοδιαπερατότητα που παρουσιάζει στο ορατό φάσμα. Από την ευθεία απόδοσης φαίνεται ότι επιφέρει βελτίωση της απόδοσης μόνο στις ιδιαίτερα άσχημες συνθήκες ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας.

**[5]: Διαφανές κάλυμμα θερμοκ. από διπλό υαλοπίνακα θερμομόνωση περιβ. τοιχοποιίας και δαπέδου  $N = 0,67 - 3,5^* X$**

Υλικό διαφανούς καλύμματος θερμοκηπίου = διπλός υαλοπίνακας με διάκενο 10 mm

Πάχος κρυστάλλων υαλοπίνακα = 5 mm

Συνολικό πάχος διπλού υαλοπίνακα  $Sg = 0,02 \mu$  (20 mm)

Θερμική αγωγιμότητα διαφανούς καλύμματος  $Lg = 0,13$

Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμματος  $Taf = 0,83$

Θερμομόνωση τοίχων και δαπέδου όπως στο [3]

Φαίνεται ότι η συνδυασμένη χρήση θερμομόνωσης δαπέδου-τοίχων και διπλού θερμομονωτικού υαλοπίνακα δίνει το βέλτιστο αποτέλεσμα από πλευράς απόδοσης.

**[6]: Θερμοκήπιο Nominal V N = 0,7 -14,0 \* X**

Στο Διάγραμμα [1] επιλέχθηκε επίσης προς ανάλυση ένα θερμοκήπιο με κατακόρυφο διαφανές κάλυμμα με νότιο προσανατολισμό και κάλυψη μόνο της νότιας όψης του με διαφανές υλικό. Το θερμοκήπιο Νο 6 χαρακτηρίσθηκε ως «Nominal V», στη συνέχεια δε διερευνήθηκε η επίδραση στην απόδοση του διαφόρων κατασκευαστικών μεταβολών του. Οι μονάδες των μεγεθών δίδονται πάντα στο σύστημα SI.

Υψος κατακόρυφου τοίχου = 2,5 μ.	Υψος κατακόρ. διαφ. καλύμματος = 2.5 μ.
Μήκος θερμοκηπίου = 4,0 μ.	Πλάτος βάσης θερμοκηπίου = 2.0 μ.
Επιφάνεια διαφ, καλύμματος = 10,0 μ.	Πλάτος οροφής θερμοκηπίου = 2.0 μ.
Επιφάνεια περιβ, τοίχων θερμ. = 18,0 μ.	Πάχος περιβ, τοίχων = 0.15 μ.
Υλικό περιβ, τοίχων θερμοκ, = σκυρόδεμα	Θερμ. αγωγιμότητα περιβ. τοίχων = 1.4 W/mK
Πάχος θερμομόνωσης περιβ, τοίχων θερμοκ.	Dsw = O
Θερμική αγωγιμότητα θερμομόνωσης περ. τοίχων θερμ.	Lsw = -
Πάχος δαπέδου θερμοκηπίου	Db = 0,2 μ
Υλικό δαπέδου θερμοκηπίου	= σκυρόδεμα
Θερμική αγωγιμότητα υλικού δαπέδου θερμοκηπίου	Lb = 1,4 W/mK
Επιφάνεια δαπέδου θερμοκηπίου	Fb = 8,0 μ
Πάχος θερμομόνωσης δαπέδου θερμοκηπίου	Ds1 = O
Θερμική Αγωγιμότητα θερμομόνωσης δαπέδου θερμοκ.	Dsb = -
Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμματος θερμοκ.	Taf = 0,88
Υλικό διαφανούς καλύμματος θερμοκηπίου	= υαλοπίνακας
Πάχος διαφανούς καλύμματος θερμοκηπίου	Sg = 0,008 μ (8 mm)
Θερμική αγωγιμότητα διαφ. καλύμματος θερμοκ.	Lg = 0,76 W/mK
Συντελεστής θερμικής εκπομπής διαφ, καλύμματος	Eg = 0,85
Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου κατοικίας	Th= 20°C
Ταχύτητα ανέμου περιβάλλοντος	Uu = 4 m/sec
Θερμοκρασία εδάφους	Tso = 10 °C
Ροή αέρα μεταξύ θερμοκηπίου - εσωτ. χώρου κατοικίας	= φυσική ροή
Ορισμός μεταβλητής οριζόντιου άξονα	X = (Tm-Tu) / l
Να σημειωθεί ότι συνολικά αυτός ο τύπος θερμοκηπίου, αν και κατασκευαστικά ευκολότερος και συνηθέστερος, παρουσιάζει μικρότερη απόδοση από τον τύπο θερμοκηπίου με κεκλιμένο διαφανές κάλυμμα. Αυτό είναι λογικό, αν αναλογισθούμε ότι το κεκλιμένο διαφανές κάλυμμα δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ηλ. ακτινοβολίας, διοχετεύει μεγαλύτερο ποσό	

θερμότητας προς τον εσωτερικό χώρο και επομένως «εμφανίζει» μικρότερες απώλειες ανηγμένες στη μονάδα επιφάνειας του διαφανούς τους καλύμματος.

Για τους τύπους θερμοκηπίων:

$$[7] N = 0,7-11,3*X \quad [9] N = 0,63-3,7*X$$

$$[8] N = 0,7-5,6*X \quad [10] N = 0,67-3,9*$$

ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και για τους τύπους θερμοκηπίων [2] - [3] - [4] - [5].

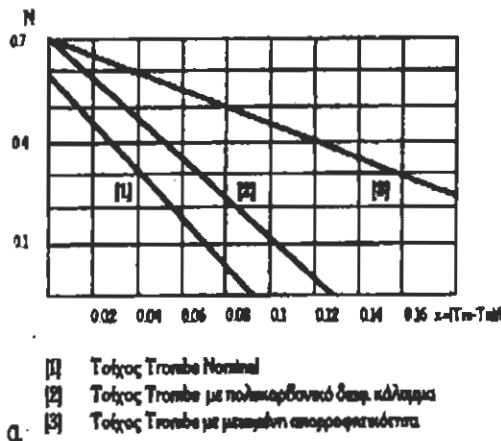
#### **Δ. Απόδοση τοίχου Trombe**

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η συλλογή και προώθηση της ηλιακής ενέργειας και από τον τοίχο Trombe. Οι διαφορές του με το θερμοκήπιο έγκειται στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες:

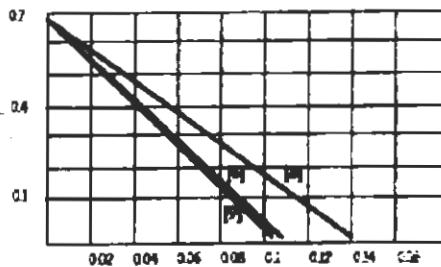
1. Η επικοινωνία του τοίχου Trombe με τον εσωτερικό χώρο γίνεται μέσω οριζόντιων θυρίδων στο πάνω και κάτω μέρος αυτού αντί για πόρτες ή παράθυρα.
2. Η απόσταση του υαλοπίνακα από τη σκούρη επιφάνεια είναι πολύ μικρότερη (συνήθως 10 cm), ενώ στο θερμοκήπιο η απόσταση αυτή είναι μερικά μέτρα.
3. Η σκούρη επιφάνεια του τοίχου Trombe είναι σχεδόν πάντα βαμμένη μαύρη και ισχυρά φωτοαπορροφητική, αλλιώς έχουμε μεγάλες απώλειες ήδη με την πρώτη ανάκλαση. Στο θερμοκήπιο, οι σκούροι τοίχοι δεν είναι απαραίτητο να είναι βαμμένοι μαύροι, γιατί έχουμε εκμετάλλευση του φαινομένου των διαδοχικών ανακλάσεων.
4. Ο υαλοπίνακας του τοίχου Trombe κατασκευάζεται συνήθως σε τεμάχια, ένα κύριο και δύο μικρά στο πάνω και κάτω μέρος αυτού, που παίζουν τον ρόλο του δροσισμού των θερινούς μήνες, όταν δεν είναι δυνατόν να προστατευθεί η επιφάνεια του από την ηλιακή ακτινοβολία. Στο θερμοκήπιο απλώς αφαιρούμε ορισμένα από τα κουφώματα του.
5. Ο Τοίχος Trombe δεν φέρει μεγάλα ανοίγματα προς τον κύριο όγκο της κατοικίας και είναι ασφαλής έναντι εισβολών.
6. Όσον αφορά στην επιλογή του τρόπου κυκλοφορίας του αέρα (φυσική ή εξαναγκασμένη) έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής: Η ενέργεια της ηλιοφάνειας θεωρείται «αραιή», είναι δηλ., διανεμημένη σε σχετικά μεγάλη επιφάνεια. Ας αναλογιστούμε ότι σε ένα τ.μ. μπορεί να προσπέσει ακτινοβολία με ισχύ το πολύ 1,0 KW. ενώ για παράδειγμα ένας λέβητας κεντρικής θέρμανσης στην ίδια επιφάνεια μπορεί να αποδώσει και 50 KW και ο κινητήρας ενός αυτοκινήτου σε πολύ μικρότερη επιφάνεια μπορεί να αποδώσει μέχρι και 200 KW. Αυτό σημαίνει ότι στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας δεν απαιτούνται σημαντικά ρεύματα αέρα που θα παραλάβουν τη

θερμική ενέργεια της ηλιοφάνειας. Με αναφορά πάντα σε 1 τ.μ. ηλιαζόμενης επιφάνειας βρίσκουμε ότι ακόμη και αν εκμεταλλευόμασταν το 100% της διαθέσιμης μέγιστης ηλιακής ενέργειας και υπό την προϋπόθεση ότι δεν επιθυμούμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες αέρα εξόδου από το ηλιοκλιματικό στοιχείο (για παράδειγμα  $\Delta T = \max 20 \text{ K}$ ), τότε η ροή αέρα που απαιτείται δεν ξεπερνάει τα  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ , ροή που μπορεί να επιτευχθεί από τη δρώσα πίεση του αέρα (που όπως προαναφέρθηκε προέρχεται από την προκύπτουσα διαφορά πυκνότητας) και επομένως η φυσική κυκλοφορία είναι ικανοποιητική από κάθε άποψη Η εξαναγκασμένη ροή αέρα επιβάλλεται εκεί όπου σχεδιαστικοί περιορισμοί δεν επιτρέπουν τη φυσική κυκλοφορία του αέρα ή εκεί που έχουμε λειτουργία του βιοκλιματικού στοιχείου μόνο σε μεγάλες ηλιοφάνειες (καλοκαίρι). Αντίθετα, στις υπόλοιπες περιπτώσεις, χρήση ανεμιστήρων μπορεί ακόμη και να επιφέρει μείωση της απόδοσης, επειδή έτσι αναγκάζουμε τον αέρα σε στροβιλώδη ροή και αυξάνουμε τον συντελεστή συναγωγής απωλειών (τυρβώδης ροή).

7. Ευνόητο είναι και εδώ ότι οι κατασκευαστικοί συνδυασμοί είναι απεριόριστοι. Στο (Σχ. 3α,β) φαίνονται οι ευθείες απόδοσης ενός τυπικού Trombe καθώς και ορισμένων βασικών μετατροπών αυτού. Να σημειωθεί και πάλι ότι τα διαγράμματα αυτά έχουν βασικά συγκριτική αξία,, αφού σε κάθε περίπτωση η πραγματική απόδοση του εξαρτάται καίρια από τα τεχνικά ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατασκευής του, δεν παύουν όμως να αποτελούν και τη βάση του τύπου των ποσοτικών υπολογισμών για τη διαστασιολόγηση των ηλιοκλιματικών στοιχείων.



Σχ. 3a



- [1] Τοίχος Trombe με διαφανές όψος-πλάστικος
- [2] Τοίχος Trombe με μηδέν διάστινο πολύεσ-διαφ. καλύμματος
- β. [3] Επίδρεση ανέμου Ua = 15 μ/sek στην απόδοση τ. Trombe

Στ. 3p

[1]: Τοίχος Trombe «Nominal»  $N = 0,7 - 5,4 \cdot X$

Κατακόρυφο ύψος τοίχου  $H = 2,5 \mu$ .

Υψος διαφανούς καλύμματος  $H = 2,5 \mu$ .

Πλάτος τοίχου  $B = 3,0 \mu$ .

Πλάτος διαφανούς καλύμματος  $B = 3,0 \mu$ .

Συνολ. επιφάνεια τοίχου  $F = 7,5 \text{ m}^2$

Πάχος τοίχου  $S = 0,25 \mu$ .

Απόσταση μεταξύ τοίχου και διαφανούς καλύμματος

$D = 0,08 \mu$ .

Υλικό τοίχου

= σκυρόδεμα

Θερμική αγωγιμότητα τοίχου

$L = 1,4 \text{ W/mK}$

Κλίση διαφανούς καλύμματος

= 90 μοίρες (κατακόρυφος τοίχος)

Προσανατολισμός διαφ. καλύμμ.

= νότιος

Υλικό διαφανούς καλύμματος

= υαλοπίνακας

Φωτοδιαπερατότητα διαφ. καλύμμ.

$Taf = 0,88$

Πάχος διαφανούς καλύμματος

$Sg = 0,008 \mu. (8 \text{ mm})$

Θερμική αγωγιμότητα διαφ. καλύμμ.

$Lg = 0,76 \text{ W/mK}$

Συντελεστής θερμικής εκπ. διαφ. καλ.

$eg = 0,85$

Συντελ. θερμ. εκπομπής τοίχων

$eh = ew = 0,80$

Ταχύτητα ανέμου

$Uu = 4 \text{ m/sec}$

[2]: Τοίχος Trombe με διαφανές κάλυμμα από κυψελωτό πολυκαρβονικό

$$N = 0,63 - 2,1 \cdot X$$

Υλικό διαφανούς καλύμματος

= κυψελ. πολυκαρβονικό με προστασία υπεριώδους

Πάχος διαφανούς καλύμματος

$Sg = 0,01 \mu. (10 \text{ mm})$

Θερμική αγωγιμότητα διαφανούς καλ.

$Lg = 0,04 \text{ W/mK}$

Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλ.

$Taf = 0,77$

Υπάρχει σημαντική βελτίωση της απόδοσης στις μέτριες και άσχημες καιρικές συνθήκες, ενώ για καλές συνθήκες ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπάρχει μείωση της απόδοσης.

Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην καλή θερμομονωτική ικανότητα αλλά ταυτόχρονα και στη χαμηλή φωτοδιαπερατότητα του υλικού.

### [3]: Τοίχος Trombe με μειωμένη απορροφητικότητα της σκούρας επιφάνειας

$$N = 0.58 - 6.2 * X$$

Απορροφητικότητα σκούρας επιφάνειας       $Alf = 0.7$

Η μείωση της απορροφητικότητας της επιφάνειας του τοίχου που δέχεται την απευθείας ηλιακινοβολία δεν επιφέρει μόνο μείωση του μέγιστου της ευθείας, αλλά και αύξηση του συντελεστή θερμικών απωλειών.

Η τελική μείωση της απόδοσης πλησιάζει το 30%, είναι δηλ. ακόμη μεγαλύτερη και από την πιο ποστιαία μείωση του συντελεστή απορροφητικότητας έναντι του τοίχου Trombe Nominal, γι' αυτό και θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στο χρώμα της επιφάνειας αυτής.

### [4] - [5]: Μεταβολή του πάχους του τοίχου Trombe 0,15 - 0,50 μ

$$[4] N = 0,7-5,3*X \quad [5] N = 0,7-5,5*X$$

Το πάχος καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά (θερμική αγωγιμότητα – θερμοχωρητικότητα) του τοίχου Trombe, ελάχιστα επηρεάζουν τον βαθμό απόδοσης του. Εκεί που αυτά έχουν σημαντική επίδραση είναι στη χρονική καθυστέρηση μεταξύ ηλιοφάνειας και πρόσδοσης θερμότητας προς το εσωτερικό του χώρου.

### [6]: Τοίχος Trombe με διαφορετική σχέση διαστάσεων ύψους-πλάτους $N = 0,7 - 6,4 * X$

Κατακόρυφο ύφος τοίχου Trombe       $H = 1,0 \mu$ .

Πλάτος τοίχου Trombe       $B = 7,5 \mu$ .

Συνολική επιφάνεια τοίχου Trombe       $F = 7,5 m^2$

Η επίδραση της ριζικής αλλαγής των διαστάσεων του τοίχου Trombe έχει μικρή επίδραση (μικρότερη από 10%) στην απόδοση του. Αυτό σημαίνει ότι το κυριαρχούμενο μέγεθος στον σχεδιασμό του είναι η συνολική επιφάνεια. Καλό είναι πάντως να σχεδιάζουμε τοίχους με τετραγωνικές περίπου διαστάσεις. Σε αντίθετη περίπτωση έχουμε την παραπάνω μείωση που διατίθεται στη μη δημιουργία ροής καναλιού και

επαρκούς δρώσας πίεσης, όταν δε το ύψος είναι πολύ μεγάλο στη μεγάλη πτώση πιέσεως λόγω τριβών του αέρα με τα τοιχώματα.

**[7] - [8]: Τοίχος Trombe με διαφορετικό διάκενο τοίχου – διαφανούς καλύμματος**

$$[7] \ N = 0,7 - 7,2 * X \quad [8] \ N = 0,7 - 5,0 * X$$

(7) Απόσταση μεταξύ τοίχου και διαφανούς καλύμματος  $D = 0,03 \text{ μ. (3 cm)}$

(8) Απόσταση μεταξύ τοίχου και διαφανούς καλύμματος  $D = 0,18 \text{ μ. (18 cm)}$

Η απόσταση μεταξύ τοίχου και διαφανούς καλύμματος θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην δημιουργείται μεγάλη πτώση πιέσεως, να μην εμποδίζεται δηλ. η φυσική κίνηση του αέρα. Τέτοια διάκενα έχουν πλάτος 8-12 cm .

Όταν το διάκενο αυτό μειωθεί σημαντικά, για παράδειγμα στα 3 cm, τότε έχουμε αισθητή μείωση της απόδοσης, περίπου 15%. Αντίθετα, αύξηση του διακένου στα για παράδειγμα 18 cm ελάχιστη επιφέρει ενώ ταυτόχρονα επιβαρύνει σημαντικά το κόστος κατασκευής (κούφωμα).

**[9]: Επίδραση του ανέμου στην απόδοση του τοίχου Trombe  $N = 0,7 - 6,5 * X$**

Ταχύτητα ανέμου  $U_u = 15 \text{ m/sec}$

Η επίδραση του ανέμου στην απόδοση του τοίχου Trombe -αν και εξαρτάται σημαντικά από τη διεύθυνση του- αρχίζει να γίνεται αισθητή όταν η ταχύτητα του ξεπεράσει τα 7-8 m/sec, οπότε και πρέπει να αναμένονται μειώσεις απόδοσης του επιπέδου του 10%. Συνήθως όμως οι τοίχοι Trombe βρίσκονται σε νότιες προφυλαγμένες από τους ισχυρούς βόρειους ανέμους επιφάνειες, γι' αυτό και η επίδραση του ανέμου μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένη.

**E. Απόδοση ηλιακού αεροσυλλέκτη**

Ο ηλιακός αεροσυλλέκτης μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ανεξάρτητος τοίχος Trombe, όπου η κίνηση του αέρα γίνεται από έναν ανεμιστήρα και η μεταφορά του μέχρι τον θερμαινόμενο χώρο μέσω αεραγωγού. Συνήθως η λειτουργία του ανεμιστήρα ελέγχεται από έναν απλό θερμοστάτη χώρου που βρίσκεται μέσα στον Αεροσυλλέκτη.

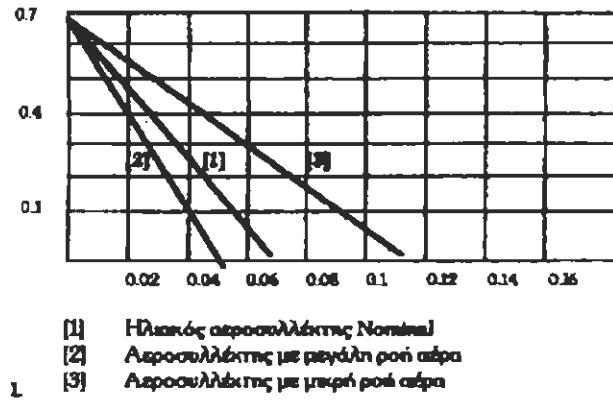
Κατασκευαστικά διαφέρει από τον τοίχο Trombe στο ότι δεν παρουσιάζει καθόλου θερμοχωρητικότητα, φέρει ισχυρή θερμομόνωση στην πλάτη, μπορεί να μπει ανεξάρτητα από το κτίριο και απαιτεί μελέτη αεραγωγών και ανεμιστήρα.

Ένας πολύ προσεγγιστικός κανόνας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι ο εξής: για κάθε τετρ. μέτρο συλλέκτη στραμμένου προς Νότο η επιθυμητή εξαναγκασμένη ροή του

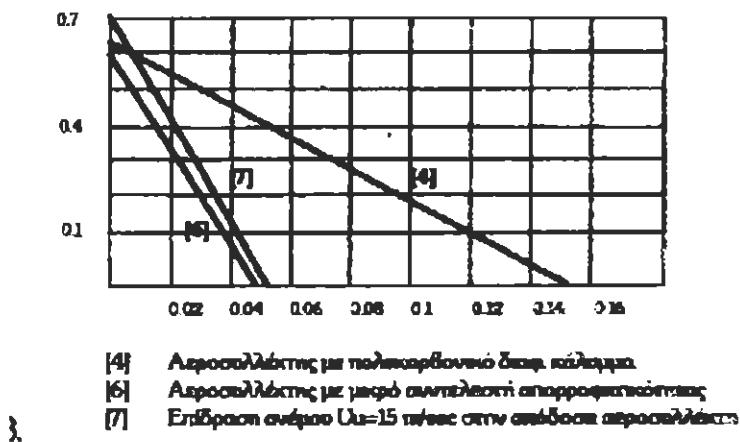
αέρα είναι περίπου  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ . Η διατομή του δικτύου των αεραγωγών πρέπει να είναι περίπου  $20 \text{ cm}^2$  για ροή κάθε  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Έτσι για παράδειγμα αν έχουμε πεδίο συλλεκτών συνολικής επιφάνειας  $30 \text{ t.m.}$ , θα πρέπει να διοχετεύσουμε αέρα  $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$  μέσα από κεντρικό αεραγωγό διατομής  $600 \text{ cm}^2$  που αντιστοιχεί σε διάμετρο αγωγού  $\Phi 270 \text{ mm}$ .

Στο σχήμα 4α,β φαίνεται ο βαθμός απόδοσης ενός συγκεκριμένου τύπου ηλ. αεροσυλλέκτη στραμμένου προς νότο και με κλίση  $70^\circ$  μοιρών, καθώς και ορισμένων κατασκευαστικών παραλλαγών του.



Σχ. 4α



Σχ. 4β

$$[1]: \text{Ηλιακός Αεροσυλλέκτης Nominal \quad N = 0,7 - 10,0 * X}$$

$$\text{Διάσταση κατά μήκος ροής αέρα (ύψος)} \quad H = 2,5 \mu.$$

$$\text{Διάσταση κάθετη προς τη ροή αέρα (πλάτος)} \quad B = 3,0 \mu$$

$$\text{Απόσταση μεταξύ απορρ. επιφάνειας - διαφ. καλύμματος} \quad Sm = 0.05 \mu. (5 \text{ cm})$$

$$\text{Συνολικό πάχος προφίλ πλαισίου συλλέκτη} \quad Bb = 0,15 \mu.$$

Πάχος θερμομόνωσης πλάτης συλλέκτη (υαλοβάμβ.)	D= 0,08 μ. (8 cm)
Θερμική αγωγιμότητα θερμομόνωσης πλάτης συλλέκτη	Lm = 0,045 W/mK
Πάχος διαφανούς καλύμματος (υαλοπίνακας) συλλέκτη	Sg = 0,005 μ. (5 mm)
Θερμική αγωγιμότητα διαφανούς καλύμματος συλλέκτη	Lg = 0.76 W/mK
Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμματος συλλέκτη	Taf = 0,88
Συντελ. θερμ. εκπομπής διαφανούς καλύμματος συλλέκτη	Eg= 0.85
Συντελεστής απορροφητικότητας σκούρης επιφάνειας	Alf = 0,9
Ροή αέρα	V = 0,5 m <sup>3</sup> /sec

### [2]: Ηλιακός Αεροσυλλέκτης με μεγάλη ροή αέρα N = 0,7 - 12,7 \* X

Ροή αέρα V = 1,5 m<sup>3</sup>/sec

Με την υπερβολική αύξηση της ροής του αέρα αυξάνονται σημαντικά οι απώλειες του αεροσυλλέκτη, κυρίως δια συναγωγής από το διαφανές κάλυμμα. Πρέπει να αποφεύγεται, γιατί στην περίπτωση αυτή έχουμε επιπλέον και αύξηση της κατανάλωσης ηλ. ρεύματος από τον ανεμιστήρα.

Πρακτικά χρήσιμη είναι η τοποθέτηση ηλεκτρονικού ροοστάτη, ώστε να μπορούμε να ρυθμίσουμε την ποσότητα του αέρα στα επιθυμητά επίπεδα. Πολλές φορές όμως είμαστε υποχρεωμένα σε υψηλές ροές, όταν για παράδειγμα ο αέρας αυτός διέρχεται από rock bed ή τοίχους μάζας για την αποθήκευση της θερμότητας, γιατί αλλιώς μειώνεται πολύ ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας από τον αέρα προς την θερμοσυσσωρευτή μάζα.

### [3]: Ηλιακός Αεροσυλλέκτης με μικρή ροή αέρα N = 0,7 - 6,0 \* X

Ροή αέρα V=0,1m<sup>3</sup>/sec

Θεωρητικά μπορούμε να πετύχουμε σημαντική αύξηση της απόδοσης του αεροσυλλέκτη, μειώνοντας μέχρις κάποιου ορίου (60 m<sup>3</sup>/sec ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας συλλέκτη) τη ροή του αέρα. Αυτό όμως έχει δυο μειονεκτήματα: αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα, στο παράδειγμα μας στους 45°C περίπου, με αποτέλεσμα να έχουμε σημαντικές απώλειες στον αεραγωγό προσαγωγής θερμού αέρα και μειώνει τον συντελεστή μετάδοσης θερμότητας προς τη θερμοσυσσωρευτική μάζα,

Έτσι, έχουμε γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας του σέρα του χώρου σε επίπεδα πέραν του ανεκτού και συνακόλουθα απότομη μείωση της θερμοκρασίας του μετά το πέρας της ηλιοφάνειας.

**[4]: Ηλιακός Αεροσυλλέκτης με διαφ. κάλυμμα από κυψελωτό πολυκαρβονικό**

$$N = 0,63 - 4,8 * X$$

Πάχος διαφανούς καλύμματος (κυψελ. πολυκαρβονικό)  $Sg = 0,01 \mu. (10 \text{ mm})$

Θερμική αγωγιμότητα διαφανούς καλύμματος  $Lg = 0,04 \text{ W/mK}$

Φωτοδιαπερατότητα διαφανούς καλύμματος  $Taf = 0,77$

Η μείωση των θερμικών απωλειών με χρήση θερμομονωτικού διαφανούς καλύμματος από κυψελωτό πολυκαρβονικό είναι σημαντική σχεδόν σ όλες τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα μεγάλη στις άσχημες συνθήκες περιβάλλοντος. Βέβαια, την ίδια περίπου μείωση των θερμικών απωλειών μπορούμε να πετύχουμε ρυθμίζοντας κατάλληλα τη ροή του αέρα, αλλά αυτό απαιτεί χρονοβόρους υπολογισμούς και δοκιμές.

**[5]: Ηλιακός Αεροσυλλέκτης με μεγαλύτερο διάκενο αέρα  $N = 0,7 - 9,5 * X$**

Απόσταση μεταξύ σκούρας επιφάνειας και διαφανούς καλύμματος  $Sm = 0,1 \mu. (10 \text{ cm})$

Το διάκενο ροής αεράτου Αεροσυλλέκτη πρέπει να κινείται μεταξύ 4 και 10 cm, έτσι πετυχαίνουμε και μικρή πτώση πέσεως αλλά και στρωτή ροή αέρα, ώστε να μειώνονται οι θερμικές του απώλειες.

Αύξηση του πλάτους του διακένου πέραν του ορίου αυτού αυξάνει το κόστος του χωρίς ουσιαστική επίδραση στην απόδοση του, ενώ μείωση του κάτω από τα 4 cm προκαλεί αύξηση στην κατανάλωση ηλ. ρεύματος.

**[6]: Ηλιακός Αεροσυλλέκτης με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας**

$$N = 0,58 - 13,7 * X$$

Συντελεστής απορροφητικότητας σκούρης επιφάνειας  $Alf=0,7$

Ο συντελεστής απορροφητικότητας παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στην απόδοση του αεροσυλλέκτη, όπως βέβαια και σε κάθε βιοκλιματικό στοιχείο. Η μείωση της απόδοσης είναι συνήθως μεγαλύτερη από την ποσοστιαία μείωση της απορροφητικότητας.

**[7]: Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου  $N = 0,7 - 14,3 * X$**

Ταχύτητα ανέμου  $Uu = 15 \text{ m/sec}$

Καθώς οι συλλέκτες αέρα τοποθετούνται συνήθως σε δώματα ή εν γένει σε ανοιχτά μέρη, προσβάλλονται εύκολα από τους ανέμους της περιοχής. Αυτό επιδρά σημαντικά στην απόδοσή τους, για ανέμους πάνω από 8 m/sec η μείωση της μπορεί να φτάσει και το 40%. Για τον λόγο αυτό οι αεροσυλλέκτες θα πρέπει να τοποθετούνται σε υπήνεμες περιοχές. Ας μην

Ξεχνάμε τέλος και τις επιπλέον κατασκευαστικές απαιτήσεις που προκύπτουν από τις σημαντικές πιέσεις που αναπτύσσει ο άνεμος στις προσβαλλόμενες επιφάνειες καθώς και τα ενδεχόμενα φορτία από χιονοπτώσεις και πτώση δυνατής βροχής ή χαλάζιου,

### **ΣΤ. Υαλοπίνακες (παράθυρο)**

Το παράθυρο θεωρείται το αποδοτικότερο από τα βιοκλιματικά στοιχεία, εφόσον βεβαίως πληροί τις σχεδιαστικές προϋποθέσεις που απαιτούνται, να είναι δηλ., σωστά προσανατολισμένο ώστε το μεν καλοκαίρι να προστατεύεται από την άμεση ηλ. ακτινοβολία, τον δε χειμώνα να επιτρέπει τη διείσδυση της στο εσωτερικό του κτιρίου προς κάποια σκούρη-απορροφητική επιφάνεια,

Ανάλογα με τη σχέση κουφώματος / υαλοπίνακα του παραθύρου και τη φωτοδιαπερατότητά του, ένα παράθυρο μπορεί να δεσμεύσει το 60 ως 70 % της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Έτσι, σε μια ηλιόλουστη χειμωνιάτικη ημέρα ανά τετρ. μέτρο ανοίγματος παραθύρου μπορούν να δεσμευτούν περίπου 4 Kwh τη στιγμή που χονδρικά οι ημερήσιες θερμικές απώλειες μιας κατοικίας είναι περίπου 2 Kwh/m<sup>2</sup> επιφάνειας κάτοψης. Αυτό σημαίνει με μια πρώτη προσέγγιση ότι αν φροντίσουμε να έχουμε σε ένα κτίριο σωστά προσανατολισμένα παράθυρα με διπλούς υαλοπίνακες, επιφάνεια ίση με το 50% της κάτοψης του και κατάλληλη θερμοσυσσώρευση, τις ηλιόλουστες ημέρες του χειμώνα δεν θα απαιτείται καθόλου πρόσθετη θέρμανση.

Ξαναγυρίζοντας τώρα στο αριθμητικό παράδειγμα της παραγράφου 1.2. και υποθέτοντας ότι η νότια συλλεκτική επιφάνεια είναι ένας τοίχος Trombe από μπετόν πάχους 25 cm, μπορούμε να υπολογίσουμε τα ωφέλιμα θερμικά φορτία

Ωφέλιμη ισχύς:  $Q_{\text{ωφ}} = 0.42 * 80 * 0.6 = 20.2 \text{ KWh}$

Ωφέλιμη ενέργεια:  $E_{\text{ωφ}} = 20.2 * 6 \text{ h} = 121 \text{ KWh}$

Δεχόμαστε για μία χρονική στιγμή ως περιβαλλοντικές συνθήκες τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του μηνός Ιανουαρίου, δηλαδή  $T_u = T_{av} = 6,2^\circ$  και  $I_u = 420 \text{ w}$  για 6 h κύρια ηλιοφάνεια ανά ημέρα σε κατακόρυφο επίπεδο.

Ο βαθμός απόδοσης του τοίχου Trombe είναι 0,6 όπως προκύπτει από τα κλιματικά δεδομένα (βλ. παρ, 3.3.2. Δ).

### **3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Αναφέρθηκε ήδη ότι η χρήση βιοκλιματικών συλλεκτικών επιφανειών στο κτίριο οδηγεί αναγκαστικά στη χρήση μερών αυτού ως αποθήκη θερμότητας (θερμοσυσσώρευση), για να

μπορέσουν να αντιμετωπισθούν θετικά οι περίοδοι εκείνες της ημέρας ή του μήνα κατά τις οποίες ελλείπει η ηλ. ακτινοβολία. Τις μάζες αυτές αποτελούν συνήθως δομικά στοιχεία του κτιρίου, είτε του κελύφους είτε των εσωτερικών του χωρισμάτων και δεν διαφέρουν από αυτά ενός συμβατικού κτιρίου παρά μόνο ως προς τη διαστασιολόγησή τους και τη θέση τους στον χώρο. Στην τυπική μελέτη του κτιρίου (Κτιριοδομικός Κανονισμός) δεν συμπεριλαμβάνεται ούτε και απαιτείται μια τέτοιου είδους μελέτη και αυτό αποτελεί ήδη μία σημαντικότατη ανακρίβεια όσον αφορά την εκτίμηση της ενέργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου σε μεταβατικές καταστάσεις, που ούτως ή άλλως είναι συνεχώς παρούσες κατά τη διάρκεια του 24ώρου, του μήνα και του έτους. Η μελέτη θερμομόνωσης από μόνη της μπορεί να περιγράψει μόνο ένα μέρος της συμπεριφοράς του κυρίου.

Στις περιπτώσεις των βιοκλιματικών κυρίων, ο υπολογισμός και σχεδιασμός των θερμοσυσσωρευτικών μαζών του κυρίου παίζει σημαντικότατο ρόλο, γιατί όχι μόνο δίνει στοιχεία για την εξοικονόμηση ενέργειας συμβατικών πηγών, αλλά αποτελεί και τον κύριο ρυθμιστικό παράγοντα σταθεροποίησης των συνθηκών θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου μέσα στα δρια της άνεσης,

Για να γίνει καλύτερα κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας των θερμοσυσσωρευτηκών μαζών στο κτίριο θα αναφερθούμε κατ' αρχάς στο παράδειγμα της προηγούμενης παραγράφου και στη συνέχεια θα δοθούν μερικές γενικές οδηγίες για τον υπολογισμό τους.

Έστω λοιπόν, ότι το κτίριο αποτελείται από εξωτερικούς τοίχους από μπετόν πάχους 20 cm εκτός της νότιας όψης, όπου έχουμε τοίχους Trombe από μπετόν πάχους 25 cm, πλάκες επίστης από σκυρόδεμα πάχους 15 cm και εσωτερικά χωρίσματα από διάτρητο τούβλο συνολικού πάχους 15 cm. Το ίδιο κτίριο περικλείει αέρα θερμοκρασίας  $20^{\circ}$  συνολικού όγκου  $600 m^3$ .

Ας ξαναθυμηθούμε κατ' αρχάς τον ορισμό της θερμοχωρητικότητας: είναι το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για να ανυψώσουμε 1 Kg μάζας υλικού κατά 1 βαθμό C. Οι θερμοχωρητικότητες που θα μας απασχολήσουν εδώ είναι

α) του σκυροδέματος

$$Cp1 = 0,244 \text{ Wh/KgK} \quad \rho = 2,1 \text{ Kg/Lit}$$

β) των διάτρητων τούβλων

$$Cp1 = 0,231 \text{ Wh/KgK} \quad \rho = 1,7 \text{ Kg/Lit}$$

γ) του αέρα

$$Cp1 = 0,280 \text{ Wh/KgK} \quad \rho = 0,0012 \text{ Kg/Lit}$$

Από τις διάστασης των δομικών στοιχείων του παραδείγματος που έχουν ήδη αναφερθεί υπολογίζονται οι εξής μάζες και όγκοι των δυνατών στοιχείων θερμοσυσσώρευσης:

### 1) ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

$$V = 100m^3 \quad M = 210.000 \text{ Kg} \quad C = 51,24 \text{ KWh/K}$$

### 2) ΔΙΑΤΡΗΤΑ ΤΟΥΒΛΑ

$$V = 18m^3 \quad M = 30.600 \text{ Kg} \quad C = 7,07 \text{ KWh/K}$$

### 3) ΑΕΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

$$V = 600m^3 \quad M = 720 \text{ Kg} \quad C = 0,21 \text{ KWh/K}$$

Οι αριθμοί που προέκυψαν μας δίνουν και μια πρώτη αλλά πολύ χαρακτηριστική εικόνα της ικανότητας θερμοσυσσώρευσης των διαφόρων στοιχείων του κτιρίου: εάν μπορούσαμε να εκμεταλλευθούμε έστω και το 50% των δομικών του στοιχείων ως αποθήκη θερμότητας, η θερμοχωρητικότητα αυτών θα ήταν 150 φορές μεγαλύτερη απ' αυτήν του περιεχόμενου αέρα, ή αλλιώς χρειαζόμαστε 150 φορές περισσότερη ενέργεια για να ανυψώσουμε τη θερμοκρασία του 50% των δομικών στοιχείων του κτιρίου απ' ό,τι για να ανυψώσουμε κατά την ίδια διαφορά τη θερμοκρασία όλου του περιεχόμενου αέρα του. Αυτό που κατ' αρχάς φαίνεται ως μειονέκτημα στο συμβατικό κτίριο μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα με τον σωστό σχεδιασμό του Βιοκλιματικού Κτιρίου, όπου ο αέρας είναι κατ' ουσία το μέσο μεταφοράς θερμότητας προς τις μάζες θερμοσυσσώρευσης και όχι το προς θέρμανση υλικό. Φυσικά για να γίνει αυτό χρειάζεται προτηγούμενως να θερμανθεί ο ίδιος σε μία θερμοκρασία πάνω απ' αυτήν των δομικών στοιχείων θερμοσυσσώρευσης.

Για το κτίριο αυτό είχαμε υπολογίσει στην προηγουμένη παράγραφο ότι υπό όρους ηλιοφάνειας παρουσίαζε ισχύ θερμικών απωλειών  $Q = 8,62 \text{ KW}$  και επομένως για όλο το 24ώρο η θερμότητα απωλειών ανέρχεται σε  $206,9 \text{ KWh}$ . Από μία πρώτη σύγκριση φαίνεται ότι τα θερμικά κέρδη του τοίχου Trombe καλύπτουν το 60% των απωλειών, μόνο που είναι συγκεντρωμένα σε λίγες ώρες του 24ώρου ενώ οι θερμικές απώλειες υπάρχουν σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένες καθ' όλο το 24ώρο. Εάν δεν υπήρχε θερμοσυσσώρευση θα είχαμε υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας και ψύξη κατά τη διάρκεια της νύχτας. Πράγματι, αν για παράδειγμα φροντίζαμε ώστε να υπάρχει ισχυρότατη εσώτερη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων, ώστε μόνο ελάχιστη θερμότητα να μπορεί να μεταβιβάζεται σ' αυτά μέσω του θερμού αέρα τότε για παράδειγμα μέσα σε μια ώρα ηλιοφάνειας η θερμοκρασία των  $600 \text{ m}^3$  του αέρα του κυρίου θα ανέβαινε κατά 60 βαθμούς Κ περίπου ( $20,2 \text{ KWh}$  ωφ. ενέργειας -  $8,62 \text{ KWh}$  θερμ απωλειών)/(0,2  $\text{KWh/K}$  θερμοχ. αέρα =  $58 \text{ K}$ ). Αντίθετα, αν στην περίπτωση μας υποθέσουμε ότι όλος ο νότιος τοίχος αποτελεί

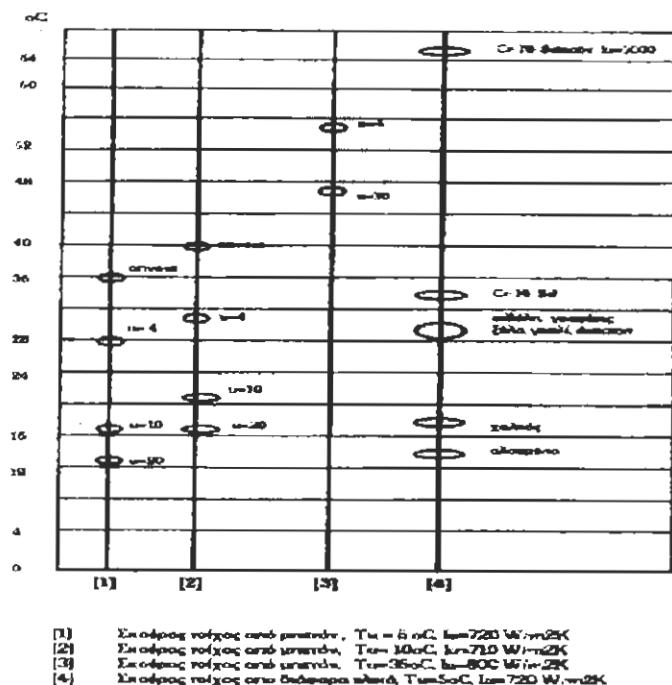
μάζα θερμοσυσσώρευσης, ενώ άλλο ένα ποσοστό 30% των δομικών στοιχειών του κτιρίου επιτελεί την ίδια λειτουργία, προκύπτει ότι η ωφέλιμη ενέργεια του τοίχου Trombe έχει να «φορτίσει» κάθε φορά θερμοχωρητικότητες, μεγέθους περίπου 30 KWh/K και επομένως το ίδιο ποσό ωριαίας ωφέλιμης ενέργειας που αναφέρθηκε η παραπάνω θα προκαλούσε μέση αύξηση της θερμοκρασίας του κτιρίου κατά  $16,6/30,0 = 0,4$  βαθμούς C, γεγονός πολύ φυσιολογικό. Γίνεται επομένως σαφής ο ρόλος θερμοσυσσώρευσης για την ομαλή μεταβολή των θερμοκρασιών του κτιρίου στο εσωτερικό του.

### **Σύνοψη-Οδηγίες**

1. Για τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς ενός βιοκλιματικού κτιρίου θεωρείται εντελώς απαραίτητος ο σχεδιασμός και υπολογισμός των θερμοσυσσωρευτικών του μαζών.
2. Με βάση τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας ή ειδικότερα της Βόρειας Ελλάδας, η μάζα θερμοσυσσώρευσης πρέπει να επιλέγεται έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκεύσει περίπου ενέργεια ίση με 2 ή 3 φορές τις θερμικές απώλειες του κτιρίου ανά 24ωρο.
3. Η θερμοκρασία των διαφόρων θερμοσυσσωρευτικών μαζών δεν ενδείκνυται να είναι μεγαλύτερη από 15 K από τη θερμοκρασία του χώρου στο τέλος της μέγιστης δυνατής σειράς θετικών φορτίσεων, γιατί τότε ανέρχεται και η θερμοκρασία του αέρα με αποτέλεσμα να έχουμε θερμοκρασιακά δεδομένα εκτός των ορίων άνεσης, αλλά και μείωση της απόδοσης των βιοκλιματικών στοιχείων λόγω αύξησης των προς τα έξω θερμικών απωλειών των ιδίων.
4. Για τον υπολογισμό των μαζών θερμοσυσσώρευσης απαιτείται κατ' αρχάς η γνώση των τιμών των θερμοχωρητικοτήτων τους και η ροή του αέρα των βιοκλιματικών στοιχείων κοντά στις επιφάνειες τους, Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το 100% των μαζών που δέχονται άμεσο ηλιασμό και το 30% των μαζών που δέχονται κίνηση θερμού αέρα παράλληλα προς τις επιφάνειές τους συμμετέχει στο φαινόμενο της θερμοσυσσώρευσης.
5. Καλό είναι να αποφεύγονται ιδιαίτερες κατασκευές θερμοσυσσώρευσης όπως για παράδειγμα rock beds. Αν αυτό είναι αναπόφευκτο, τότε η διαστασιολόγησή τους εμπίπτει στους ίδιους κανόνες.
6. Εάν κατά τον σχεδιασμό χρησιμοποιηθεί τοίχος μάζας, τότε χρειάζεται να γνωρίζουμε τα εξής:

Ο τοίχος μάζας αποτελεί μια απλουστευμένη μορφή του τοίχου Trombe. Συνήθως είναι τοποθετημένος κοντά σε κάποιο υαλοπίγακα ώστε να προσβάλλεται απευθείας από τις

ηλιακές ακτίνες και είναι βαμμένος σκούρος, μπορεί όμως να βρίσκεται και σε μη ηλιαζόμενη περιοχή του κτιρίου και να αποθηκεύει θερμότητα με τη φυσική ή εξαναγκασμένη προσαγωγή θερμού αέρα στην επιφάνεια του από κάποιο ηλιοκλιματικό στοιχείο. (Σχ. 5).



Σχ. 5

### 3.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Οι βραχυχρόνιες μεταβολές του κλίματος μιας περιοχής, υπόκεινται στους κανόνες της Στατιστικής θεωρίας και δεν μπορούν να προσδιορισθούν νομοτελειακά. Αυτό σημαίνει ότι κατά τον σχεδιασμό και τον υπολογισμό του μεγέθους των Βιοκλιματικών Στοιχείων ενός κτιρίου πρέπει να δεχθούμε καθορισμένες κλιματολογικές συνθήκες που πρέπει να αντιμετωπίσουν τα Βιοκλ. Στοιχεία και όχι απεριόριστη μεταβλητότητα αυτών. Μπορούμε για παράδειγμα να δεχθούμε ότι δεν θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε κατά τη διάρκεια του χειμώνα περισσότερες από 3 ή 4 ημέρες πλήρους νέφωσης και πολύ χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών με προηγούμενη εμφάνιση τουλάχιστον 2 ημερών πλήρους ηλιοφάνειας και έτσι να διαστασιογήσουμε τη συλλεκτική επιφάνεια. Στο σημείο αυτό έρχονται να παίξουν σπουδαίο ρόλο τα διαθέσιμα στατιστικά κλιματολογικά στοιχεία. Όμως, ταυτόχρονα, εισάγεται και ένας συντελεστής ανασφάλειας. Πράγματι, κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει να παρουσιασθεί στην Ελλάδα αλληλουχία 8 συνεχών νεφοσκεπών ημερών με την ταυτόχρονη εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών αέρα.

Εάν επιχειρήσουμε να εξασφαλίσουμε με το μέγεθος των συλλ. επιφανειών τις δυνατές ακραίες περιπτώσεις, τότε θα οδηγηθούμε σε τεράστιες επιφάνειες που αφ' ενός θα διογκώσουν το κόστος της αρχικής εγκατάστασης και θα επιμηκύνουν αφάνταστα τον χρόνο απόσβεσης τους, αφ' έτερου θα οδηγήσουν υπό κανονικές συνθήκες στην υπερθέρμανση του κτιρίου.

Για τους παραπάνω λόγους δεχόμαστε ότι κάθε Βιοκλιματικό Κτίριο διαθέτει και μια πηγή Συμβατικής Συμπληρωματικής θέρμανσης ακριβώς για την αντιμετώπιση των θερμικών αναγκών κατά τις ακραίες κλιματολογικές συνθήκες.

Η ισχύς και κυρίως η ετήσια θερμική ενέργεια που θα παρέχουν τα Συστήματα αυτά μπορεί να προϋπολογισθεί χρησιμοποιώντας τις μέσες μηνιαίες τιμές συνθηκών περιβάλλοντος με βάση το θερμικό Ισοζύγιο που αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.1 με τη διαφοροποίηση ότι όπου παρουσιάζεται ΔΤ αρνητικό αυτό θα πρέπει να καλύπτεται από την Συμπληρωματική θέρμανση. Για παράδειγμα, αν για δεδομένη χρονική διάρκεια μιας ώρας η ωφέλιμη ισχύς των Βιοκλιματικών Στοιχείων είναι 6,0 KW, τα Εσωτ. Κέρδη είναι 0,3 KW, οι θερμικές απώλειες είναι 7,3 KW και η θερμοκρασία του χώρου πρέπει να ανέλθει από τους 19,5 στους 20°, τότε για το κτίριο του παραδείγματος με Συμβατική θερμοχωρητικότητα ίση με το μισό της συνολικής (δηλ., 15 KWh/K), θα απαιτηθεί ενέργεια ίση με:

$$\Sigma.\Theta.=15 \times 0,5 + 7,3 - 6,0 - 0,3 = 8,5 \text{ KWh}$$

Βλέπουμε από το παράδειγμα αυτό ότι σε κτίρια με μεγάλη θερμοχωρητικότητα το κόστος της Σ.Θ. διοχετεύεται κυρίως στην αύξηση της θερμοκρασίας της μάζας του και δευτερευόντως στην κάλυψη των τρεχουσών θερμικών απωλειών. Έτσι προκύπτει και μία σημαντική διαφοροποίηση ως προς το μέγεθος της απαιτούμενης συμπληρωματικής θέρμανσης ανάλογα με τα όρια της θερμικής άνεσης που θα θέσουμε. Όσο τα όρια αυτά είναι πιο στενά, τόσο πιο συχνά θα τίθεται σε λειτουργία το Σύστημα Συμπληρωματικής θέρμανσης με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους συμβατικών καυσίμων αφ' ενός, αλλά και την υπερθέρμανση του χώρου αφετέρου μόλις γίνει διαθέσιμη η θερμότητα από τις συλλεκτικές επιφάνειες, αφού αυτή τότε δεν θα έχει να αντιμετωπίσει χαμηλές αλλά υψηλές θερμοκρασίες της μάζας θερμοσυσσώρευσης. Αποτελεί πάντως γενική αίσθηση ότι σε καλά σχεδιασμένες Βιοκλιματικές Κατασκευές τα όρια της θερμικής άνεσης μπορούν να τεθούν 2-3 βαθμούς χαμηλότερα απ' ότι στα συμβατικά κτίρια και αυτό λόγω της συμβολής που έχουν στο αίσθημα της θερμικής άνεσης ή στην ακτινοβολία των θερμικών μαζών που περιβάλλουν τον εσωτερικό χώρο. Έτσι, μπορούν να γίνουν αποδεκτές θερμοκρασίες διαβίωσης μέχρι και 19°, σε αντίθεση με τους συμβατικούς χώρους, όπου το αίσθημα της θερμικής άνεσης

προέρχεται κυρίως από τον θερμό αέρα που παράγουν τα θερμαντικά σώματα. Επίσης, στο σημείο αυτό έρχεται να παίξει σημαντικό ρόλο και η συμβολή των κατοίκων που νιώθουν καλύτερα τη λειτουργία του χώρου και παίρνουν αντίστοιχα τα κατάλληλα μέτρα.

Υπό την προϋπόθεση λοιπόν ότι έχουμε σχεδιάσει το κτίριο μας έτσι ώστε η ενέργεια θερμοσύσσωρευσης στις μάζες του κτιρίου να αρκεί για 3-4 ημέρες θερμικών απωλειών, μπορούμε να δεχθούμε ότι όλη η ενέργεια από τα Βιοκλιματικά Στοιχεία μέχρι του επιπέδου των θερμικών απωλειών αποτελεί ωφέλιμη ενέργεια που αφαιρείται αντίστοιχα από το κόστος της συμβατικής θέρμανσης. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε αποδόσεις και θερμικές απώλειες δεχόμενοι τις μέσες κλιματολογικές συνθήκες του μήνα ή της περιόδου που εξετάζουμε.

Πάντως η ακρίβεια μας θα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερες είναι οι υποδιαιρέσεις της περιόδου θέρμανσης που εξετάζουμε.

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω στο κτίριο του παραδείγματος μας για τον μήνα Ιανουάριο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και δεχόμενοι ίδια θερμοκρασία των θερμοσυσσωρευτικών μαζών του κτιρίου στην αρχή και το τέλος του μήνα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

**Ωφέλιμη Ενέργεια Βιοκλιματικών Στοιχείων:  $Q_{\text{ωφ}} = (20,2 * 6 * 30) = 3636 \text{ KWh}$**

**Εσωτερικά Κέρδη Κτιρίου: E.K. =  $(1700 / 5) = 340 \text{ KWh}$**

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Θερμογόνος δύναμη των συνηθέστερων καυσίμων

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ	Β.Α. ΚΑΥΣΗΣ
Ανθρακίτης	9,03 – 9,44 KWh/Kg	70 – 80 %
Γαιάνθρακας	4,72 – 9,03 >>	65 – 75 %
Λιγνίτης	4,53 >>	75 – 85 %
Τύρφη	3,83 – 5,70 >>	75 – 85 %
Κωκ	7,78 – 8,60 >>	60 – 75 %
Ξυλάνθρακας	8,22 >>	60 – 75 %
Ξύλο	4,00 – 4,83 >>	60 – 75 %
Αέριο πόλεως	5,17 KWh/m <sup>3</sup>	89 – 95 %
Φυσικό αέριο	10,33 >>	90 – 95 %
Προπάνιο	26,08 >>	90 – 95 %
Βουτάνιο	36,11 >>	90 – 95 %
Αεριέλαιο	11,44 KW/Kg	85 – 93 %
Πετρέλαιο	10,56 >>	83 – 93 %
Βενζίνη	11,67 – 12,22 >>	88 – 94 %
Μαζούτ	11,01 – 11,67 >>	80 – 88 %

θερμικές απώλειες:  $Q_{απ} = (1 * 396 * 600) = 5700 \text{ KWh}$

Απαιτούμενη συμπληρωματική θέρμανση:  $\Sigma.\Theta. = (Q_{ωφ} + E.K - Q_{απ}) = 1724 \text{ KWh}$

Απαιτείται δηλ. κατά τον μήνα αυτό να προσδώσουμε στο κτίριο θερμότητα από συμβατικές πηγές ενέργειας (για παράδειγμα καύση πετρελαίου, ξύλων κλπ.) ίση με 1724 KWh. Κατά τον μήνα αυτό η συμβολή των Βιοκλιματικών στοιχείων φτάνει το  $(3636/5700) 64\%$ .

Εάν θέλουμε να υπολογίσουμε την ποσότητα του συμβατικού καυσίμου και το κόστος αυτού θα πρέπει να γνωρίζουμε τη θερμογόνο του δύναμη. Στον Πίνακα 3 δίνονται η θερμογόνος δύναμη και ο βαθμός απόδοσης καύσης των συνηθέστερων συμβατικών καυσίμων.

### 3.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Για τον σχεδιασμό των παθητικών, ηλιακών συστημάτων δόθηκαν, προηγουμένως, γενικοί εμπειρικοί κανόνες, με τη μορφή χαρακτηριστικών, ποσοτικών μεγεθών (patterns). Οι πληροφορίες είναι αρκετά λεπτομερειακές για τα παθητικά-ηλιακά στοιχεία, έτσι ώστε το σύστημα να λειτουργήσει αποτελεσματικά.

Αφού, λοιπόν, ολοκληρωθεί η αρχική μελέτη του κτιρίου (προμελέτη), τότε μπορεί να υπολογιστεί η θερμική απόδοση κάθε χώρου με το προτεινόμενο παθητικό σύστημα και μετά να γίνουν διορθωτικές ρυθμίσεις, αν προκύψει η ανάγκη.

Ο τρόπος ροής της θερμικής ενέργειας είναι ένα σύνθετο φαινόμενο και ο υπολογισμός της απόδοσης ενός παθητικού-ηλιακού συστήματος είναι μια διαδικασία δύσκολη και επίπονη. Γι' αυτό και οι μέθοδοι είναι πολύπλοκες και συνήθως χρησιμοποιούνται υπολογιστής.

Παρόλα αυτά, υπόκεινται σε σφάλματα, που οφείλονται στο μεγάλο αριθμό των απροσδιόριστων μεταβλητών που υπεισέρχονται όπως, η χρήση του χώρου και η δραστηριότητα των ενοίκων, τα έπιπλα, τα χρώματα των εσωτερικών επιφανειών (τοίχων – δαπέδου - οροφής), καθώς και η εκτίμηση του ποσοστού αερισμού.

Συνοψίζοντας τις πολύπλοκες αυτές μεθόδους σε μια απλουστευμένη, που προτείνει ο E. Mazria για τον υπολογισμό της απόδοσης μικρής κλίμακας εφαρμογές παθητικών-ηλιακών συστημάτων αποδείχτηκε ότι, μικρός μόνο βαθμός ακρίβειας θυσιάζεται.

Η προτεινόμενη μέθοδος για τον υπολογισμό της απόδοσης του συστήματος, περιλαμβάνει την παρακάτω διαδικασία:

1. υπολογισμός του ποσοστού των θερμικών απωλειών του χώρου.
2. υπολογισμός του ηλιακού-θερμικού κέρδους του χώρου.
3. προσδιορισμός της μέσης ημερήσιας, εσωτερικής θερμοκρασίας.
4. υπολογισμός της συμπληρωματικής-βιοθητικής θέρμανσης.
5. προσδιορισμός της συμμετοχής και της απόδοσης του παθητικού-ηλιακού συστήματος, για τη θέρμανση του χώρου.

#### Σημείο 1. Υπολογισμός των θερμικών απωλειών του χώρου

Η ποσότητα της θερμικής ενέργειας, που απαιτείται για να θερμανθεί ένας χώρος, το χειμώνα, εξαρτάται από την ωριαία ποσότητα των θερμικών του απωλειών, μέσα από το κέλυφος του κτιρίου.

Η θερμότητα χάνεται μέσα από το κέλυφος με δύο τρόπους:

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων

- με αγωγιμότητα, μέσα από τους τοίχους, δάπεδα, οροφή και ανοίγματα όπου υπεισέρχεται ο συντελεστής (κ) του δομικού στοιχείου.
- με την κίνηση του ζεστού αέρα προς τα έξω και την αντικατάσταση του με ψυχρότερο σέρα, μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων (όσο καλύτερη είναι η κατασκευαστική κατάσταση των κουφωμάτων τόσο μειώνονται οι θερμικές απώλειες από αερισμό).

Οι θερμικές απώλειες από αγωγιμότητα υπολογίζονται από τη σχέση:

$$(1) \text{ Καγώγ} = \kappa * \text{Εστοχ} * \Delta t (\text{Kcal})$$

Οι θερμικές απώλειες από αερισμό υπολογίζονται από τη σχέση:

$$(2) \text{ Καερ} = 0.29 * \text{Χώρου} * \Delta t * n (\text{Kcal})$$

όπου  $n$  = αριθμός αλλαγών αέρα / ώρα

Το σύνολο των θερμικών απωλειών = απώλειες αγωγιμ. + απώλειες αερ.

Είναι χρήσιμο να υπολογίζεται η ωριαία ποσότητα θερμικών απωλειών, για κάθε χώρο του κτιρίου χωριστά.

Αν η ωριαία ποσότητα των θερμικών απωλειών (ΩΑσυν.) διαιρεθεί με την επιφάνεια του δαπέδου του χώρου (Ε δαπ.) και πολλαπλασιαστεί με 24 ώρες βρίσκεται η τιμή Κχώρου, που εκφράζεται σε Kcal/ ημέρα - m<sup>2</sup> - °C.

$$(3) \text{ Κχώρου} = \Omega\text{Ασυν} / \text{Εδαπ} * 24 \text{ ώρες}$$

Αυτή η σχέση χρησιμοποιείται, όταν υπολογίζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες του αέρα και η ετήσια συμμετοχή της ηλιακής ενέργειας στις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου.

Ο πίνακας 4, δίνει πληροφορίες για μια γρήγορη και εύκολη εκτίμηση της τιμής Κχώρου υπεισέρχονται χαρακτηριστικά στοιχεία του παθητικού - ηλιακού συστήματος, που είναι δύσκολο να υπολογιστούν.

ΧΩΡΟΣ <sup>1</sup>	Ανοίγματα μάζανα	Συνολικές θερμικές απώλειες του χώρου <sup>2</sup> Κχώρου (Kcal/ημέρα- $m^2$ -°C)			Χώρος
		Σύστημα άμεσου κέρδους <sup>3</sup>	Χώρος με σύστημα τοίχου	θερμικής αποθήκευσης. <sup>4</sup>	
		Ι τοίχος εκτεθειμένος	2 ή περισσότεροι τοίχοι		συνεχόμενος σε
Χώρος Ι <sup>5</sup> ορόφου με θερμαινόμ.	Μονό τζάμι	39.53	59.54	35.13	32.20
Χώρος από πάνω	Διπλό τζάμι μονωτικά εξώφυλλα	27.33	43.43	26.84	23.91
Χώρος επάνω πάνω	Μονό τζάμι	43.43	63.44	39.04	36.11
ορόφου ή μονώροφος	Το ίδιο όπως παραπάνω, αλλά σε 1 <sup>1/2</sup> τύπος	60.51	88.32	61.00	58.07
χώρου	Διπλό τζάμι ή μονωτικά εξώφυλλα Το ίδιο όπως προηγούμενο αλλά 1 <sup>1/2</sup> ύψος ορόφου του χώρου	31.23	47.34	30.74	27.82

Διευκρινίσεις:

1. Οι τιμές εφαρμόζονται σε χώρους καλά μονωμένους, με μόνωση 9-15 εκ. πάχους για τις τοιχοποιίες, 15 εκ. ή περισσότερο για την οροφή, 9 εκ. ή περισσότερο για το δάπεδο.
2. Η ακρίβεια των τιμών μπορεί να έχει 15% σφάλμα. Γι' αυτό ο πίνακας ενδείκνυται μονό για μία πρώτη εκτίμηση.
3. Η επιφάνεια των τζαμών αποτελεί, χοντρικά, το 20-30% της επιφάνειας του δαπέδου του χώρου.
4. Γίνεται η παραδοχή ότι δεν υπάρχουν θερμικές απώλειες μέσα από τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
5. Γίνεται, η παραδοχή ότι δεν υπάρχουν θερμικές απώλειες μέσα από τον τοίχο, που συνδέει

το χώρο με το θερμοκήπιο.

## Σημείο 2. Υπολογισμός του θερμικού κέρδους του χώρου

### Μορφές θερμικού κέρδους.

Άμεσο Ηλιακό θερμικό Κέρδος (HGsol). Το ηλιακό φως, που περνά μέσα από το άνοιγμα, συλλέγεται στο χώρο υπό μορφή θερμότητας. Ωστόσο η ποσότητα της ενέργειας που μεταβιβάζεται στον εσωτερικό χώρο, από κάθε τετραγωνικό μέτρο τζαμιού, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η τοποθεσία, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, ο προσανατολισμός του ανοίγματος, ο αριθμός και ο τόπος του τζαμιού, που χρησιμοποιείται και ο σκιασμός του ανοίγματος από τα γειτονικά εμπόδια, όπου συμπεριλαμβάνονται και τα ηλιοπροστατευτικά πετάσματα.

Από τον πίνακα 5, προσδιορίζουμε το ημερήσιο σύνολο του ηλιακού θερμικού κέρδους, που περνάει μέσα από το διπλό τζάμι, για διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη και προσανατολισμούς ανοιγμάτων, για μια ηλιόλουστη ημέρα.

Για παράδειγμα, σε 40° Β.Γ.Π., στη διάρκεια του Ιανουαρίου, το ηλιακό θερμικό κέρδος από 1 τετραγωνικό μέτρο διπλού τζαμιού, κατακόρυφου και προσανατολισμένου στο νότο, είναι 4085 Kcal/ημέρα. Αν πολλαπλασιάσουμε με το συντελεστή απορρόφησης του τζαμιού (6%), βρίσκουμε ότι το πραγματικό ηλιακό θερμικό κέρδος είναι  $4085 \times 0.94 = 3840$  Kcal/ημέρα.

Για να προσδιορίσουμε το συνολικό ηλιακό θερμικό κέρδος όλης της επιφάνειας του τζαμιού, εφαρμόζουμε τη σχέση:

$$(4) \quad HGsol = Egl * It$$

όπου,  $Egl =$  επιφάνεια του ασκίαστου τμήματος του τζαμιού,

$It =$  ηλιακό θερμικό κέρδος για ένα τετραγωνικό μέτρο γυαλιού, σε Kcal /ημέρα.

Παρατήρηση: Αυτή η σχέση χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το άμεσο ηλιακό θερμικό κέρδος σ' ένα χώρο, όπου συμπεριλαμβάνεται και το θερμοκήπιο, προσαρτημένο ή ελεύθερο.

Το ηλιακό θερμικό κέρδος, για τοίχο θερμικής αποθήκευσης ή οροφή νερού (roof - pond) ή προσαρτημένο θερμοκήπιο (HGtm). Μπορούμε να το προσδιορίσουμε εφαρμόζοντας την παρακάτω σχέση:

$$(5) \quad Hgtm = Egl * It * X P$$

όπου,  $Egl =$  επιφάνεια του ασκίαστου τμήματος του τζαμιού σε  $m^2$

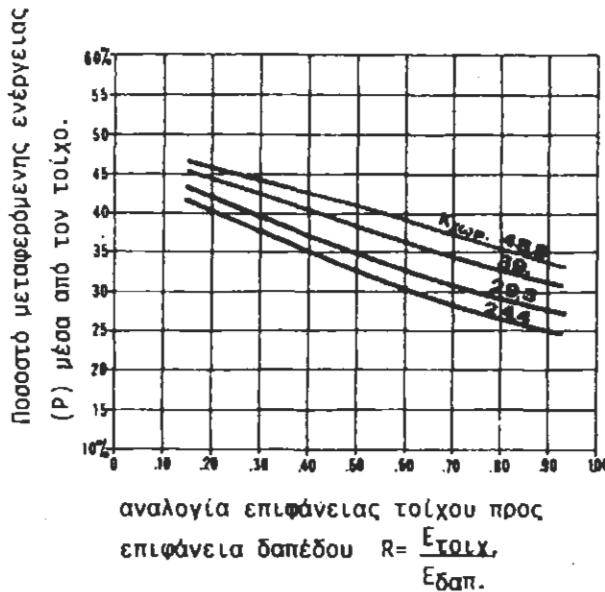
$It =$  ηλιακό θερμικό κέρδος για ένα τετραγωνικό μέτρο γυαλιού, σε Kcal /ημέρα,

$P =$  το επί % ποσοστό της προσπίπτουσας ενέργειας στην επιφάνεια ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης ή οροφής νερού, που μεταφέρεται μέσα στο χώρο.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων

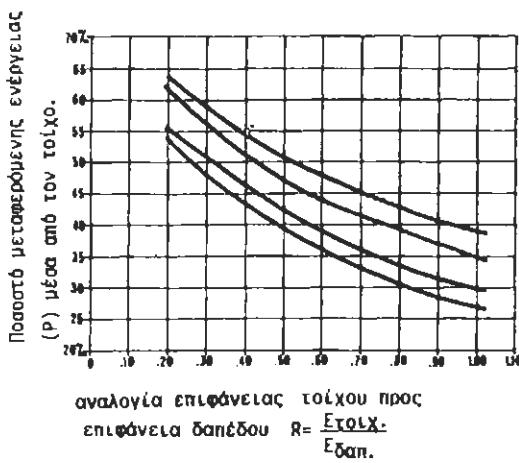
Οι τιμές του συντελεστή  $P$ , για διπλό τζάμι και τοίχο θερμικής αποθήκευσης (με την εξωτερική του επιφάνεια βαμμένη μαύρη), καθώς και για οροφή νερού, απεικονίζονται στα διαγράμματα 1 και 2.

Για να προσδιοριστεί, η τιμή του  $P$ , ορίζεται πρώτα ο λόγος ( $R$ ) της επιφάνειας του τοίχου θερμικής αποθήκευσης προς την επιφάνεια του δαπέδου του χώρου.



**Διάγραμμα 1.** Προσδιορισμός του συντελεστή  $P$  για τοίχο θερμικής αποθήκευσης από μπετόν, πάχους 30 εκ.

Για παράδειγμα: όταν έχουμε 200 τ.μ. χώρου με τοίχο θερμικής αποθήκευσης, κατασκευασμένο από μπετόν, εμβαδού 100 τ.μ., ο λόγος είναι  $100/200 = 0.5$ . Ορίζοντας στην οριζόντια κλίμακα την τιμή 0.50, ακολουθούμε την κατακόρυφη ευθεία μέχρι να συναντήσει την τιμή του Κχώρου, όπως την υπολογίσαμε στο σημείο 1. Στην αριστερή, κατακόρυφη κλίμακα διαβάζουμε το ποσοστό της ενέργειας, που περνά μέσα από τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, π.χ. 35% ή 0.35. Αν χρησιμοποιείται τη νύχτα κινητή μόνωση, στην εξωτερική πλευρά των τζαμιών, προσθέτουμε στην αρχική τιμή του  $P$  ένα 5%.



**Διάγραμμα 2.** Προσδιορισμός του συντελεστή  $P$ , για τοίχο νερού και ορυφή νερού, οποιουδήποτε πάχους.

Για την περίπτωση του προσαρτημένου θερμοκηπίου, το ποσοστό της ενέργειας, που μεταβιβάζεται μέσα από τον συνεχόμενο τοίχο (διαχωρίζει το θερμοκήπιο από τον εσωτερικό χώρο), προσδιορίζεται δύσκολα, γιατί υπεισέρχονται πολλές μεταβλητές στην πορεία ροής της θερμότητας.

Ο πίνακας 5 δίνει τις τιμές του συντελεστή ( $P$ ), για τοίχους κοινούς, κατασκευασμένους από μπετόν ή νερό. Επιλέγουμε μια τιμή, που συνδέεται με τη συνολική ποσότητα των θερμικών απωλειών (Κχώρου) όπως προσδιορίστηκε για το θερμοκήπιο στο σημείο 1.

**Ποσοστό της ενέργειας ( $P$ ) που μεταβιβάζεται μέσα από τον τοίχο, που συνδέει το θερμοκήπιο με τον εσωτερικό χώρο**

Ποσοστό θερμικών απωλειών του θερμοκηπίου, Κχώρου. (Καλ/ημέρα - $m^2$ - $^{\circ}C$ )	Τοίχος από μπετόν πάχους	Τοίχος νερού οποιουδήποτε πάχους
117.00	22%	30%
175.70	17%	24%
234.20	14%	21%

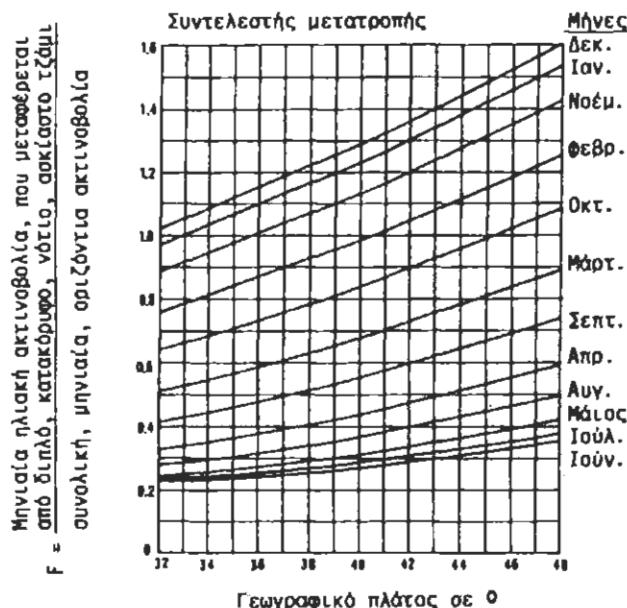
### Υπολογισμός του θερμικού κέρδους.

Για να προσδιοριστεί το συνολικό, ημερήσιο, ηλιακό-θερμικό κέρδος για κάθε χώρο, πρέπει πρώτα να καθοριστούν οι συνθήκες υπολογισμού-σχεδιασμού. Μια μέση, ηλιόλουστη ημέρα του Γενάρη θεωρείται λογικοφανής συνθήκη, για να προσδιοριστεί η απόδοση του παθητικού συστήματος.

Για το σύστημα του άμεσου ηλιακού κέρδους, και συνθήκες καθαρής ημέρας, οι τιμές του

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων θερμικού κέρδους μέσα από διπλό, κατακόρυφο τζάμι, βρίσκονται από τον πίνακα 6, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Εάν είναι γνωστή η τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, για κάθε μήνα, μπορεί να βρεθεί το ηλιακό-θερμικό κέρδος για το διπλό, κατακόρυφο τζάμι, προσανατολισμένο νότια, από το διάγραμμα 3.



**Διάγραμμα 3.** Προσδιορισμός της μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας, που μεταβιβάζεται από το διπλό, κατακόρυφο, νότιο και ασκιάστο τζάμι, σε σχέση με την ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.

Το συνολικό θερμικό κέρδος για το ασκιάστο τμήμα του ανοίγματος, βρίσκεται από τη σχέση:

$$H_{sol} = It * Egl \quad (4)$$

Αν τ' ανοίγματα είναι περισσότερα από ένα, ή έχουμε φεγγίτες ή ανοίγματα στην οροφή του κτιρίου, αθροίζουμε τα επί μέρους ηλιακά-θερμικά κέρδη.

Με ανάλογο τρόπο υπολογίζονται και τα θερμικά κέρδη για τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης ή οροφής νερού ή τοίχου, που συνδέεται με θερμοκήπιο.

$$H_{gtm} = It * Egl * P \quad (5)$$

Όταν εφαρμόζονται περισσότερα παθητικά συστήματα, τότε προσθέτουμε τα θερμικά κέρδη του κάθε συστήματος, για να προσδιοριστεί το συνολικό θερμικό κέρδος του χώρου.

Το συνολικό θερμικό κέρδος του χώρου ( $H_{χώρου}$ ) βρίσκεται, διαιρώντας το σύνολο του κέρδους με την επιφάνεια του δαπέδου του χώρου:

$$(6) \quad H_{χώρου} = H_{sol}/\text{Εδαπ} + H_{gtm}/\text{Εδαπ}$$

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων**

**ΙΑΙΑΚΟ-ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΑΣΟ, ΜΕΣΑ ΑΙΓΑΛΙΟ, ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΤΖΑΜΗ,  
ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥΣ, σε Kcal/m<sup>2</sup>.**

**Τα θερμικά κέρδη, που αναγράφονται στον πίνακα, υπολογίστηκαν παιρνούντας  
υπόψη μόνο τις απώλειες από την ανάκλαση του γραλιού. Για να υπολογιστούν  
οι απώλειες από απορρόφηση, μειώνονται τις τιμές κατά 6%.**

**32<sup>o</sup> Β. Γ. Π.**

**36<sup>o</sup> Β. Γ. Π.**

	B.	B.A.	A.	N.A.	N.	OPIZ.	B.	B.A.	A.	N.A.	N.	OPIZ.
	B.Δ.	Δ.	N.Δ.				B.Δ.	Δ.	N.Δ.			
<b>IAN.</b>	<b>412</b>	<b>450</b>	<b>1555</b>	<b>3106</b>	<b>4227</b>	<b>3490</b>	<b>368</b>	<b>398</b>	<b>1431</b>	<b>3043</b>	<b>4200</b>	<b>3035</b>
<b>ΦΕΒΡ.</b>	<b>520</b>	<b>753</b>	<b>2092</b>	<b>3252</b>	<b>3859</b>	<b>4574</b>	<b>482</b>	<b>669</b>	<b>1957</b>	<b>3244</b>	<b>3994</b>	<b>4157</b>
<b>ΜΑΡΤ.</b>	<b>650</b>	<b>1173</b>	<b>2450</b>	<b>3024</b>	<b>2802</b>	<b>5647</b>	<b>623</b>	<b>1095</b>	<b>2390</b>	<b>3125</b>	<b>3106</b>	<b>5349</b>
<b>ΑΠΡ.</b>	<b>818</b>	<b>1723</b>	<b>2702</b>	<b>2588</b>	<b>1626</b>	<b>6477</b>	<b>807</b>	<b>1667</b>	<b>2715</b>	<b>2753</b>	<b>1951</b>	<b>6336</b>
<b>ΜΑΙ.</b>	<b>1073</b>	<b>2138</b>	<b>2818</b>	<b>2230</b>	<b>1144</b>	<b>6997</b>	<b>1057</b>	<b>2084</b>	<b>2856</b>	<b>2406</b>	<b>1355</b>	<b>6975</b>
<b>ΙΟΥΝ.</b>	<b>1220</b>	<b>2279</b>	<b>2813</b>	<b>2054</b>	<b>1057</b>	<b>7138</b>	<b>1198</b>	<b>2227</b>	<b>2862</b>	<b>2230</b>	<b>1209</b>	<b>7165</b>
<b>ΙΟΥΛ.</b>	<b>1106</b>	<b>2138</b>	<b>2775</b>	<b>2176</b>	<b>1138</b>	<b>6932</b>	<b>1089</b>	<b>2081</b>	<b>2810</b>	<b>2349</b>	<b>1333</b>	<b>6916</b>
<b>ΑΥΓ.</b>	<b>867</b>	<b>1723</b>	<b>2623</b>	<b>2493</b>	<b>1577</b>	<b>6374</b>	<b>862</b>	<b>1669</b>	<b>2637</b>	<b>2650</b>	<b>1881</b>	<b>6244</b>
<b>ΣΕΠΤ.</b>	<b>677</b>	<b>1154</b>	<b>2341</b>	<b>2892</b>	<b>2710</b>	<b>5458</b>	<b>656</b>	<b>1081</b>	<b>2282</b>	<b>2980</b>	<b>2986</b>	<b>5165</b>
<b>ΟΚΤ.</b>	<b>542</b>	<b>759</b>	<b>2022</b>	<b>3119</b>	<b>3696</b>	<b>4482</b>	<b>504</b>	<b>677</b>	<b>1889</b>	<b>3108</b>	<b>3821</b>	<b>4081</b>
<b>ΝΟΕΜ.</b>	<b>417</b>	<b>455</b>	<b>1536</b>	<b>3049</b>	<b>4141</b>	<b>3469</b>	<b>379</b>	<b>406</b>	<b>1415</b>	<b>2984</b>	<b>4108</b>	<b>3019</b>
<b>ΔΕΚ.</b>	<b>368</b>	<b>390</b>	<b>1404</b>	<b>3057</b>	<b>4265</b>	<b>3078</b>	<b>325</b>	<b>339</b>	<b>1255</b>	<b>2935</b>	<b>4135</b>	<b>2602</b>

**40<sup>o</sup> Β. Γ. Π.**

	B.	B.A.	A.	N.A.	N.	OPIZ.
	B.Δ.	Δ.	N.Δ.			
<b>IAN.</b>	<b>325</b>	<b>347</b>	<b>1285</b>	<b>2924</b>	<b>4081</b>	<b>2569</b>
<b>ΦΕΒΡ.</b>	<b>444</b>	<b>583</b>	<b>1805</b>	<b>3198</b>	<b>4070</b>	<b>3723</b>
<b>ΜΑΡΤ.</b>	<b>596</b>	<b>1019</b>	<b>2325</b>	<b>3206</b>	<b>3371</b>	<b>5019</b>
<b>ΑΠΡ.</b>	<b>797</b>	<b>1607</b>	<b>2715</b>	<b>2913</b>	<b>2271</b>	<b>6162</b>
<b>ΜΑΙ.</b>	<b>1040</b>	<b>2024</b>	<b>2881</b>	<b>2580</b>	<b>1620</b>	<b>6916</b>
<b>ΙΟΥΝ.</b>	<b>1208</b>	<b>2211</b>	<b>2935</b>	<b>2423</b>	<b>1431</b>	<b>7176</b>
<b>ΙΟΥΛ.</b>	<b>1078</b>	<b>2030</b>	<b>2840</b>	<b>2523</b>	<b>1588</b>	<b>6867</b>
<b>ΑΥΓ.</b>	<b>845</b>	<b>1612</b>	<b>2642</b>	<b>2802</b>	<b>2184</b>	<b>6081</b>
<b>ΣΕΠΤ.</b>	<b>623</b>	<b>1003</b>	<b>2211</b>	<b>3051</b>	<b>3225</b>	<b>6867</b>
<b>ΟΚΤ.</b>	<b>461</b>	<b>591</b>	<b>1740</b>	<b>3059</b>	<b>3891</b>	<b>3653</b>
<b>ΝΟΕΜ.</b>	<b>331</b>	<b>352</b>	<b>1623</b>	<b>2862</b>	<b>3989</b>	<b>2553</b>
<b>ΔΕΚ.</b>	<b>276</b>	<b>284</b>	<b>1065</b>	<b>2729</b>	<b>3886</b>	<b>2119</b>

**Σημείο 3. Προσδιορισμός της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας**

Εφόσον οι εξωτερικές συνθήκες επαναλαμβάνονται, μετά τρεις ημέρες περίπου

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων σταθεροποιείται και το σύστημα της θερμοκρασίας του χώρου.

Για να προσδιοριστεί η μέση, ημερήσια θερμοκρασία του χώρου, χρησιμοποιούμε:

- το ποσοστό των θερμικών απωλειών του χώρου (Κχώρου)

- το ημερήσιο θερμικό κέρδος του χώρου (HGχώρου)

Η μέση ημερήσια, εσωτερική θερμοκρασία βρίσκεται, διαιρώντας την τιμή HGχώρου με το Κχώρου, όπου προσθέτουμε τη μέση, ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία, όπως προκύπτει από την επιλογή της ημέρας σχεδιασμού.

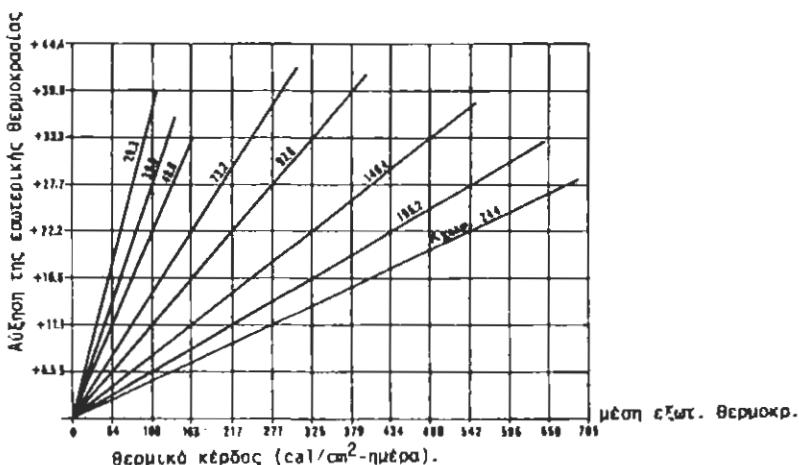
$$(7) \quad \text{Τεξωτ} = \text{Ηεχώρου} / \text{Κχώρου} + \text{τεξωτ}$$

όπου, HG = το ποσοστό του θερμικού κέρδους του χώρου (Kcal / m<sup>2</sup> - ημέρα)

Κχώρου = το ποσοστό των θερμικών απωλειών του χώρου (Kcal / ημ. - m<sup>2</sup> - °C)

Τεξωτ = ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία.

Το διάγραμμα 5-4 δίνει μια απλή, γραφική μέθοδο για τον προσδιορισμό της μέσης, ημερήσιας, εσωτερικής θερμοκρασίας.



**Διάγραμμα 4.** Προσδιορισμός της μέσης, ημερήσιας, εσωτερικής θερμοκρασίας.

Η κάτω κλίμακα (οριζόντια) ορίζει το θερμικό κέρδος του χώρου. Έχοντας προσδιορίσει την τιμή του, ακολουθούμε την κατακόρυφη ευθεία μέχρι να συναντήσουμε την καμπύλη, που αντιστοιχεί στην τιμή Κχώρου. Αριστερά, στην κατακόρυφη κλίμακα διαβάζουμε την τιμή της θερμοκρασίας, που προστίθεται στη μέση, ημερήσια, εξωτερική θερμοκρασία. Έτσι προκύπτει η μέση, ημερήσια, εσωτερική θερμοκρασία.

#### Σημείο 4. Υπολογισμός της συμπληρωματικής-βοηθητικής θέρμανσης του χώρου

Η συμπληρωματική ενέργεια, που χρειάζεται πιθανόν για τη θέρμανση χώρου, προστίθεται

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων στην ενέργεια, που δίνει το παθητικό-ηλιακό σύστημα, έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να διατηρείται στα όρια της άνεσης, γύρω στους  $21^{\circ}\text{C}$ .

Η βοηθητική θέρμανση (Qβοηθ.) προσδιορίζεται σε ετήσια βάση, για όλο το κτίριο, από τη σχέση:

$$(8) \quad Q_{\text{βοηθ.}} = Q_{\text{ετήσια}} - Q_{\text{επτήσια}}$$

όπου,  $Q_{\text{ετήσια}} =$  οι ετήσιες ανάγκες θέρμανσης του χώρου, σε Kcal.

$Q_{\text{επτήσια}} =$  η ετήσια συμμετοχή της ηλιακής θέρμανσης, σε Kcal.

a. Οι ετήσιες ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου (Qετήσια)

Για να προσδιοριστούν οι ετήσιες ανάγκες θέρμανσης του χώρου, πολλαπλασιάζουμε την τιμή του ολικού Κ του χώρου με την επιφάνεια του δαπέδου του χώρου, με τον αριθμό των βαθμοημερών.

$$(9) \quad Q_{\text{ετήσια}} = K_{\text{χώρου}} * E_{\text{δαπ.}} * \text{βαθμοημέρες.}$$

**Σημείωση:** Η βαθμοημέρα προκύπτει από τη διαφορά θερμοκρασίας (εσωτερική-εξωτερική), παίρνοντας σταθερά την εσωτερική θερμοκρασία  $18.3^{\circ}\text{C}$ , Αθροίζοντας το σύνολο αυτών των διαφορών για τη χειμερινή περίοδο, έχουμε τις βαθμοημέρες του τόπου.

**Σημείο 5. Ετήσια συμμετοχή της ηλιακής θέρμανσης (Qετήσια) για τα παθητικά-ηλιακά συστήματα: τοίχο θερμικής αποθήκευσης, οροφή νερού και άμεσο ηλιακό κέρδος**

Για τον προσδιορισμό της συμμετοχής της ηλιακής θέρμανσης, σε ετήσια βάση, χρειάζεται να γίνουν τρεις υπολογισμοί:

a. Υπολογισμός του Ποσοστού του Φορτίου Συλλογής του χώρου (LCR).

β. Προσδιορισμός του Ποσοστού Αντικατάστασης των συνολικών ετήσιων αναγκών θέρμανσης από την ηλιακή ενέργεια.

γ. Υπολογισμός της Ετήσιας Συμμετοχής της ηλιακής θέρμανσης.

a. Το ποσοστό του Φορτίου Συλλογής (LCR) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$(10) \quad LCR = K_{\text{χώρου}} * E_{\text{δαπ.}} / \text{επιφάνεια ηλιακής συλλογής}$$

Όπου,  $K_{\text{χώρου}} =$  ποσοστό θερμικών απωλειών (Kcal/ημέρα- $m^2-0^{\circ}\text{C}$ ).

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υπολογισμός, μετρήσεις και αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων**

**Εδαπ = επιφάνεια του δαπέδου του χώρου, σε  $m^2$ .**

**επιφάνεια ηλιακής συλλογής = το πραγματικό άνοιγμα (επιφάνεια γυαλιού) ηλιακής συλλογής.**

**β. Για τον προσδιορισμό του Ποσοστού Αντικατάστασης των συνολικών ετήσιων αναγκών θέρμανσης του χώρου από την Ηλιακή ενέργεια (SHF), χρησιμοποιούνται πίνακες, όπου:**

- ορίζεται ο αριθμός των βαθμοημερών για κάθε τόπο,
- το σύστημα ηλιακής θέρμανσης:
  1. τοίχος νερού ή οροφή νερού ή άμεσο κέρδος,
  2. τοίχος νερού ή οροφή νερού ή άμεσο κέρδος, με νυχτερινή μόνωση,
  3. τοίχος θερμικής αποθήκευσης (τοίχος *trombe*),
  4. τοίχος θερμικής αποθήκευσης, με νυχτερινή μόνωση.
- το ποσοστό του φορτίου συλλογής (LCR) υπολογίστηκε προηγούμενα.
- με τα παραπάνω δεδομένα ορίζεται το ποσοστό των θερμαντικών αναγκών που καλύπτει η ηλιακή θέρμανση.

**γ. Για τον υπολογισμό της ετήσιας συμμετοχής της ηλιακής θέρμανσης (Qετ) χρησιμοποιείται η σχέση:**

$$(11) \quad Q_{ετήσια} = Q_{ετήσια} * SHF$$

**Παράδειγμα:** Η Θεσσαλονίκη έχει 1780 περίπου βαθμοημέρες, για το σύνολο της χειμερινής περιόδου. Αν εφαρμοστεί το σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης, το ποσοστό συμμετοχής της ηλιακής θέρμανσης θα είναι περίπου 60%, με την προϋπόθεση ότι το κτίριο είναι καλά μονωμένο. Σημείωση: Είναι σαφές ότι, μη έχοντας δεδομένα βαθμοημερών για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας, δεν μπορούμε ν' αναφερθούμε σε πίνακα, που να προσδιορίζει το ποσοστό της ετήσιας συμμετοχής της ηλιακής θέρμανσης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ενεργητικά συστήματα**

### **4.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

#### **4.1.1 Ταξινόμηση των συστημάτων**

#### **4.1.2 Ηλιακά συστήματα αέρος**

#### **4.1.3 Ηλιακά συστήματα υγρού**

#### **4.1.4 Απόδοση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων**

### **4.2 Άλλα συστήματα παραγωγής και εξοικονόμησης ενέργειας**

#### **4.2.1 Συστήματα κεντρικής θερμανσης**

#### **4.2.2 Συστήματα κλιματισμού**

#### **4.2.3 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας**

#### **4.2.4 Οικιακές συσκευές χαμηλής κατανάλωσης**

#### **4.2.5 Συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

### **4.3 Παθητικά συστήματα δροσισμού**

#### **4.3.1 Εισαγωγή**

#### **4.3.2 Μικροκλίμα**

#### **4.3.3 Φυσικός αερισμός**

#### **4.3.4 Άλλες τεχνικές φυσικού δροσισμού**

### **4.4 Τεχνητός φωτισμός στα κτίρια**

#### **4.4.1 Φωτεινές πηγές**

#### **4.4.2 Φωτιστικά συστήματα**

#### **4.4.3 Συστήματα ελέγχου του φωτισμού**

#### **4.4.4 Εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση του φυσικού φωτισμού σε συνδυασμό με το σύστημα τεχνητού φωτισμού**

### **4.5 Τεχνικές αυτοματισμού κτιρίων**

#### **4.5.1 Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS)**

### **4.6 Ενεργειακή αξιολόγηση των παρεμβάσεων στα κτίρια**

#### **4.6.1 Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια στην Ελλάδα**

#### **4.6.2 Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων στην Ελλάδα**

#### **4.6.3 Εργαλεία υπολογισμού της θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων**

## 4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 4.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η χρήση «ενεργητικών» συστημάτων που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού στα κτίρια, είναι μία από τις σημαντικότερες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας. Εντούτοις η ενσωμάτωση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων στα κτίρια του αστικού περιβάλλοντος δεν είναι πάντα εύκολη.



Σχ.1. Τοπικός ηλιακός συλλεκτής

Τα σημαντικότερα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων στα αστικά κτίρια και γενικότερα την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε αυτά είναι τα εξής:

- Ο σκιασμός των ηλιακών συλλεκτών από τα γειτονικά κτίρια.
- Ο προσανατολισμός και το πλάτος των δρόμων.
- Ο τρόπος κατασκευής των κτιρίων και η διαθεσιμότητα χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων.
- Η ρύπανση του αέρα που προκαλεί επικαθίσεις στα καλύμματα των συλλεκτών.
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου
- Η πυκνότητα της δόμησης

Παρ' όλες τις δυσκολίες, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι ευρέως διαδεδομένα κυρίως σε κτίρια του ημιαστικού και αγροτικού περιβάλλοντος, ιδιαίτερα στις χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα. Η πλειονότητα των συστημάτων χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ζεστού νερού, ενώ επεκτείνεται συνεχώς η εγκατάσταση και η χρήση μεγάλων συστημάτων τα οποία αυτόνομα ή σε συνδυασμό με άλλα συμβατικά ή παθητικά συστήματα καλύπτουν όλες τις θερμαντικές ανάγκες ενός κτιρίου.



**Σχ. 2. Ηλιακοί συλλέκτες ενσωματώμενοι σε στέγη με κεραμίδια**

#### 4.1.1 Ταξινόμηση των συστημάτων

Η ταξινόμηση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων κατά ISO/DIS 9488 είναι η ακόλουθη:

- Αυτόνομα συστήματα, χωρίς βοηθητική θερμαντική πηγή.
- Συστήματα προθέρμανσης. Χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση νερού που στην συνέχεια τροφοδοτεί άλλα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.
- Υβριδικά συστήματα. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό ηλιακά και συμβατικά συστήματα, ώστε να καλύπτουν τις θερμαντικές ανάγκες ανεξάρτητα από την διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας.

Όλα τα παραπάνω συστήματα κατασκευάζονται σε ποικιλία μεγεθών, ώστε να καλύπτουν από τις ανάγκες ενός μικρού κτιρίου έως και τις ανάγκες ολόκληρων οικισμών.

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι ανάλογα με το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για την συλλογή και αποθήκευση ενέργειας. Με βάση την ταξινόμηση αύτη, τα ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε συστήματα υγρού και συστήματα αέρος. Ο βασικός τρόπος λειτουργίας και των δύο συστημάτων είναι ο ίδιος, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση των ίδιων στοιχείων και υλικών για την κατασκευή τους. Τα συστήματα αέρος χρησιμοποιούνται κυρίως για την θέρμανση χώρων και την ξήρανση αγροτικών προϊόντων, καθώς και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Τα συστήματα υγρού είναι κατάλληλα για μία πιο ευρεία κλίμακα εφαρμογών όπως θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση, συστήματα κλιματισμού, θέρμανση του νερού σε πισίνες και, τέλος, ως πηγή ενέργειας σε αντλίες θερμότητας. Χάρη σε αυτό το ευρύ φάσμα εφαρμογών, τα συστήματα υγρού χρησιμοποιούνται πολύ συχνότερα από τα συστήματα αέρος σε επαγγελματικούς χώρους και κατοικίες.



**Σχ. 3. Αυτόνομο σύστημα θέρμανσης νερού**

#### 4.1.2 Ηλιακά συστήματα αέρος

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων αέρος βασίζεται στην κυκλοφορία θερμού αέρα διαμέσου αγωγών από και προς έναν ηλιακών συλλέκτη. Η παραγόμενη θερμότητα αποθηκεύεται σε κατάλληλα αποθηκευτικά συστήματα. Τα συστήματα αέρος προσφέρονται για θέρμανση χώρων καθώς ο αέρας διοχετεύεται κατευθείαν στην κατανάλωση χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών θερμότητας. Τα συστήματα αέρος δεν χρειάζονται αντιψυκτική προστασία και έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας. Εντούτοις παρουσιάζουν μία σειρά τεχνικών δυσκολιών στην μεταφορά και διανομή του αέρα, οι οποίες δημιουργούνται με τον συνδυασμό των ηλιακών με συμβατικά συστήματα διανομής θερμού αέρα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρος –μια μαυρισμένη επιφάνεια- περιέχονται σε ένα μονωμένο κλειστό πλαίσιο του οποίου η άνω επιφάνεια καλύπτεται με γυαλί που παγιδεύει την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία. Με αυτόν τον τρόπο θερμαίνεται ο ψυχρός αέρας που διέρχεται ανάμεσα στο γυάλινο κάλυμμα και τον συλλέκτη, Όμως, επειδή η θερμική αγωγιμότητα του αέρα είναι μικρή, η επιφάνεια ενός ηλιακού συλλέκτη αέρος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια ενός αντίστοιχου συλλέκτη υγρού. Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών αέρος είναι γενικά μικρότερη από την απόδοση των συλλεκτών υγρού. Στο σχήμα φαίνεται ο τρόπος κατασκευής διαφόρων ηλιακών συλλεκτών αέρος.

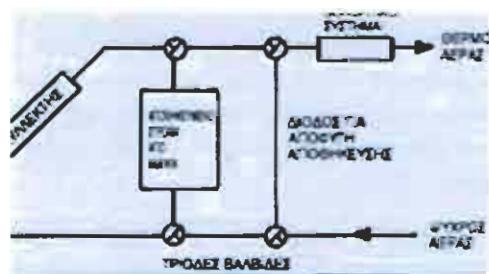
Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης της θερμότητας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ολική απόδοση και στο κόστος του ηλιακού συστήματος. Η αποθήκευση της θερμότητας είναι αναγκαία γιατί η χρησιμοποίηση της προκύπτουσας ενέργειας από το σύστημα σπάνια συμπίπτει χρονικά με την παραγωγή της.

Η βέλτιστη χωρητικότητα του αποθηκευτικού συστήματος (το οποίο δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μικρό, ώστε να χάνεται ενέργεια ούτε πολύ μεγάλο, ώστε να δημιουργεί προβλήματα χώρου και κόστους), εξαρτάται από τα θερμικά φορτία που πρέπει να καλυφθούν, την απόδοση των

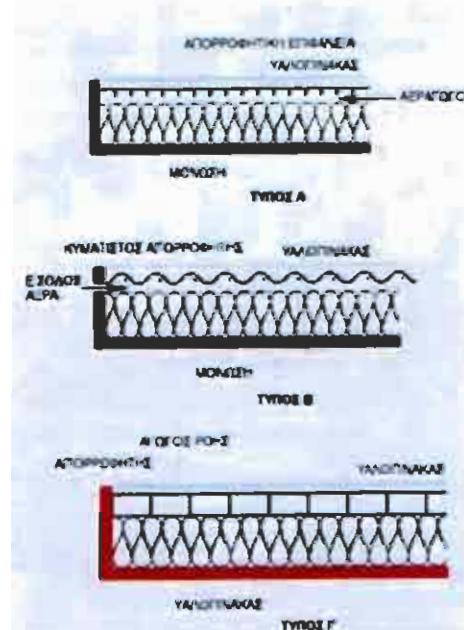
συλλεκτών, την ύπαρξη βοηθητικής πηγής ενέργειας καθώς από οικονομικούς παράγοντες που καθορίζουν το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος.

Η μέθοδος που εφαρμόζεται συνήθως για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας στα συστήματα αέρος, είναι η χρήση ενός στρώματος από πέτρες ή χαλίκια με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Ο θερμός αέρας διοχετεύεται διαμέσου αυτού του στρώματος (το οποίο βρίσκεται σε χώρο καλά θερμομονωμένο) και θερμαίνει. Την νύχτα το σύστημα λειτουργεί αντίστροφα. Στο αποθηκευτικό στρώματος διοχετεύεται ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου που απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα. Στην συνέχεια, ο θερμός πλέον αέρας διοχετεύεται στον θερμαινόμενο χώρο.

Για τα οικιακά συστήματα έχει υπολογισθεί πως ο βέλτιστος δγκος του αποθηκευτικού υλικού είναι  $0.15 \text{ ως } 0.3 \text{ m}^3$  για κάθε  $\text{m}^2$  επιφανείας συλλέκτη.

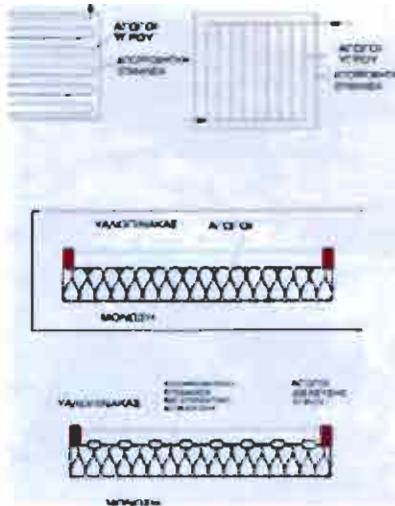


Σχ. 4. Βασικό σύστημα θέρμανσης με αέρο



Σχ. 5. Κατασκευή τοπικών ηλιακών συλλέκτων αέρος

Στο σχήμα δίνεται το διάγραμμα ενός τυπικού ενεργητικού συστήματος αέρος, με αποθήκευση της θερμότητας σε στρώμα από χαλίκια και βοηθητικό θερμαντήρα. Το σύστημα χρησιμοποιείται είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με το βοηθητικό στοιχείο. Ο θερμός αέρας διοχετεύεται είτε απευθείας στο χώρο, είτε μέσω του αποθηκευτικού υλικού.



Σχ. 6. Κάτωφη και τομή επίπεδου συλλέκτη υγρού

#### 4.1.3 Ηλιακά συστήματα υγρού

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων υγρού βασίζεται στην κυκλοφορία υγρού (συχνά νερού ή διαλύματος νερού) διαμέσου αγωγών από και προς έναν ηλιακό συλλέκτη. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών υγρού. Οι σημαντικότεροι τύποι είναι:

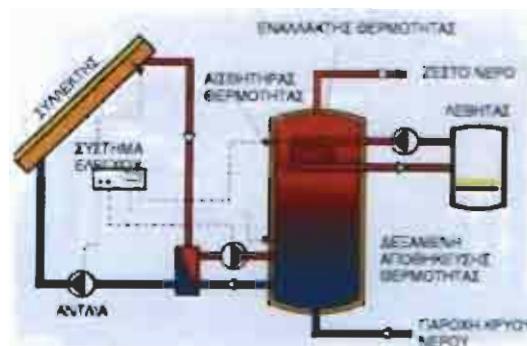
- Επίπεδος συλλέκτης:** Είναι ο πιο κοινός τύπος συλλέκτη για κατοικίες και επαγγελματικούς χώρους. Αποτελείται από μία απορροφητική επιφάνεια με επικάλυψη ειδικού επιλεκτικού υλικού (έτσι ώστε να απορροφά το μέγιστο της θερμικής ακτινοβολίας) και ένα μονωμένο κλειστό πλαίσιο με διαφανές κάλυμμα (από γυαλί ή πλαστικό) που εμποδίζει την επανεκπομπή της απορροφώμενης ακτινοβολίας. Η απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται σε επαφή με τους αγωγούς του υγρού που μεταφέρουν τη συλλεγόμενη θερμότητα από τον συλλέκτη στην δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας. Ο συλλέκτης του είδους αυτού παρέχει θερμό νερό σε θερμοκρασία που φθάνει έως και  $95^{\circ}\text{C}$ . Πλεονεκτήματά του είναι η απλή κατασκευή, το μικρό σχετικά κόστος, η εύκολη συντήρηση, η ανθεκτικότητα και η ικανότητά του να απορροφά την διάχυτη ακτινοβολία.



Σχ. 7. Επίπεδος συλλέκτη υγρού

- **Συλλέκτες κενού:** Πρόκειται για διατάξεις υψηλής τεχνολογίας στις οποίες ένας αγωγός θερμότητας (π.χ. freon) κυκλοφορεί σε ένα σωλήνα που περιβάλλεται από ένα δεύτερο σωλήνα κενού. Η ύπαρξη του κενού μειώνει τις απώλειες και έτσι επιτυγχάνει υψηλές αποδόσεις. Το θερμαγωγό ρευστό αποδίδει στην κατανάλωση την θερμότητά του είτε με αλλαγή φάσης είτε μέσω ενός κύκλου εξάτμισης – συμπύκνωσης και τη βοήθεια εναλλάκτη.
- **Συγκεντρωτικοί συλλέκτες:** Πρόκειται για παραβολικούς ή κυλινδρικούς συλλέκτες με εσωτερική ανακλαστική επιφάνεια. Η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται είτε σε ένα σημείο, είτε σε ένα άξονα όπου και αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες έχουν μηχανισμό που τους επιτρέπει να παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Χρησιμοποιούνται σπάνια σε κτιριακές εφαρμογές, κυρίως λόγω του πάρα πολύ υψηλού κόστους. Στο σχήμα φαίνεται η δομή ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη υγρού. Το πιο συνηθισμένο μέσο για την αποθήκευση της θερμότητας στα συστήματα υγρού είναι το νερό, το οποίο στις οικιακές εφαρμογές οδηγείται σε μια μονωμένη δεξαμενή. Συνήθως το νερό θερμαίνεται με την χρήση εναλλακτών θερμότητας από το υγρό που κυκλοφορεί στον συλλέκτη στην δεξαμενή. Όπως και στην περίπτωση των συλλεκτών αέρος ο σωστός σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση της δεξαμενής αυξάνει την απόδοσή της και μειώνει το κόστος του συστήματος. Επίσης δυνατή είναι η χρήση αποθηκευτικών συστημάτων αλλαγής φάσεως (στα οποία η θερμότητα αποθηκεύεται και αποδίδεται μέσω της λανθάνουσας θερμότητας που απαιτείται για την αλλαγή φάσεως ενός υλικού). Τα συστήματα αλλαγής φάσεως παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα:
  - Έχουν μικρή μάζα και ύγκο,
  - Λειτουργούν με μικρές διαφορές θερμοκρασίας,

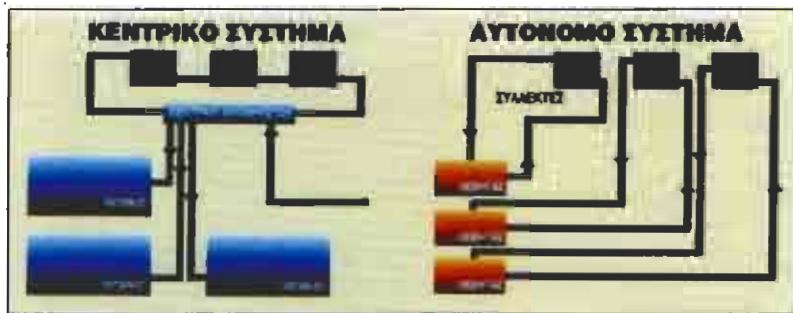
- Έχουν μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα.



Σχ. 8. Ηλιακό σύστημα νερού

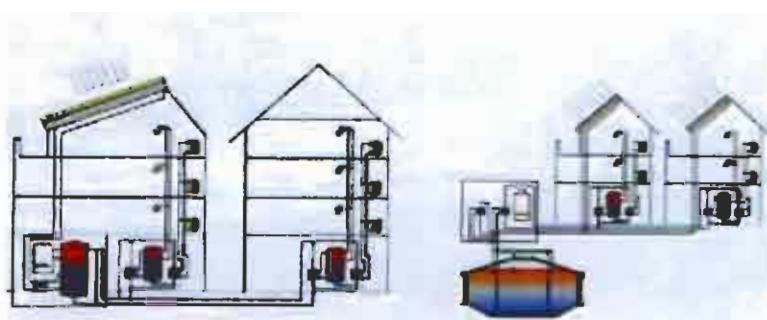
Οι σημαντικότερες παραλλαγές των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης υγρού είναι:

- **Συστήματα με εσωτερική αποθήκευση θερμότητας:** Η αποθήκευση της θερμότητας γίνεται απευθείας εντός του συλλέκτη, όπου το ρόλο συλλέκτη τον παίζει η επιφάνεια της δεξαμενής. Τα συστήματα αυτά είναι πολύ απλά και κατάλληλα για εφαρμογές σε θερμά κλίματα, ιδιαίτερα στο αστικό περιβάλλον, καθώς απαιτούν μικρό χώρο και μπορεί να εγκατασταθούν στην οροφή του κτιρίου.
- **Θερμοσιφωνικά συστήματα:** Είναι οι γνωστοί ηλιακοί θερμοσιφωνες. Σε αυτά τα συστήματα η αποθηκευτική δεξαμενή είναι τοποθετημένη υψηλότερα από τον συλλέκτη. Το ελαφρύτερο θερμό υγρό ανέρχεται από τον συλλέκτη προς την δεξαμενή δημιουργώντας μία συνεχή κίνηση την φυσική κυκλοφορία του υγρού από την δεξαμενή προς τον συλλέκτη. Στην ουσία πρόκειται για παθητικά συστήματα αφού λειτουργούν χωρίς αντλίες. Συνήθως όμως έχουν ηλεκτρική βοηθητική θέρμανση. Μειονεκτούν γιατί απαιτούν αρκετό χώρο για την εγκατάστασή τους. Είναι ευρέως διαδεδομένα στην Νότια Ευρώπη.



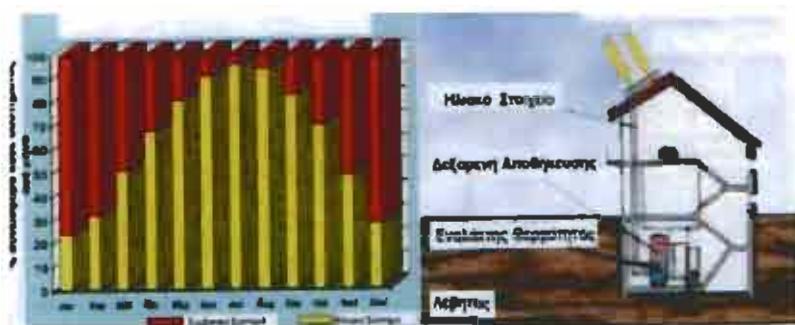
Σχ. 9. Κεντρικό και αυτόνομο (αυτοματικό) ηλιακό σύστημα νερού

- Συστήματα υγρού με μηχανική κυκλοφορία:** Σε αυτά τα συστήματα η κυκλοφορία του υγρού ανάμεσα στο συλλέκτη και την αποθηκευτική δεξαμενή γίνεται με την βοήθεια αντλιών και η παραγωγή και αποθήκευσης θερμότητας ελέγχονται από σύστημα αυτοματισμού. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη ως αυτόνομα ή υβριδικά συστήματα για την παραγωγή ζεστού νερού και την θέρμανση χώρων. Τα συστήματα με μηχανική κυκλοφορία έχουν υψηλότερη απόδοση από τα θερμοσιφωνικά συστήματα, αλλά και υψηλότερο κόστος. Συνιστώνται πάντως σε εφαρμογές όπου θέλουμε να αποφύγουμε την ύπαρξη υπερυψωμένης δεξαμενής (ενσωμάτωση του συστήματος στο κέλυφος του κτιρίου).



Σχ. 10. Εβδομαδιαίη εποχιακή αποθήκευση

- Σύνθετα συστήματα:** Είναι συστήματα μεγάλης κλίμακας που χρησιμοποιούνται σε συγκροτήματα κατοικιών, οικοδομικών τετραγώνων ή και οικισμών. Αποτελούνται από μεγάλο αριθμό συλλεκτών συνδεδεμένων μεταξύ τους και διαθέτουν μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους (συνήθως υπόγειους) για την μόνιμη αποθήκευση της θερμότητας.



Σχ. 11. Συνδυασμός ηλιακού και συμβιβατικού συστημάτων. Στο διάγραμμα αριστερά παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης των αναγκών σε ζεστό νερό ενός κτιρίου το οποίο διαθέτει ένα συμβιβατικό και ένα ηλιακό σύστημα. Το ηλιακό σύστημα καλύπτει στην περίπτωση αυτή το 64% των επιβίων αναγκών του κτιρίου.

#### 4.1.4 Απόδοση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι:

- Η κατάλληλη τοποθέτηση των συλλεκτών έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η συλλογή της ηλικιακής ενέργειας. Ειδικότερα, μεγάλη σημασία έχει, εκτός από τον προσανατολισμό, η επιλογή της κατάλληλης γωνίας κλίσεως (για εφαρμογές που χρησιμοποιούνται όλο τον χρόνο η βέλτιστη γωνία κλίσεως είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Στην Αθήνα π.χ. οι συλλέκτες πρέπει να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση το πολύ 20 μοιρών, και με γωνία κλίσεως 40 μοιρών).
- Η επιλογή μεταξύ κεντρικού (δηλαδή συστήματος που τροφοδοτεί τις ανάγκες ενός ολόκληρου κτιρίου) και ατομικών συστημάτων (για κάθε χρήστη χωριστά) εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, το απαιτούμενο θερμικό φορτίο, τον αριθμό των χρηστών, την ημερήσια και εποχιακή κατανομή της κατανάλωσης, το είδος και σχήμα του κτιρίου (π.χ. σε πολυώροφα κτίρια ενδέικνυται η χρήση κεντρικού συστήματος) και από το σύστημα διαχείρισης.
- Η επιλογή του είδους της αποθήκευσης, η οποία μπορεί να είναι ημερήσια (για την κάλυψη των νυχτερινών αναγκών σε θέρμανση και ζεστό νερό), εβδομαδιαία (για την κάλυψη σύντομων περιόδων κακοκαιρίας) και εποχιακή (για την κάλυψη των αναγκών του χειμώνα αποθηκεύοντας την θερμότητα που συλλέχθηκε το καλοκαίρι) και συναρτάται με τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου, τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, το κόστος και τον διαθέσιμο χώρο για την εγκατάσταση του συστήματος.

- Η σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος και ειδικότερα η διαστασιολόγηση του αποθηκευτικού συστήματος σε σχέση με το μέγεθος των συλλεκτών και τις ενεργειακές ανάγκες. Πρέπει να τονιστεί ότι η υποδιαστασιολόγηση δεν απαντά με τον σωστό τρόπο στις ανάγκες της κατανάλωσης, ενώ η υπερδιαστασιολόγηση μειώνει σημαντικά την απόδοση του συστήματος (για τον σκοπό αυτό συνιστάται η χρήση εξειδικευμένων γραφικών ή ηλεκτρονικών υπολογιστών εργαλεία - όπως τα TRNSYS, SIMSHAC, T-SOL, SOLCOST, f charts – τα οποία βοηθούν στην ακριβή διαστασιολόγηση ενός συστήματος προσομοιώντας την λειτουργία του).
- Ο κατάλληλος συνδυασμός του ηλιακού με ένα (σχεδόν πάντα απαραίτητο) συμβατικό βιοηθητικό σύστημα θέρμανσης (ύστερα από λεπτομερή μελέτη, επιλογή των συμβατών συστημάτων και εγκατάσταση των απαραίτητων μηχανισμών ελέγχου), ώστε να διαπανάται όσο το δυνατόν λιγότερη ηλεκτρική (ή οποιαδήποτε άλλη μη ανανεώσιμη ενέργεια) για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.



Σχ. 12. Ηλιακοί συλλέκτες στο Ηλιακό Χωριό της Λακόβρυσης (Αττική)

#### 4.2 Άλλα συστήματα παραγωγής και εξοικονόμησης ενέργειας

Στα προηγούμενα κεφάλαια μελετήθηκαν τα παθητικά συστήματα που είχαν ενσωματωμένα στο κτιριακό κέλυφος και χρησιμεύουν για την θέρμανση, τον δροσισμό, τον φωτισμό και τον αερισμό των χώρων, τα ενεργητικά ηλιακά και υβριδικά συστήματα, καθώς και τα φωτοβολταικά. Υπάρχουν όμως και άλλες τεχνικές που επιτρέπουν την παραγωγή και την εξοικονόμηση ενέργειας.

θέρμανσης γενικότερα. Για το λόγο αυτό, συνιστάται ο μηχανικός ή χημικός καθαρισμός όλων των επιφανειών και η αντικατάσταση των τμημάτων εκείνων που έχουν υποστεί βλάβες.

Η χρήση λεβήτων νέου τύπου με υψηλή απόδοση (συμπεριλαμβανομένων των λεβήτων συμπύκνωσης) σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης, επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Οι λέβητες συμπύκνωσης έχουν δύο εναλλάκτες θερμότητας, έναν πρωτεύοντα και έναν δευτερεύοντα, πάνω από τους οποίους διέρχονται τα καυσαέρια του καυστήρα. Καθώς αυτά περνούν πάνω από το δευτερεύοντα εναλλάκτη θερμότητας συμπυκνώνονται και αποδίδουν την λανθάνουσα θερμότητα στον εναλλάκτη. Με την βοήθεια της τεχνικής αυτής, για θερμοκρασίες νερού εξόδου και επιστροφής στο λέβητα της τάξης των 55 και  $40^{\circ}\text{C}$  αντιστοίχως, η απόδοση του λέβητα μπορεί να ανέλθει και στο 90%. Άλλα και για θερμοκρασίες επιστροφής της τάξης των  $70^{\circ}\text{C}$ , η χρήση λέβητα συμπύκνωσης μπορεί να οδηγήσει σε αποδόσεις μέχρι και 85%, τη στιγμή που η απόδοση των συμβατικών λεβήτων κυμαίνεται από 65 ως 75%. Οι λέβητες συμπύκνωσης μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης κατά 15-20%, με αντίστοιχο χρόνο απόσβεσης τα 3 χρόνια, ενώ ταυτόχρονα η εγκατάσταση και η συντήρησή τους είναι πολύ εύκολη.

Οι χρονικές διακυμάνσεις των θερμικών φορτίων που απαιτούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου, οδηγούν την συχνή εκκίνηση και παύση λειτουργίας του κεντρικού λέβητα, με αποτέλεσμα η απόδοση του συστήματος να πέφτει κάτω από το 50%. Η λειτουργία του λέβητα σε θερμικά φορτία πολύ μικρότερα από την μέγιστη θερμική του ισχύ επί μεγάλα χρονικά διαστήματα, έχει ως αποτέλεσμα την πολύ χαμηλή του απόδοση και την μεγάλη σπατάλη καυσίμου. Η χρήση περισσότερων του ενός λεβήτων με σκοπό την ομοιόμορφη κάλυψη διαφορετικών τμημάτων του κτιρίου με διαφορετικά θερμικά φορτία, συμβάλλει στην μεγαλύτερη ολική απόδοση του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός του συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής συνεργασία όλων των επιμέρους λεβήτων.

Η εγκατάσταση ενός αναλυτή καυσαερίων, συμβάλει επίσης σημαντικά στην μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος. Η τέλεια καύση, που αποτελεί προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία του καυστήρα, απαιτεί βελτιστοποίηση της αναλογίας καυσίμου – αέρα στον θάλαμο καύσης. Ο αναλυτής παρακολουθεί την θερμοκρασία του καυσίμου καθώς και τις συγκεντρώσεις CO και CO<sub>2</sub> στα καυσαέρια, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αυτόματη ή η χειροκίνητη ρύθμιση της βελτιστης αναλογίας καυσίμου – αέρα στον καυστήρα, ανάλογα με την λειτουργία και τις απαιτήσεις του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή.

Η μόνωση των στοιχείων του συστήματος διανομής, π.χ. των σωλήνων, των αγωγών, κλπ., καθώς και του λέβητα, επιτρέπει σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών του συστήματος. Η τοποθέτησή της είναι γενικά εύκολη και με χαμηλό κόστος, για αυτό θα πρέπει να αντικαθίστανται αμέσως τα μέρη εκείνα στα οποία η μόνωση είναι φθαρμένη ή χαμηλής ποιότητας.



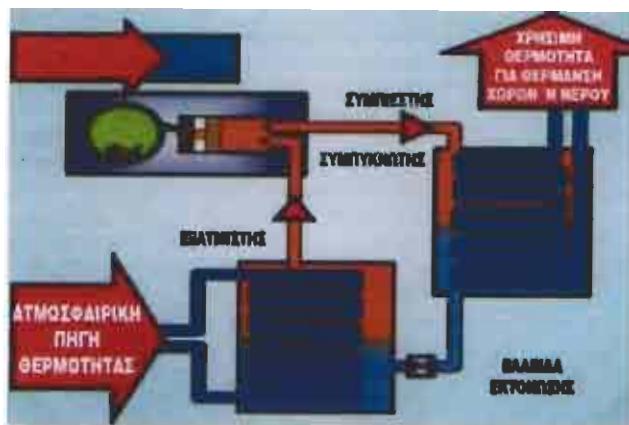
Σχ. 13. Θερμοστατική βαλβίδα με κεφαλή υγρού στοιχείου

#### 4.2.2 Συστήματα κλιματισμού

Τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού είναι καλό να αποφεύγονται, εφόσον είναι δυνατή η κάλυψη του φορτίου δροσισμού με φυσικές ή παθητικές τεχνικές, καθώς έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (εκπομπή HFCFs), έχουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και είναι υπεύθυνα για μια σειρά προβλημάτων σχετικών με την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Εντούτοις, σε περίπτωση που η εγκατάσταση και η χρήση τους είναι αναπόφευκτη, θα πρέπει να επιλέγονται συστήματα με υψηλή απόδοση (δηλαδή με υψηλό συντελεστή απόδοσης – συντελεστής COP- που εκφράζει την αποδιδόμενη ψυκτική ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας) και να διαστασιολογούνται σωστά σε σχέση με τον χώρο και τις ανάγκες που καλύπτουν. Επίσης, η χρήση κατάλληλων αυτοματισμών, η σωστή μίξη κλιματιζόμενου και φυσικού αέρα, η τακτική συντήρηση, ο καθαρισμός των φίλτρων και η εγκατάσταση σύμφωνα με τις προδιαγραφές, συντελούν στην βέλτιστη συμπεριφορά του συστήματος. Οι κυριότερες παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα κλιματισμού ενός κτιρίου, έτσι ώστε να ελαττωθεί η κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό, είναι οι εξής:

- **Πρόψυξη του κτιρίου.** Η ελάττωση της θερμοκρασίας της θερμικής μάζας ενός κτιρίου κατά αρκετούς βαθμούς χαμηλότερα από την επιθυμητή θερμοκρασία, 4 με 6 ώρες πριν αυτό αρχίσει να χρησιμοποιείται, έχει ως αποτέλεσμα των ψυκτικών φορτίων αιχμής που παρουσιάζονται σε αυτό κατά την διάρκεια της ημέρας. Η πρόψυξη του κτιρίου γίνεται μόνο με αερισμό (φυσικό ή τεχνητό), αν οι εξωτερικές συνθήκες το επιτρέπουν, ή με την προγραμματισμένη χρήση του ίδιου του κλιματιστικού συστήματος.
- **Χρήση εξοικονομητών (economizers).** Τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων είναι δυνατόν, ειδικά σε εποχές με όχι ιδιαίτερα υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα (άνοιξη, φθινόπωρο), να καλύπτονται εν μέρει ή εξ' ολοκλήρου με την εισαγωγή εξωτερικού αέρα στο κτίριο. Οι εξοικονομητές είναι συσκευές που επιτρέπουν την ελεγχόμενη εισαγωγή και χρήση εξωτερικού αέρα στο κτίριο (ελέγχουν την θερμοκρασία, την ενθαλπία και την υγρασία του καθώς και τις συγκεντρώσεις ρύπων). Ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται είτε για τον απευθείας δροσισμό του κτιρίου (μηχανικός αερισμός), είτε προψύχεται με την βοήθεια του κλιματιστικού συστήματος και στην συνέχεια να διανέμεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Ανάλογα με το είδος του κλιματιστικού συστήματος χρησιμοποιούνται εξοικονομητές νερού ή αέρος. Οι εξοικονομητές χρησιμοποιούνται και σε συνδυασμό με συστήματα που επιτρέπουν την ανάκτηση της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα.
- **Αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας.** Σε μεγάλα κτίρια με κεντρικά κλιματιστικά συστήματα, πολλές φορές η παραγόμενη ψυκτική ενέργεια είναι πολύ μεγαλύτερη από τα ψυκτικά φορτία που πρέπει να καλυφθούν κατά το χρόνο παραγωγής της. Είναι λοιπόν επιθυμητή η αποθήκευση του ψυχρού ρευστού που περισσεύει τις ώρες με χαμηλή ζήτηση ψυκτικού φορτίου, σε μονωμένες δεξαμενές και χρησιμοποίησή του κατά την περίοδο αιχμής. Με τον τρόπο αυτόν μετατίθεται χρονικά η μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση από τις μεσημβρινές ώρες αιχμής προς τις απογευματινές ή βραδινές ώρες κατά τις οποίες το ψυκτικό φορτίο είναι χαμηλό. Η κατανομή της παραγωγής ψυκτικής ενέργειας σε όλη την διάρκεια της ημέρας έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι καθιστά δυνατή την εγκατάσταση ενός μικρότερου συστήματος, το οποίο λειτουργεί επί περισσότερο χρόνο και με καλύτερη απόδοση και με μικρότερο κόστος λειτουργίας. Στα πολύ μεγάλα συστήματα είναι δυνατή η χρήση ενός συστήματος αποθήκευσης πάγου (παγολεκάνη), το οποίο έχει χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης αλλά υψηλότερο κόστος λειτουργίας.

- **Χρήση εξατμιστικών ψυκτών.** Πρόκειται για υβριδικά συστήματα ψύξεως. Χρησιμοποιούνται είτε για τον δροσισμό ενός κτιρίου, είτε για την πρόψυξη του αέρα ο οποίος χρησιμοποιείται στην συνέχεια από το συμβατικό σύστημα κλιματισμού. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ψύκτης για τον απ' ευθείας δροσισμό ενός χώρου ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον έλεγχο της υγρασίας του εισερχόμενου αέρα, καθώς η υψηλή υγρασία μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα δυσφορίας στους ενοίκους.
- **Χρήση ψυκτών φυσικού αερίου.** Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως πηγή θερμότητας. Η παραγωγή ψύξης γίνεται με το σύστημα της απορρόφησης και μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα θέρμανσης, δεδομένου ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο μέσο για τη μεταφορά θερμότητας (π.χ. νερό). Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται μόνο σε μερικά μέρη του συστήματος (αντλίες, πύργος ψύξης). Οι ψύκτες φυσικού αερίου είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον γιατί ως ψυκτικό μέσο δεν χρησιμοποιούνται χλωροφθοράνθρακες (HCFCs), αλλά νερό.
- **Διαχείριση της ροής του αέρα στα συστήματα μηχανικού αερισμού,** ώστε η ταχύτητά του και η στατική πίεση σ' αυτά να είναι οι χαμηλότερες δυνατές. Επιπλέον, στα συστήματα αυτά η αντίσταση στην ροή του αέρα διαμέσου των φίλτρων εξαρτάται από την κατασκευή των φίλτρων, το είδος τους, το βαθμό συντήρησης και την καθαριότητα τους. Συνιστάται συνεπώς η χρήση φίλτρων υψηλής ποιότητας με χαμηλή αντίσταση στην διέλευση του αέρα. Επίσης, προτείνεται η χρήση ανεμιστήρων με υψηλή απόδοση και στεγανοποίηση των αγωγών μεταφοράς του αέρα για την αποφυγή διαρροών. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κλιματιζόμενα κτίρια (και ειδικά σε αυτά με μεγάλες κλιματιστικές μονάδες) είναι η ανάκτηση της αποβαλλόμενης θερμότητας.



Σχ. 14. Αρχή λειτουργίας αυτλίας θερμότητας.

#### 4.2.3 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας

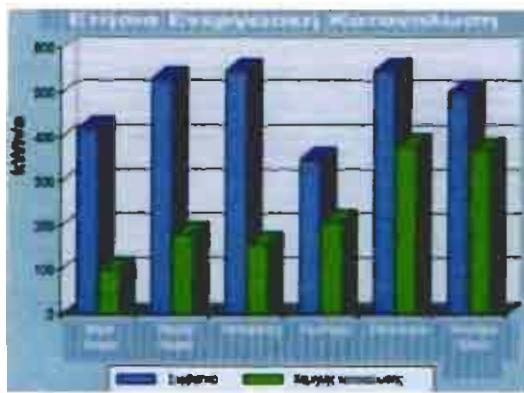
Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κλιματιζόμενα κτίρια (και ειδικά σε αυτά με μεγάλες κλιματιστικές μονάδες) είναι η ανάκτηση της αποβαλλόμενης θερμότητας

- Σε κάθε κλιματιζόμενο κτίριο, μεγάλες ποσότητες κλιματισμένου (θερμού ή ψυχρού) αέρα απάγονται στο περιβάλλον και αναπληρώνονται από εισερχόμενο και αναπληρώνονται από εισερχόμενο αέρα, ο οποίος πρέπει να ψυχθεί ή να θερμανθεί κατά αρκετούς βαθμούς Κελσίου (πολλές φορές πάνω από 20). Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας, χρησιμοποιούν την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εισερχόμενου, μειώνοντας έτσι το αντίστοιχο θερμικό ή ψυκτικό φορτίο. Τα κυριότερα συστήματα ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, είναι οι αντλίες θερμότητας.

#### 4.2.4 Οικιακές συσκευές χαμηλής κατανάλωσης

Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια (και ιδιαίτερα στις κατοικίες) οφείλεται στην καθημερινή χρήση των οικιακών συσκευών. Τα α τελευταία χρόνια, κυκλοφορούν στην αγορά οικιακές συσκευές νέας τεχνολογίας οι οποίες συνδυάζουν υψηλή ποιότητα με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Η αντικατάσταση των παλαιών συσκευών με νέες, παρότι πολλές φορές έχει υψηλό κόστος, έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο την σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (η οποία πολλές φορές μπορεί να φτάσει το 300%) αλλά και την μείωση των εσωτερικών κερδών του κτιρίου και άρα επιπρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας από την μείωση του ψυκτικού φορτίου.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας χάρη στην αντικατάσταση οικιακών ηλεκτρικών συσκευών σε μια τυπική κατοικία. Σε πολλές οικιακές συσκευές (π.χ. φυγείο) είναι υποχρεωτική η αναγραφή των ενεργειακών χαρακτήρων τους και η βαθμολόγησή τους σύμφωνα με την ενεργειακή τους κατανάλωση, έτσι ώστε να μπορούν οι καταναλωτές να επιλέγουν τις συσκευές μα την καλύτερη απόδοση. Τέλος, συνιστάται η χρήση πιστοποιημένων συσκευών που έχουν χαρακτηρισθεί "οικολογικές" και φέρουν το Ευρωπαϊκό ή αντίστοιχο εθνικό οικολογικό σήμα.



Σχ. 15. Ενεργειακά κέρδη από την χρήση ηλεκτρικών οικιακών συσκευών χαμηλής κατανάλωσης σε σχέση με την χρήση συμβατικών συσκευών

#### 4.2.5 Συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (cogeneration)

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Combined Heat and Power, CHP) από την ίδια πρωτογενή πηγή ενέργειας (π.χ. φυσικό αέριο) είναι μία τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος και παρέχει μία εναλλακτική λύση στην κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό, θέρμανση και ζεστό νερό. Ειδικά σε μεγάλα κτίρια (νοσοκομεία, ξενοδοχεία, βιομηχανίες) είναι εύκολη και εφικτή η χρήση μικρών μονάδων για την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η λειτουργία ενός συστήματος CHP εξαρτάται από το σχεδιασμό του, ο οποίος μπορεί να γίνει έχοντας ως στόχο την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση ή σε ηλεκτρισμό ή και στα δύο. Οι αποδόσεις των συστημάτων CHP φτάνουν ως και 80% σε σύγκριση με την απόδοση των συμβατικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής που δεν υπερβαίνουν το 40%. Τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν συνεπώς μειωμένες εκπομπές επιβλαβών καυσαερίων (SOx και NOx) καθώς και CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, σε σχέση με τις συμβατικές θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Σήμερα διατίθεται στην αγορά πολλά τυποποιημένα συστήματα που κατασκευάζονται στην Ευρώπη. Η συνολική παραγωγή ηλεκτρισμού από συμπαραγωγή καλύπτει σήμερα το 2% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στην Ελλάδα και το

9% της παραγωγής σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Μια αρκετά διαδεδομένη τεχνολογία για την κάλυψη των θερμικών αναγκών οικισμών ή και πόλεων είναι η τηλεθέρμανση όπου η θερμότητα μεταφέρεται στα κτίρια με υπόγειες σωληνώσεις από μια κεντρική πηγή. Τέτοιες πηγές είναι συνήθως η απορριπτόμενη θερμότητα από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και η γεωθερμία. Στην Ελλάδα τηλεθέρμανση χρησιμοποιείται προς το παρόν μόνο στην Κοζάνη και την Πτολεμαΐδα.

## 4.3 Παθητικά συστήματα δροσισμού

### 4.3.1 Εισαγωγή

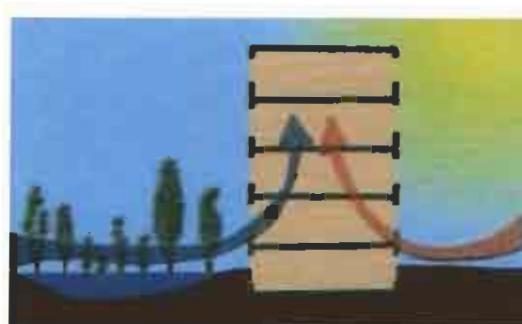
Εκτός από την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, η χρήση συμβατικών συσκευών έχει και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η έκλυση χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα που ευθύνονται για την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος του ή τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα των κτιρίων. Εναλλακτικές τεχνικές παθητικού (και υβριδικού) δροσισμού των κτιρίων, οι οποίες βασίζονται στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους και στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας, παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και έχουν ήδη διεισδύσει σημαντικά στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων. Τρεις είναι οι βασικοί σχεδιαστικοί άξονες για τα συστήματα παθητικού δροσισμού :

- 1) Προστασία του κτιρίου από τα θερμικά κέρδη.
- 2) Απόσβεση και απορρόφηση της μεταφοράς θερμότητας προς το κτίριο.
- 3) Απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας σε περιβαλλοντικές "δεξαμενές" χαμηλότερης θερμοκρασίας από αυτήν του κτιρίου.

Οι τεχνικές προστασίας του κτιρίου από τα θερμικά κέρδη εμπεριέχουν παρεμβάσεις, όπως :

- Παρέμβαση στο μικροκλίμα και κατάλληλη διαμόρφωση των εξωτερικών χώρων.
- Βελτιστοποίηση της μορφής του κτιρίου.
- Ήλιοπροστασία και σκιασμός των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του κελύφους.
- Έλεγχος των εσωτερικών φορτίων.

Οι τεχνικές που επιτρέπουν την απόσβεση και την απορρόφηση της θερμότητας που εισέρχεται σε ένα κτίριο σχετίζονται με την θερμοχωρητικότητα του κτιρίου και την ικανότητα του να αποθηκεύει την θερμότητα αυτή.



**Σχ. 16.** Ο παθητικός δροσισμός βιασίζεται στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας σε περιβαλλοντικές δεξαμενές θερμότητας, όπως ο αέρας, το νερό και το έδαφος.

Η ύπαρξη σημαντικής θερμικής μάζας επιτρέπει την απόσβεση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών και την μείωση του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου. Η αποθηκευμένη θερμότητα κατά την διάρκεια της ημέρας αποδίδεται κατά την νύχτα. Η απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας του κτιρίου προϋποθέτει την ύπαρξη μιας θερμικής δεξαμενής με θερμοκρασία χαμηλότερη από αυτήν του κτιρίου. Οι χρησιμοποιούμενες θερμικές δεξαμενές καθώς και οι τρόποι απαγωγής της θερμότητας δίνονται στον πίνακα. Η χρήση τεχνικών συστημάτων παθητικού και υβριδικού δροσισμού παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως τα ακόλουθα:

- Περιβαλλοντικά οφέλη που σχετίζονται με την αποφυγή των HCFCs καθώς και την μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα και υγιεινή διαβίωση.
- Οικονομικά οφέλη σε σχέση με το αρχικό κεφάλαιο, το κεφάλαιο συντήρησης και το κόστος λειτουργίας των συστημάτων δροσισμού.
- Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Μείωση έως εξάλειψη των προβλημάτων φορτίου αιχμής.
- Απλότητα και ευκολία στην χρήση.

Πίνακας 1		
Τεχνική	Δεξαμενή	Τρόπος απαγωγής της θερμότητας
Δροσισμός με ακτινοβολία	Διάστημα	Ακτινοβολία
Δροσισμός με εξάτμιση	Αέρας-Νερό	Μεταφορά
Αερισμός	Αέρας	Μεταφορά
Δροσισμός από το έδαφος	Έδαφος	Αγωγή

Οι χρησιμοποιούμενες πηγές δροσισμού και οι τρόποι απαγωγής της θερμότητας

### 4.3.2 Μικροκλίμα

Το μικροκλίμα μιας κατοικημένης περιοχής είναι δυνατόν να διαμορφωθεί ή να τροποποιηθεί αν στις ελεύθερες δημόσιες εκτάσεις, όπως είναι τα πάρκα, τα γήπεδα, οι δρόμοι, οι ακάλυπτοι χώροι, αλλά και οι κήποι και οι αυλές των κτιρίων γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις, τόσο σε ότι αφορά τη γεωμετρία τους όσο και σε ότι αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Σημαντικό επίσης ρόλο παίζει το πράσινο (βλάστηση) σε συνδυασμό με την ύπαρξη υδάτινων επιφανειών.

#### 4.3.2.1 Η βλάστηση



Σχ. 17. Η χρήση βλάστησης είναι σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης του μικροκλίματος.

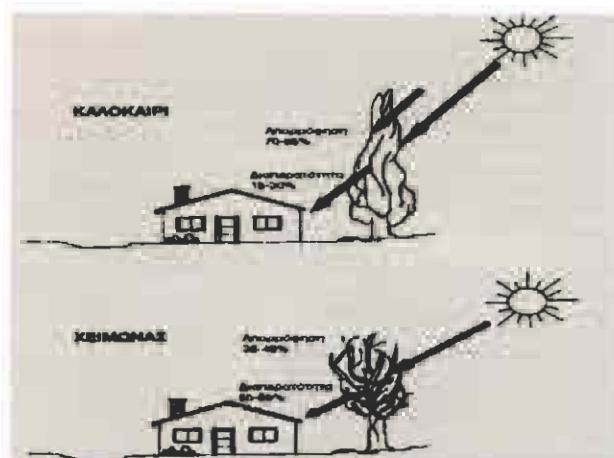
Η βλάστηση τροποποιεί το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων συμβάλλοντας στην μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών με δύο τρόπους:

- Η εξατμισοδιαπνοή απορροφά θερμότητα από τον αέρα και
- Τα φύλλα απορροφούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από αυτά που εκπέμπουν

Στην διάρκεια της νύχτας, τα δένδρα εμποδίζουν την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος να διαφύγει. Συνεπώς, η θερμοκρασία του αέρα στην διάρκεια της νύχτας στους χώρους με πυκνή βλάστηση, είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του ανοικτού χώρου, ενώ αντίθετα, η ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη λόγω του ότι εμποδίζεται ένα μέρος της άμεσης ακτινοβολίας να φθάσει στο έδαφος.

Αποτελέσματα πρόσφατων μελετών που πραγματοποιήθηκαν στο Lawrence Berkeley Laboratory των ΗΠΑ, συμβάλλει, χάρη στην σκίαση και εξατμισοδιαπνοή, στην μείωση του ψυκτικού φορτίου της κατοικίας κατά 12 έως 24%, ενώ η ύπαρξη τριών ομοίων δέντρων μπορεί να μειώσει τις ανάγκες κλιματισμού από 17 έως 57%. Σύμφωνα με την μελέτη, ο σκιασμός που

προκαλείται από τα δέντρα συνεισφέρει κατά 10 έως 35% στην μείωση που αναφέρθηκε παραπάνω, ενώ το υπόλοιπο οφείλεται στην εξατμισοδιαπνοή.



**Σχ. 18. Θερινή και χειμερινή λειτουργία ενός δένδρου**

#### 4.3.2.2 Οι υδάτινες επιφάνειες

Οι υδάτινες επιφάνειες τροποποιούν το μικροκλίμα της περιοχής τους με δύο τρόπους:

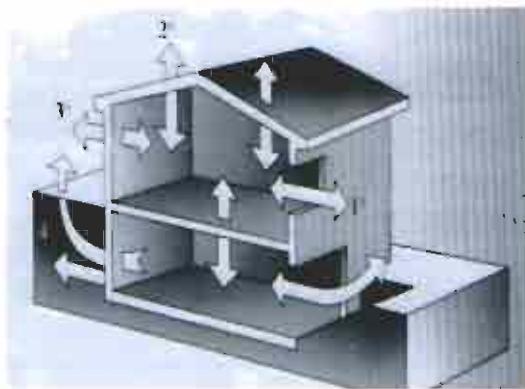
- Η εξάτμιση απορροφά θερμότητα από τον αέρα,
- Ο θερμός αέρας ψύχεται κατά την επαφή με την ψυχρότερη επιφάνεια του νερού.

Δεξαμενές νερού και σιντριβάνια χρησιμεύουν ως πηγές δροσισμού που μειώνουν την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και του αέρα που εισέρχεται σε ένα κτίριο.

Καθώς οι υδάτινες επιφάνειες αυξάνουν την υγρασία του αέρα, είναι πολύ ευεργετικές σε ξηρά κλίματα, μπορούν όμως να δημιουργήσουν προβλήματα σε υγρά κλίματα.

#### 4.3.3 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού αερισμού. Γενικά, ο αερισμός (παθητικός, υβριδικός ή μηχανικός) των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου είναι απαραίτητος όχι μόνο για την μείωση της θερμοκρασίας αλλά και για την διατήρηση σε ικανοποιητικά επίπεδα του οξυγόνου και της ποιότητας του αέρα. Παραδοσιακά, ο αερισμός των κτιρίων γινόταν με την βοήθεια της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα. Οι πρόσθετες απαιτήσεις αερισμού ήταν εύκολο να ικανοποιηθούν με απλό άνοιγμα των παραθύρων.



Σχ. 19. Ιεράρχηση των επιφανειών απώλειών σε ένα κτίριο αναφορικά με το σύνολο κέρδος / απώλεια

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την διείσδυση του εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Αυτό οφείλεται στην διαφορά των πιέσεων που δημιουργεί η ροή του ανέμου γύρω από ένα κτίριο. Η είσοδος του εξωτερικού αέρα γίνεται μέσα από τα ανοίγματα και τις ρωγμές που υπάρχουν στο κέλυφος του κτιρίου.

Η σύγχρονη αρχιτεκτονική και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων, έχουν μειώσει την διείσδυση του αέρα στο ελάχιστο προκειμένου να μειώσουν τις απώλειες και να επιτύχουν ένα απολύτως ελεγχόμενο περιβάλλον. Οι νεότερες και ακριβές κατασκευές περιβάλλονται από τελείως στεγανοποιημένα κελύφη. Ειδικότερα, στα κτίρια γραφείων από γυαλί δεν επιτρέπεται καν το άνοιγμα των παραθύρων. Στα κτίρια αυτά οι δυνατότητες χρήσης συστημάτων φυσικού αερισμού είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Αντίθετα η παραγωγή ψύξης βασίζεται 100% σε μηχανικά συστήματα (κλιματιστικά που λειτουργούν με ηλεκτρισμό).

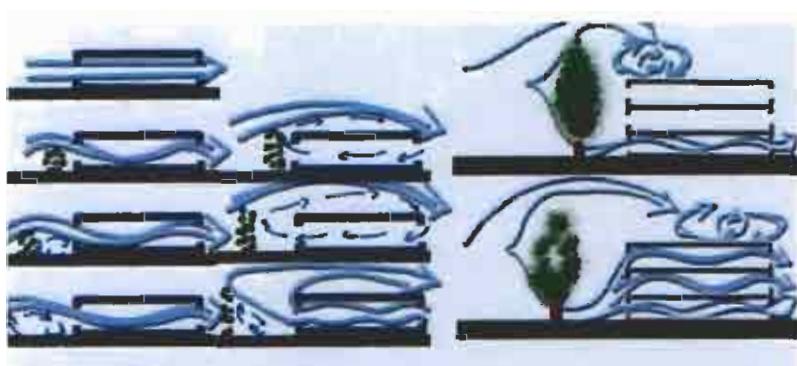
Υπό την προϋπόθεση ότι οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού είναι δυνατόν να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει την θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Η αποτελεσματικότητα των τεχνητών φυσικού αερισμού καθορίζεται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, από το μικροκλίμα, από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (προσανατολισμός, μέγεθος, θέση και αριθμός των παραθύρων, κλπ.) και την χωροταξία της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο.

Η εξωτερική θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου είναι οι καθοριστικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην επιτυχή εφαρμογή των τεχνητών φυσικού αερισμού. Για τον δροσισμό, ο αέρας που εισέρχεται στο κτίριο πρέπει να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα του κτιρίου.



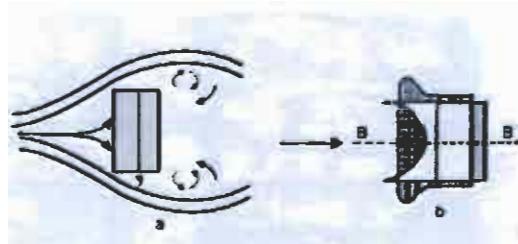
Οι τεχνικές φυσικού αερισμού για τον δροσισμό ενός κτιρίου είναι επίσης αποτελεσματικές στην διάρκεια της νύκτας, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι συνήθως μικρότερες από τις εσωτερικές. Το ψυκτικό φορτίο ελαττώνεται και οι μέγιστες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να μειωθούν από 1 έως  $3^{\circ}\text{C}$ , ανάλογα με την θερμική μάζα του κτιρίου καθώς και την ποσότητα και τα χαρακτηριστικά του αέρα που εισέρχονται στο κτίριο.

Η υγρασία του αέρα είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την εφαρμογή των τεχνιών του φυσικού αερισμού. Υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στην θερμική άνεση μέσα στο κτίριο. Συνεπώς, σε περιοχές με υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας στην διάρκεια του καλοκαιριού, η χρήση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού είναι απαραίτητη για την απόρριψη της υγρασίας από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου (αφύγρανση). Υπό αυτές τις συνθήκες, καλό είναι να αποφεύγεται ο φυσικός αερισμός τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας, όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας.



#### 4.3.3.1 Ο ρόλος του ανέμου

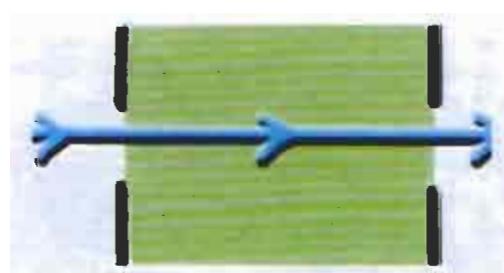
Η ταχύτητα του ανέμου συνήθως αυξάνεται βαθμιαία από το πρωί, μέχρι να φθάσει την μέγιστη τιμή της τις απογευματινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Στην συνέχεια ελαττώνεται μέχρι μια ελάχιστη τιμή αργά το βράδυ και τις πρώτες πρωινές ώρες. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος και μετριέται συνήθως με ανεμόμετρα τοποθετημένα σε ύψος 10 m από το έδαφος. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος εξαρτάται από το ανάγλυφο της περιοχής. Η παρουσία γειτονικών κτιρίων μειώνει την ταχύτητα του ανέμου.



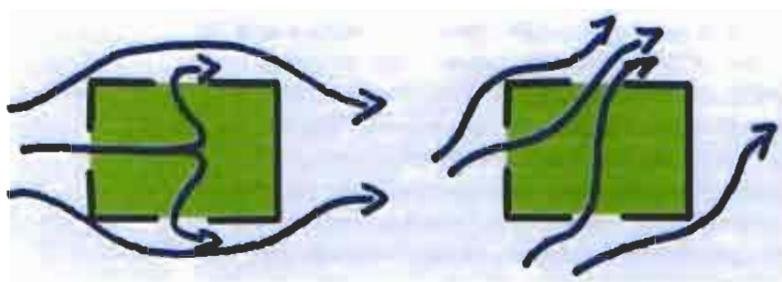
**Σχ. 22. Μοντέλο ροής του αέρα και κατανομή των πιέσεων γύρω από ένα κτίριο. Καθώς η ροή του ανέμου περιβάλλει το κτίριο, στην προσήγεμη όψη του κτιρίου ασκείται μια θετική πίεση, ενώ κατά μήκος των πλευρών του και στην υπήγειη όψη οι πιέσεις που ασκούνται είναι λόγω της τυρβώδους ροής αρνητικές**

Για τον σωστό σχεδιασμό και την εκμετάλλευση του ανέμου στον φυσικό αερισμό κτιρίων, σημασία έχει επίσης η διεύθυνση του ανέμου. Σε αγροτικές περιοχές, λόγω των εδαφικών ανωμαλιών, η διεύθυνση του ανέμου μπορεί να αλλάξει μέχρι και 20-45 μοίρες. Στα αστικά κέντρα με πυκνή δόμηση, η διεύθυνση του ανέμου είναι τυχαία.

Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου σε μια περιοχή παίζουν και τα τοπικά συστήματα (π.χ. αύρες). Στα νησιά οι αποστάσεις από τις ακτές είναι μικρές, συνεπώς φαινόμενα όπως η θαλάσσια αύρα επηρεάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό των περιοχών αυτών.



**Σχ. 23. Κυκλωφορία του αέρα γύρω και διαμέσου ενός κτιρίου με ανοίγματα εισόδου και εξόδου στην ίδια διεύθυνση**



**Σχ. 24.** Κυκλοφορία του αέρα γύρω και διαμέσου κτιρίου με ένα άνοιγμα εισόδου και δύο ανοίγματα εξόδου σε διαφορετικές θέσεις

#### 4.3.3.2 Χαρακτηριστικά της ροής του αέρα γύρω από το κτίριο

Για τον επιτυχή σχεδιασμό ενός φυσικού αεριζόμενου κτιρίου απαιτείται η καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα γύρω από το κτίριο καθώς και των επιδράσεων που δέχεται από τα γειτονικά κτίρια. Ο στόχος του σχεδιασμού είναι ο αερισμός σε δύο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εσωτερικού χώρου. Η επίτευξη αυτού του στόχου εξαρτάται από την θέση των παραθύρων, τον σχεδιασμό των εσωτερικών χώρων και από τα χαρακτηριστικά του ανέμου.

Τα νέα κτίρια γενικά επιτρέπουν 0.2-0.5 αλλαγές του αέρα ανά ώρα με διείσδυση, ενώ με ανοικτά τα παράθυρα στην διάρκεια του καλοκαιριού, επιτυγχάνεται 15-20 αλλαγές του αέρα ανά ώρα. Είναι δυνατόν να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερος αριθμός αλλαγών, γύρω στις 30 αλλαγές του αέρα ανά ώρα, με φυσικά μέσα, αλλά αυτό προϋποθέτει ένα μεγάλο αριθμό ανοιγμάτων προσεκτικά τοποθετημένων στον χώρο.

Ο άνεμος προσπίπτει κάθετα στο κτίριο δημιουργώντας θετική πίεση στην προσήνεμη όψη του κτιρίου. Στην συνέχεια το αρχικό ρεύμα χωρίζεται στα δύο. Η ροή του αέρα κατά μήκος των δύο πλευρών του κτιρίου και στον χώρο πίσω από την υπήνεμη όψη του είναι τυρβώδης και χαρακτηρίζεται αρνητικές πιέσεις. Η αρνητική πίεση στις πλευρές του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από πίεση που ασκείται στην υπήνεμη όψη του

Στο σχήμα φαίνεται ο τύπος ροής του ανέμου και κατανομή των πιέσεων γύρω από ένα κτίριο χωρίς ανοίγματα.

Αν τα παράθυρα είναι στην προσήνεμη και την υπήνεμη όψη, ο αερισμός του κτιρίου θα είναι διαμπερής, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αερισμός του κτιρίου βελτιώνεται στην περίπτωση που υπάρχουν δύο έξοδοι. Η συνολική επιφάνεια των δύο εξόδων θα πρέπει να είναι ίση με την επιφάνεια εισόδου. Στην περίπτωση αυτή ο αερισμός είναι περισσότερο αποτελεσματικός, γιατί γίνεται εκμετάλλευση των ισχυρών αρνητικών πιέσεων στους πλευρικούς τοίχους ενώ ταυτόχρονα αερίζεται ένα μεγαλύτερο μέρος του κτιρίου.

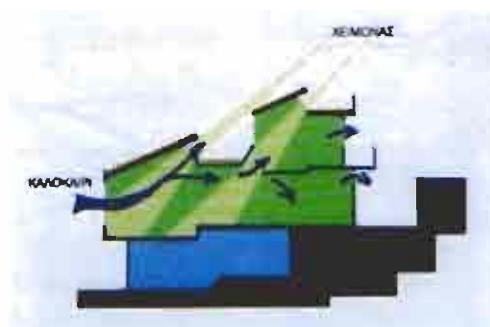
Συνοψίζοντας, οι βασικοί τύποι φυσικού αερισμού στα κτίρια είναι οι εξής:

- **Μονόπλευρος αερισμός** με ανοίγματα στο ίδιο ύψος: όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος ψυχρότερος αέρας εισέρχεται από το χαμηλότερο τμήμα του ανοίγματος ενώ ο θερμός αέρας διαφεύγει μέσω του υψηλότερου τμήματος του ανοίγματος. Η διεύθυνση της ροής αντιστρέφεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη που καθορίζουν τα επίπεδα της ροής του αέρα είναι κυρίως η επιφάνεια των ανοιγμάτων, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό του κτιρίου και στο εξωτερικό περιβάλλον και το κατακόρυφο ύψος των ανοιγμάτων.



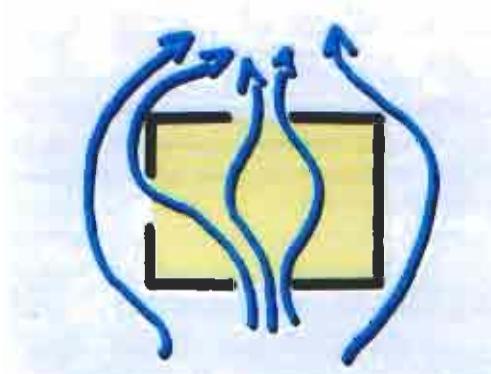
Σχ. 25. Μονόπλευρος αερισμός με ανοίγματα στο ίδιο ύψος

- **Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα:** οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την διαδικασία του φυσικού αερισμού όταν έχουμε δύο ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα είναι η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, η κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στα δύο ανοίγματα και οι επιφάνειες των δύο ανοιγμάτων.



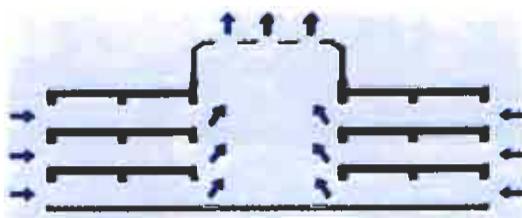
Σχ. 26. Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικός ύψος

- Διαμπερής αερισμός:** η ροή του αέρα εξαρτάται από την διαφορά των πιέσεων στα ανοίγματα. Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν τα επίπεδα ροής του αέρα είναι η εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια των ανοιγμάτων, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον και η σχετική θέση των ανοιγμάτων.

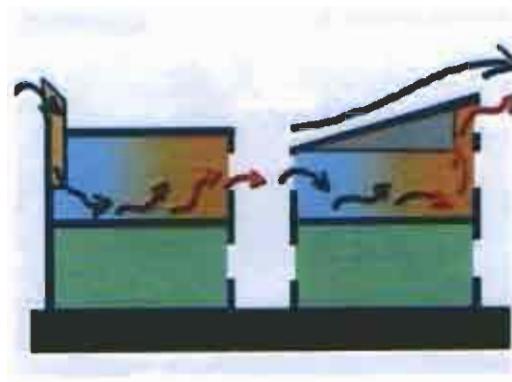


Σχ. 27. Διαμπερής αερισμός

- Φαινόμενο καμινάδας:** Παρατηρείται όταν η μείωση της θερμοκρασίας από το κατώτερο προς τα ανώτερα επίπεδα ενός κτιρίου και το ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον προκαλεί την ανοδική ροή του θερμού αέρα και την έξοδό του από ανοίγματα στην οροφή με ταυτόχρονη εισροή ψυχρότερου αέρα από τα πλευρικά ανοίγματα σε κάθε επίπεδο. Το φαινόμενο της καμινάδας παρατηρείται σε υψηλά κτίρια, και ιδιαίτερα σε θέσεις με κατακόρυφα ανοίγματα όπως οι ανελκυστήρες ή οι σκάλες. Ιδιαίτερα ευνοεί την εμφάνιση του φαινομένου της καμινάδας η παρουσία αίθριου στο κτίριο. Ο φυσικός αερισμός σε ένα κτίριο ενισχύεται με την χρήση περισσότερο πολύπλοκων τεχνικών, όπως ο πύργος ανέμου (wind tower) – σχήμα και η ηλιακή καμινάδα (solar chimney)



Σχ. 28. Φαινόμενο καμινάδας σε αίθριο

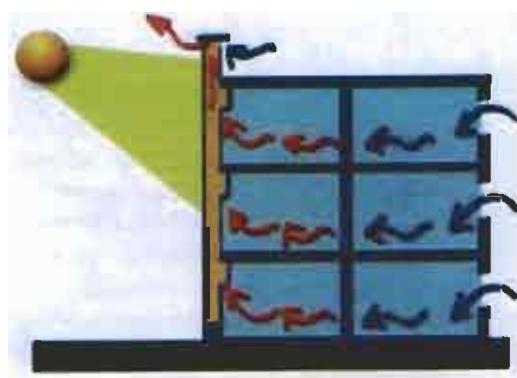


**Σχ. 29.** Πύργος ανέμου. Η κυκλοφορία του αέρα στηρίζεται στην διαφορά πιέσων στην είσοδο και την έξοδο του αέρα. Η χρήση του συνιστώνται όταν δεν είναι δυνατή η κατασκευή ανανεμάτων στην προστήνεμη πλευρά του κτιρίου. Ως πύργος ανέμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πολύ καμπινάδα.

#### 4.3.3.3 Μέθοδοι υπολογισμού του κτιρίου φυσικού αερισμού σε κτίρια

Μια σειρά από απλοποιημένες μέθοδοι που βασίζονται σε πειραματικά δεδομένα έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό του αερισμού κυρίως σε μονοζωνικά κτίρια. Οι περισσότερο αντιπροσωπευτικές από τις μεθόδους αυτές είναι οι ακόλουθες:

- The British Standards Method (British Standard Institution, 1980): Παρέχει εξισώσεις για τον υπολογισμό της διείσδυσης του αέρα και του αερισμού για μονόπλευρο και διαμιπερή αερισμό. Η μέθοδος προϋποθέτει δισδιάστατη ροή διαμέσου του κτιρίου.



**Σχ. 30.** Ήλιακοί καμπινάδα. Το φαινόμενο καμπινάδας ενισχύεται με την θέρμανση του αέρα μέσω στην καμπινάδα που είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την κατασκευή της στην προστήλια πλευρά του κτιρίου

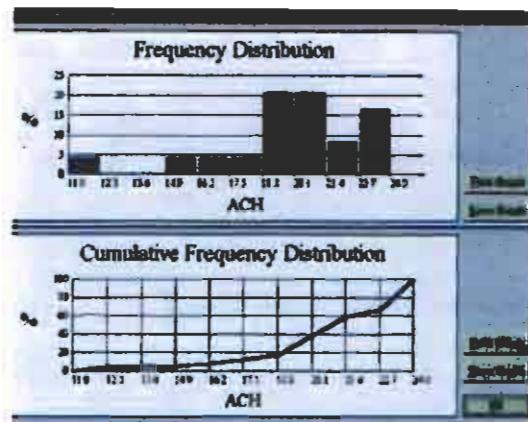
- NORMA – A simplified theoretical model (Santamouris, 1994): Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τον αερισμό σε μονοζωνικά κτίρια (δηλ. κτίρια με έναν μόνο χώρο). Η

NOPMA παρέχει μεθόδους για τον υπολογισμό της ροής του αέρα για μονόπλευρο και διαμπερή αερισμό.

- The Phaff method (IEA, 1992): Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες εξισώσεις για τον υπολογισμό του φυσικού αερισμού αποτυγχάνουν στην πρόβλεψη της ροής του αέρα που παρατηρείται όταν υπάρχει δυνατός άνεμος. Οι ροές του αέρα τότε οφείλονται στα χαρακτηριστικά της τυρβώδους ροής του εισερχόμενου αέρα. Η τυρβώδης ροή του αέρα κατά μήκος ενός ανοίγματος προκαλεί ταυτόχρονα θετικές και αρνητικές διακυμάνσεις στις πιέσεις του εσωτερικού αέρα. Μια εμπειρική έκφραση, η οποία ενσωματώνει την επίδραση της τυρβώδους ροής του αέρα σ' ένα γενικότερο μοντέλο αερισμού, περιλαμβάνεται στο προηγούμενο μοντέλο.

Εκτός από τις απλοποιημένες μεθόδους, έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια υπολογιστικά προγράμματα, τα οποία υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια τα χαρακτηριστικά της ροής του ανέμου διαμέσου των κτιρίων, μονοζωνικών ή πολυζωνικών (δηλαδή με περισσότερους από έναν εσωτερικούς χώρους). Με την βοήθεια των μεθόδων αυτών είναι δυνατή η θεωρητική προσομοίωση του φυσικού αερισμού κτιρίων με έναν ή περισσότερους εσωτερικούς χώρους και με απλό ή πολύπλοκο γεωμετρικό σχεδιασμό, λαμβάνοντας υπόψη τα ακριβή γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και των ανοιγμάτων τους (εσωτερικών και εξωτερικών) καθώς και τα χαρακτηριστικά του ανέμου. Υπάρχουν δύο είδη υπολογιστικών μοντέλων: αυτά τα οποία στηρίζονται στην επίλυση των εξισώσεων Navier – Stokes (Computer Flow Dynamics –CFD models π.χ. PHOENICS) και αυτά τα οποία στηρίζονται στην αρχή της διατήρησης της μάζας και στον υπολογισμό των διαφορών πιέσεως μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα του κτιρίου (Μοντέλα Δικτύου – Network models). Τα πρώτα είναι πιο πολύπλοκα και μπορούν να δώσουν αποτελέσματα για σειρά μεταβλητών (όπως θερμοκρασία και ταχύτητα αέρα, πίεση, ενέργεια, συγκέντρωση ρύπων, κλπ.) αλλά η λειτουργία τους είναι εξαιρετικά σύνθετη και για το λόγο αυτό δεν συνιστάται η χρήση τους σε εφαρμογές μικρού ή μεσαίου μεγέθους. Αντίθετα, τα μοντέλα δικτύου έχουν περιορισμένες δυνατότητες υπολογισμού (δίνοντας στην ουσία μόνο τις ροές του αέρα διαμέσου του κτιρίου) αλλά ο πολύ απλός τρόπος λειτουργίας τους τα κάνει πολύ πιο προσιτά και η χρήση τους συνιστάται για αρχιτεκτονικές ή μηχανολογικές εφαρμογές. Τα πιο γνωστά από αυτά τα υπολογιστικά εργαλεία, είναι τα:

- COMIS (Lawrence Berkley Laboratory, USA)
- AIRNET (USA Department of Commerce)
- BREEZE (BRE, UK)
- AIOLOS (Ομάδα Φυσικής Κτιριακού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών)



**Σχ. 31. Οθόνη αποτελεσμάτων του προγράμματος AIOLOS**

#### 4.3.4 Άλλες τεχνικές φυσικού δροσισμού

Οι τεχνικές φυσικού δροσισμού που εφαρμόζονται στα κτίρια στηρίζονται στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας σε μία ψυχρότερη περιβαλλοντική δεξαμενή πολύ υψηλής θερμοχωρητικότητας. Εκτός από αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω, ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι ακόλουθες κατηγορίες:

- η εξατμιστική ψύξη (δεξαμενή: το νερό )
- η ψύξη μέσω του εδάφους (δεξαμενή : το έδαφος)
- η ψύξη με ακτινοβολία (δεξαμενή: ο ουράνιος θόλος)

##### 4.3.4.1 Εξατμιστική ψύξη

Η εξατμιστική ψύξη είναι μια διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί το φαινόμενο της εξάτμισης για την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου στο περιβάλλον. Η "αισθητή θερμότητα" απορροφάται από τον αέρα για να χρησιμοποιηθεί ως "λανθάνουσα θερμότητα" για την εξάτμιση του νερού. Το ποσό της αισθητής θερμότητας που απορροφάται εξαρτάται από το ποσό της εξατμίζαμε νου νερού. Η εξατμιστική ψύξη είναι μια πολύ παλιά διαδικασία που έχει τις ρίζες της μερικές χιλιάδες χρόνια πριν, στην αρχαία Αίγυπτο και στην Περσία.



Σχ. 32. Ψέκασμός οροφής. Η αροφή βρέχεται με νερό το οποίο εξατμίζεται και απέριτη θερμότητα από το κλινοφέ

Οι σύγχρονοι εξατμιστικοί ψύκτες βασίζουν την λειτουργία τους στην τεχνική των πρώτων διατάξεων που κατασκευάσθηκαν στις αρχές του 1990 στην Αμερική.

Η εξατμιστική ψύξη διαχωρίζεται σε άμεση ή έμμεση και σε παθητική ή υβριδική.

Στους άμεσους εξατμιστικούς ψύκτες, η περιεκτικότητα του ψυχόμενου αέρα σε υδρατμούς ανέρχεται καθώς ο αέρας έρχεται σε επαφή με το εξατμιζόμενο νερό. Επειδή η συνεχής και έντονη εξάτμιση προκαλεί μεγάλη αύξηση της σχετικής υγρασίας του χώρου και διαταράσσει τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου, η άμεση εξατμιστική ψύξη πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές όπου η σχετική υγρασία είναι πολύ χαμηλή.

Στους έμμεσους εξατμιστικούς ψύκτες, η εξάτμιση πραγματοποιείται στο εσωτερικό ενός εναλλάκτη θερμότητας και η περιεκτικότητα του ψυχόμενου αέρα σε υδρατμούς παραμένει αμετάβλητη. Δεν απαιτούνται συστήματα ελέγχου της υγρασίας και έντονος αερισμός. Ωστόσο, επειδή τα συστήματα αυτά έχουν περισσότερο πολύπλοκη τεχνολογία, η αγορά, η συντήρηση και η λειτουργία τους συνεπάγονται υψηλότερο κόστος.

Για τους άμεσους εξατμιστικούς ψύκτες δίδονται

οι ακόλουθες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων, ούτως ώστε η χρήση τους να μην μειώνει την θερμική άνεση:

- Η μέγιστη ταχύτητα του εσωτερικού αέρα πρέπει να είναι περίπου  $1\text{m/sec}$
- Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου να είναι περίπου  $2^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη από την θερμοκρασία στην είσοδο του συστήματος.
- Η σχετική υγρασία πρέπει να είναι μικρότερη από 70%.
- Η τελική θερμοκρασία του εσωτερικού ύχωρου πρέπει να είναι περίπου  $4^{\circ}\text{C}$  χαμηλότερη από την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (μετρημένη με ξηρό θερμόμετρο).

Όταν η εξάτμιση γίνεται με φυσικές διαδικασίες ονομάζεται παθητική εξάτμιση. Ένας χώρος ψύχεται με παθητική εξάτμιση, όταν στον χώρο αυτόν υπάρχουν επιφάνειες στάσιμου ή ρέοντος νερού, όπως τεχνητές λίμνες, δεξαμενές, πισίνες κτλ.. Στα υβριδικά συστήματα εξατμιστικής

ψύξης η εξάτμιση ελέγχεται με μηχανικά μέσα. Είναι προφανές ότι στα υβριδικά συστήματα, η ενεργειακή κατανάλωση δεν είναι μηδενική. Ωστόσο, είναι πολύ μικρή αν συγκριθεί με την κατανάλωση των συμβατικών κλιματιστικών.

Τέλος, άλλες τεχνικές εξατμιστικής ψύξης αποβλέπουν στον δροσισμό όχι του ίδιου του εσωτερικού χώρου, αλλά του κελύφους του κτιρίου με την εξάτμιση νερού πάνω σε αυτό. Το ψυχρότερο κέλυφος συμβάλλει στην απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς τα έξω. Οι κυριότερες από τις τεχνικές αυτές είναι ο ψεκασμός της οροφής - σχήμα 4.3.19 και η κατασκευή δεξαμενής στην οροφή σχήμα 4.3.20. Η κατασκευή δεξαμενής νερού στην οροφή έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι το νερό παίζει ρόλο θερμικής μάζας για την αποθήκευση θερμότητας. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται καλή υγρομόνωση της οροφής ώστε να μην εμφανίζονται προβλήματα υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.



Σχ. 33. Δεξαμενή οροφής. Φαίνεται η λειτουργία της κατά την ημέρα και την νύχτα, τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

Τον χειμώνα αποθηκεύεται θερμότητα την ημέρα και αποδίδεται στο κτίριο την νύχτα ενώ το καλοκαίρι η διαδικασία οίνη αντίστροφη

#### 4.3.4.2 Το έδαφος ως μέσο παθητικού δροσισμού

Η χρήση του εδάφους για τον δροσισμό των εσωτερικών χώρων βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από ένα κτίριο προς το έδαφος το οποίο κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα και άρα λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας.

Η απαγωγή της θερμότητας προς το έδαφος γίνεται με δύο τρόπους: α) με άμεση επαφή ενός σημαντικού μέρους του κτιριακού κελύφους με το έδαφος και β) με την χρήση των εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα.

Δροσισμός με άμεση επαφή ίου κτιρίου με το έδαφος

Η ιδέα του παθητικού δροσισμού ενός κτιρίου με την άμεση επαφή του με το έδαφος βασίζεται στην ροή θερμότητας από το κτίριο προς το έδαφος με την διαδικασία της αγωγής.

Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο, δηλαδή μετάδοση θερμότητας με αγωγή από το έδαφος προς το κτίριο, παρατηρείται στην διάρκεια της:

ψυχρής περιόδου. Η θερμική επικοινωνία του κτιρίου με το έδαφος παρουσιάζει ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά στην συμπεριφορά του κτιρίου. Αυξάνεται η θερμική αδράνεια του κτιρίου, με αποτέλεσμα να είναι πολύ μικρότερες οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που προκαλούνται στο εσωτερικό του κτιρίου από την μεταβολή των θερμοκρασιών του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αυτό συμβάλλει στην διατήρηση χαμηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του κτιρίου την θερινή περίοδο και υψηλότερων κατά την ψυχρή, όπως ήδη εξηγήθηκε.

### **Εναλλάκτες θερμότητας εδάφους - αέρα**

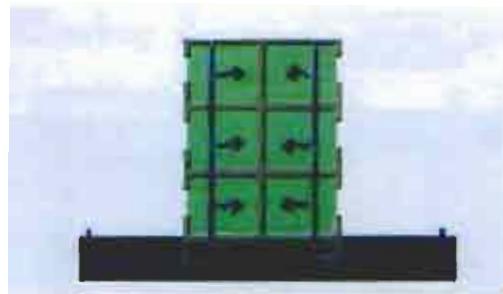
Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα είναι σωλήνες τοποθετημένοι οριζόντια σε ορισμένο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μέσα στους σωλήνες αυτούς κυκλοφορεί αέρας με την βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε σχετικά πρόσφατα, βασίσθηκε όμως σε παρόμοιες εφαρμογές των αρχαίων Ελλήνων και των Περσών.

Ένα σύγχρονο σύστημα εναλλάκτη θερμότητας εδάφους αέρα φαίνεται στο σχήμα 34.

Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα εφαρμόζονται τόσο σε ένα ανοικτό σύστημα κυκλοφορίας όσο και σε κλειστά συστήματα ανακύκλωσης. Το παράδειγμα του σχήματος είναι ένα ανοικτό σύστημα κυκλοφορίας. Σε ένα κλειστό σύστημα τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος του εναλλάκτη βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Οι εναλλάκτες είναι συνήθως πλαστικοί ή μεταλλικοί.

Η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στον εναλλάκτη εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Την θερμοκρασία του εδάφους στο βάθος στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο εναλλάκτης
- Τις διαστάσεις του εναλλάκτη
- Την ταχύτητα του αέρα μέσα στον εναλλάκτη
- Την θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο του εναλλάκτη
- Την θερμική αγωγιμότητα του εναλλάκτη και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους
- Την απόσταση των γειτονικών σωλήνων στην περίπτωση που το σύστημα αποτελείται από περισσότερους από ένα παράλληλους εναλλάκτες.



**Σχ. 34.** Σύστημα εναλλακτόν θερμότητας εδάφους – αέρα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας εξανυγκάζεται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα να εισέλθει στον σωλήνα και μετά στο κτίριο. Στην διάρκεια του κυλοκαριού, η θερμοκρασία του εδάφους σίναι σημαντικά χαμηλότερη από την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα στην έξοδο του εναλλακτή σίναι χαμηλότερη από θερμοκρασία στην είσοδο του. Το αντίθετο ακριβώς φαινόμενο παρατηρείται τον χειμώνα.

#### 4.3.4.3 Δροσισμός με ακτινοβολία

Η αρχή λειτουργία; των συστημάτων δροσισμού με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από ένα σώμα προς ένα άλλο γειτονικό του που έχει μικρότερη θερμοκρασία και παίζει ρόλο δεξαμενής θερμότητας. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κτίριο ενώ η δεξαμενή θερμότητας είναι το διάστημα (ο ουράνιος θόλος), αφού η θερμοκρασία της είναι μικρότερη από τις θερμοκρασίες των περισσοτέρου σωμάτων πάνω στην Γη.

Η ψύξη με ακτινοβολία είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει συνεχώς στην επιφάνεια της γης και είναι ο μοναδικός μηχανισμός που επιτρέπει στον πλανήτη να αποβάλλει το πλεονασμοί της θερμότητας που δέχεται από τον ήλιο έτσι ώστε να διατηρεί την θερμική του ισορροπία.

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι εφαρμογή; των αρχών του δροσισμού με ακτινοβολία στα κτίρια. Η πρώτη μέθοδος ονομάζεται άμεσος ή παθητικός δροσισμός με ακτινοβολία. Το κέλυφος του κτιρίου ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται, αυξάνοντας τις απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου. Η δεύτερη μέθοδος ονομάζεται υβριδική ψύξη με ακτινοβολία. Στην περίπτωση αυτή το σώμα που ακτινοβολεί δεν είναι το κέλυφος του κτιρίου αλλά συνήθως μια μεταλλική πλακά. Η λειτουργία της μεταλλικής πλάκας είναι αντίθετη με εκείνη ενός επιπέδου ηλιακού συλλέκτη. Ο αέρας ψύχεται κυκλοφορώντας κάτω από την μεταλλική πλάκα πριν την είσοδο του στο κτίριο.

Υπάρχουν επίσης ψύκτες ακτινοβολίας που η λειτουργία τους είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων μεθόδων. Τα κυριότερα συστήματα ψύξης με ακτινοβολία περιγράφονται παρακάτω:

## α. Λευκή οροφή

Η απλούστερη τεχνική παθητικής ψύξης με ακτινοβολία είναι το βάψιμο της οροφής του κτιρίου με χρώμα λευκό (μπορεί να είναι μονωτικό χρώμα ή ασβέστης). Η λευκή επιφάνεια δεν επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό της ακτινοβολίας στην διάρκεια της νύχτας αφού το λευκό και το μάυρο χρώμα έχουν περίπου τον ίδιο συντελεστή εκπομπής στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Το πλεονέκτημα όμως μιας λευκής οροφής είναι ότι καθώς αυτή απορροφά μικρότερα ποσά ακτινοβολίας στην διάρκεια της ημέρας, η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή και επομένως ψύχεται ευκολότερα με ακτινοβολία την νύχτα. Η τεχνική αυτή έχει εκτεταμένη εφαρμογή στην παραδοσιακή Ελληνική αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα στα νησιά των Κυκλαδων.

## β. Κινητή μόνωση

Τα συστήματα κινητής μόνωσης εφαρμόζονται στις οροφές των κτιρίων. Αποτελούνται από ένα μονωτικό υλικό, το οποίο μετακινείται ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου (σχήμα 35). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την έκθεση της θερμικής μάζας της οροφής (ή ενός πρόσθετου θερμικά εναίσθητου αποθηκευτικού υλικού τοποθετημένου πάνω στην οροφή) στην διάρκεια της νύχτας. Την ημέρα η θερμική μάζα καλύπτεται με το μονωτικό υλικό έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το μονωτικό στρώμα κινείται με το χέρι ή μηχανικά. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι η λειτουργία τους είναι δυνατόν να αντιστραφεί κατά την ψυχρή περίοδο του έτους: την ημέρα, η μάζα εκτίθεται στον ήλιο και την νύχτα μονώνεται ώστε να ελαττώνονται οι θερμικές απώλειες και για να διοχετεύεται η πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου. Το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι το επιπλέον κόστος, ιδιαίτερα όταν επιλέγονται μηχανικά μέσα για την μετακίνησης της μόνωσης.

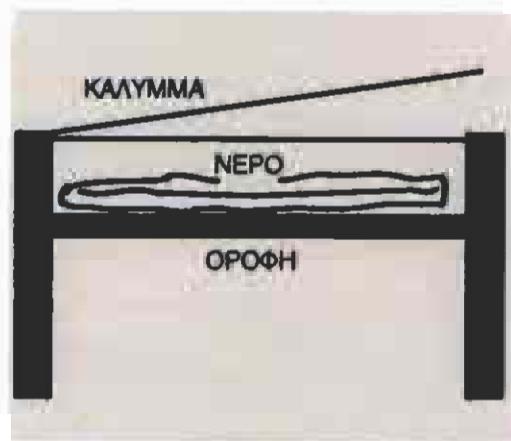


Σχ. 35. Ψύκτική ακτινοβολίας με κινητή μόνωση

## γ. Κινητή θερμική μάζα

Η τεχνική της κινητής θερμικής μάζας αποτελεί μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος, έχει όμως μεγαλύτερο κόστος. Προϋποθέτει την κατασκευή μιας θερμικά μονωμένης δεξαμενής νερού στην οροφή του κτιρίου πάνω από ένα στρώμα μονωτικού υλικού. Κατά την διάρκεια της

νύχτας, η δεξαμενή γεμίζει νερό το οποίο ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται. Το νερό αυτό διοχετεύεται κατά την διάρκεια της ημέρας σε χώρο που έχει δημιουργηθεί μεταξύ της μόνωσης και της οροφής και απάγει ποσά θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου.



Σχ. 36. Σύστημα κλινητής θερμοκύριας μάζας

#### δ. Ο επίπεδος μεταλλικός νυκτερινός ψύκτης ακτινοβολίας

Πρόκειται για μια πολύ απλή τεχνική που μοιάζει περίπου με έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη χωρίς γυαλί. Αποτελείται από έναν οριζόντιο παραλληλόγραμμο αγωγό. Η άνω επιφάνεια του αγωγού είναι μεταλλική και λειτουργεί ως ψύκτης ακτινοβολίας. Η μεταλλική επιφάνεια του αγωγού πρέπει να καλύπτεται από ένα υλικό με υψηλό συντελεστή εκπομπής στο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αντιστοιχεί στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Η απλούστερη λύση του προβλήματος είναι το βάψιμο του ψύκτη με μαύρο χρώμα. Μια σύγκριση μεταξύ των υλικών με μεγάλο συντελεστή εκπομπής στην φασματική περιοχή των 8-14 μμ στην οποία η ατμόσφαιρα είναι 'διαφανής', δηλ. επιτρέπει την διαφυγή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας προς το διάστημα, έδειξε ότι τα οξειδια του τιτανίου, αλουμινίου, ασβεστίου και ψευδαργύρου είναι τα καταλληλότερα για την επικάλυψη των ψυκτών ακτινοβολίας γιατί διαθέτουν και μεγάλη ανακλαστικότητα στην ηλιακή περιοχή του φάσματος.

Ο επίπεδος ψύκτης ακτινοβολίας λειτουργεί ως εξής: Ο ψύκτης ψύχεται κατά την διάρκεια της νύκτας καθώς εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο. Ο αέρας, ο οποίος κυκλοφορεί κάτω από τον ψύκτη, ψύχεται με την βοήθεια μηχανικών μέσων και στην συνέχεια διοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Το σύστημα είναι δυνατόν να συνδεθεί με το συμβατικό κλιματιστικό σύστημα του κτιρίου.

Ορισμένοι ψύκτες ακτινοβολίας καλύπτονται με μια επιφάνεια ανεμοπροσιασίας. Ο ρόλος της επιφάνειας αυτής είναι ο ακόλουθος: Όταν αρχίζει η λειτουργία ενός ψύκτη ακτινοβολίας, η

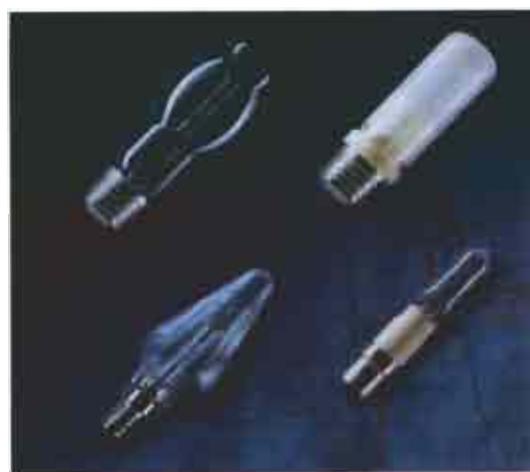
θερμοκρασία του είναι υψηλότερη ή ίση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση αυτή ο ψύκτης χάνει θερμότητα όχι μόνο με ακτινοβολία, αλλά επίσης με μεταφορά. Μετά από ένα χρονικό διάστημα, η θερμοκρασία του ψύκτη γίνεται χαμηλότερη από εκείνη τον περιβάλλοντος. Από την στιγμή αυτή, η μετάδοση θερμότητας με μεταφορά αρχίζει να εμποδίζει τη λειτουργία του ψύκτη. Τότε η χρήση ανεμοπροστασίας συντελεί στην ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών λόγω μεταφοράς και στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος.

Οι επιφάνειες ανεμοπροστασίας, οι οποίες πρέπει να είναι διαφανείς στην θερμική ακτινοβολία, αποτελούνται συνήθως από λεπτά φύλλα πολυαιθυλενίου (60-100μm). Αυτό είναι ένα ευρύτατα διαθέσιμο υλικό, σχετικά χαμηλού κόστους, και έχει υψηλή διαπερατότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (περίπου 70%).

#### 4.4 Τεχνητός φωτισμός στα κτίρια

##### 4.4.1 Φωτεινές πηγές

Οι τεχνητές πηγές φωτός κατατάσσονται σε δύο κυρίες κατηγορίες: τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και τους λαμπτήρες φλορισμού. Αν και η αιτία της εκπομπής φωτός είναι η ίδια (δηλ. η μεταπήδηση διεγεριμένων ηλεκτρονίων από κατάσταση υψηλότερης σε κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας), τα φαινόμενα που προκαλούν την διέγρηση είναι διαφορετικά. Ως εκ τούτου, διαφέρει η φασματική κατανομή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και τα δύο είδη φωτεινών πηγών έχουν διαφορετικές οπτικές και λειτουργικές ιδιότητες.



Σχ. 37. Λαμπτήρες πυρακτώσεως αλογάνου

#### 4.4.1.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Το φως παράγεται από την πυράκτωση ενός μεταλλικού νήματος στο εσωτερικό του λαμπτήρα που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η θέρμανση του νήματος σε θερμοκρασία που υπερβαίνει τους  $600^{\circ}\text{C}$  οφείλεται στην μεγάλη του ηλεκτρική αντίσταση.

Η ολική απόδοση ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως (οπτική απόδοση σε σχέση με κόστος λειτουργίας) εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τμημάτων του, τα οποία είναι:

- το νήμα
- ο λαμπτήρας
- η βάση
- το αέριο πληρώσεως (αργό σε συνήθεις λαμπτήρες, κρυπτό σε λαμπτήρες υψηλής φωτεινότητας ή λαμπτήρες αλογόνου με υψηλή απόδοση )

Τα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων πυρακτώσεως που χρησιμοποιούνται στα κτίρια εξαρτώνται από τον τύπο του λαμπτήρα και την χρήση του. Οι τιμές (για λαμπτήρες αργού και κρυπτού) κυμαίνονται ως εξής:

- Διάρκεια ζωής : έως 1000 ώρες
- Θερμοκρασία χρώματος: 1800 K με 2800 K
- Απόδοση: 10 Lumen/W ως 13 Lumen/W

Οι αντίστοιχες μέσες τιμές των χαρακτηριστικών λειτουργίας για τους λαμπτήρες αλογόνου, είναι:

- Διάρκεια ζωής : 2000 με 4000 ώρες
- Θερμοκρασία χρώματος : 1800 K με 2800 K
- Απόδοση : 15 Lumen/W ως 24 Lumen/W



Σχ. 38. Λαμπτήρες πυρακτώσεως νήματος

#### 4.4.1.2 Λαμπτήρες φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι φωτεινές πηγές η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην διέγερση ενός φθοριούχου υλικού από την υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ δύο ηλεκτροδίων σε ατμόσφαιρα ατμών υδραργύρου.

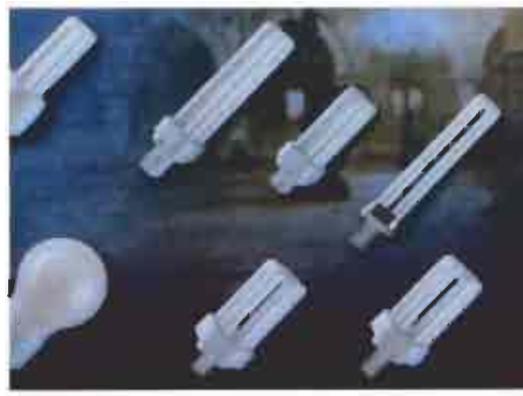
Στους ατμούς υδραργύρου προστίθεται ένα μείγμα αδρανών αερίων χαμηλής πιέσεως για να βοηθηθεί η έναρξη της ηλεκτρικής εκκενώσεως.

Υπάρχουν λαμπτήρες με:

- αργό
- αργό - κρυπτό (σε λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας)
- αργό - νέον ή αργό - νέον - ξένο

Το χρώμα που παράγεται από έναν λαμπτήρα φθορισμού εξαρτάται από τις φθορίζουσες χημικές ενώσεις που επικαλύπτουν το εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα. Διαφορετικές επικαλύψεις παράγουν διαφορετικά χρώματα και διαφορετική φασματική κατανομή της ενέργειας.

Όπως οι περισσότεροι λαμπτήρες εκκενώσεως, οι λαμπτήρες φθορισμού συνδέονται εν σειρά με ένα βοηθητικό στοιχείο, το οποίο ονομάζεται στραγγαλιστικό πηνίο και το οποίο περιορίζει το ηλεκτρικό ρεύμα στην τιμή για την οποία είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί κάθε λαμπτήρας. Το στοιχείο αυτό παρέχει επίσης την απαιτούμενη τάση για την εκκίνηση και την λειτουργία του λαμπτήρα.



Σχ. 39. Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού

Οι τιμές των χαρακτηριστικών λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού είναι:

- Διάρκεια ζωής : 8000 με 10000 ώρες
- Θερμοκρασία χρώματος : 4000 K με 6500 K
- Απόδοση : 40 Lumen/W ως 100 Lumen/W

Οι λαμπτήρες φθορισμού πλεονεκτούν σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως γιατί έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής και καλύτερη απόδοση αλλά υστερούν στην ποιότητα του χρώματος που εκπέμπουν, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές γραφείου αλλά όχι σε κατοικίες (εκτός από χώρους όπως το λουτρό ή η κουζίνα).

Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορούν στην αγορά λαμπτήρες φθορισμού νέου τύπου (συμπαγείς) με μικρό μέγεθος, ικανοί να αντικαταστήσουν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Οι λαμπτήρες αυτοί προσφέρουν σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για τα ίδια επίπεδα φωτισμού και μεγαλύτερο χρόνο ζωής.

Μολονότι συνεπώς το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό, η επένδυση αποσβένεται σχετικά γρήγορα και πάντως γρηγορότερα από τον μέσο χρόνο ζωής τους. Εντούτοις, η χρήση των λαμπτήρων αυτού του τύπου παρουσιάζει μια σειρά μειονεκτήματα που έχουν εμποδίσει την εξάπλωση τους στις οικιακές χρήσεις.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Ακατάλληλη ποιότητα χρώματος για κατοικίες
- Υψηλό κόστος αγοράς
- Ασυμβατότητα με τα περισσότερα φωτιστικά
- Κακή αισθητική
- Δημιουργία θάμβωσης

Η βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους στα προσεχή χρόνια αναμένεται να βοηθήσει την διάδοση της χρήσης τους στα κτίρια κατοικιών.



**Σχ. 40.** Λαμπτήρες φθορισμού (γραμμικοί)

#### 4.4.1.3 Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής πιέσεως

Οι λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής πιέσεως ανήκουν στην κατηγορία των λαμπτήρων που είναι κοινώς γνωστοί ως λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, αλογονούχων μετάλλων και νατρίου υψηλής πιέσεως. Το στοιχείο παραγωγής φωτός είναι ένα ηλεκτρικό τόξο που περιέχεται σε ένα ειδικό κέλυφος.

Οι λαμπτήρες εκκενώσεως παρουσιάζουν γενικά τα εξής χαρακτηριστικά:

- Καλύτερη απόδοση χρωμάτων από τους λαμπτήρες φθορισμού
- Καλύτερη απόδοση φωτεινότητας από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως

Η χρήση τους επεκτείνεται τα τελευταία χρόνια σε όλο και περισσότερες εφαρμογές, θεωρούνται κατάλληλοι για το φωτισμό αποθηκών, εκθέσεων και γενικά μεγάλων χώρων.



Σχ. 41. Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής πιέσεως

#### 4.4.2 Φωτιστικά συστήματα

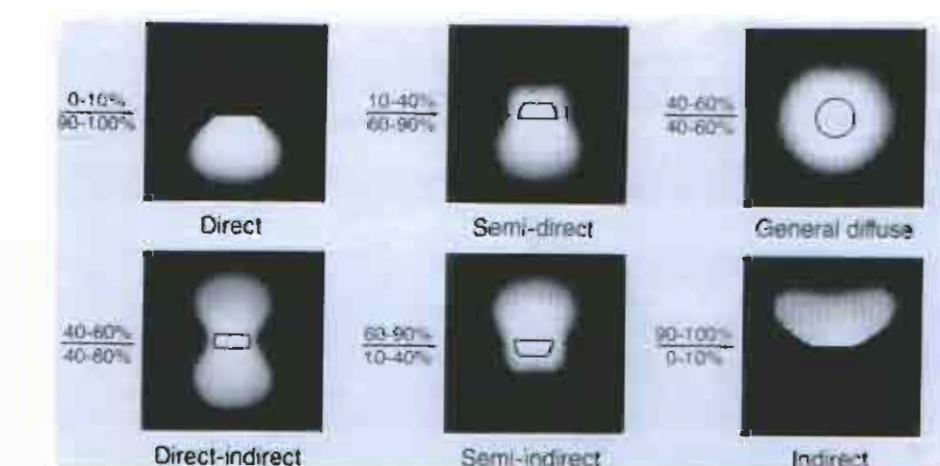
Το φωτιστικό σύστημα είναι μια πλήρης φωτιστική μονάδα που αποτελείται από μία ή περισσότερες φωτεινές πήγες, καθώς και διατάξεις για την σύνδεση τους, την προστασία τους και την καλύτερη διανομή του φωτός. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε χώρους γραφείων ή γενικότερα σε χώρους εργασίας.

Τα φωτιστικά συστήματα ταξινομούνται ανάλογα με την τοποθέτηση τους στους φωτιζόμενους χώρους:

- Γενικός φωτισμός: παρέχει μία σχετικά ομοιογενή κατανομή της φωτεινότητας στο χώρο εργασίας. Τα συστήματα γενικού φωτισμού είναι πολύ απλά στην τοποθέτηση τους και δεν σχετίζονται με την θέση του εξοπλισμού ή της επίπλωσης στους

εσωτερικούς χώρους. Εντούτοις, ο διαχωρισμός ενός ενιαίου εσωτερικού χώρου σε επιμέρους τμήματα (π.χ. διαχωριστικά γραφείων) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό του συστήματος γενικού φωτισμού ενός χώρου.

- Κατά τόπους γενικός φωτισμός: εδώ η τοποθέτηση των φωτιστικών συσχετίζεται με την διάταξη των θέσεων εργασίας, των χρήσεων του χώρου και τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού.
- Τοπικός φωτισμός: το σύστημα αυτό παρέχει φωτισμό σε μικρές περιοχές γύρω από τους χώρους εργασίας. Χρησιμοποιείται, συχνά σε συνδυασμό με τον γενικό φωτισμό ως βοηθητικό σύστημα.
- Φωτισμός εργασίας: αποτελείται από συστήματα φωτισμού για τοπικές εργασίες τα οποία είναι συχνά ενσωματωμένα στα έπιπλα.



Σχ. 42. Σχήμα των διαφόρων τύπων φωτισμού ανάλογα με την κατανομή του φωτός στο χώρο.

### Ταξινόμηση κατά την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE)

- Άμεσος φωτισμός: στο σύστημα αυτό το 90-100% του φωτός κατευθύνεται από την οροφή προς τα κάτω. Η διανομή του φωτός στο χώρο πωκίλει από ευρεία δέσμη φωτός μέχρι τη δέσμη υψηλής συγκέντρωσης. Η άμεση θάμβωση θα πρέπει να εμποδίζεται με την χρήση συστημάτων ελέγχου λαμπρότητας.
- Ημι-άμεσος φωτισμός: η διανομή του φωτός γίνεται κατά κύριο λόγο (60-90%) προς τα κάτω. Ένα μικρό ποσό του φωτός διαχέεται: προς τους τοίχους και την οροφή. Τα συστήματα αυτά συντελούν στην καλύτερη κατανομή του φωτός και έχουν υψηλότερη απόδοση από τα συστήματα άμεσου φωτισμού.

- Γενικός διάχυτος φωτισμός: το φως εκπέμπεται προς τα πάνω και προς τα κάτω σε περίπου ίδιες ποσότητες. Έχουν καλή απόδοση σε χώρους με μεγάλη ανακλαστικότητα ενώ βοηθούν στην άμβλυνση των σκιών. Αν τοποθετηθούν (όπως γίνεται συνήθως) κοντά στην οροφή, η κατανομή αλλάζει καθώς η οροφή λειτουργεί ως ανακλαστήρας.
- Ημι-έμμεσος φωτισμός: 60-90% του φωτός κατευθύνεται προς τα πάνω. Η συνιστώσα που κατευθύνεται προς τα κάτω πρέπει να ελεγχθεί για τυχόν θάμβωση.
- Έμμεσος φωτισμός: Η ροή προς τα πάνω είναι ίση με το 90-100% της εκπομπής του φωτός. Η οροφή, αν έχει μεγάλη ανακλαστικότητα, γίνεται μία ομοιογενής πηγή φωτισμού. Η απόδοση τους είναι βέβαια χαμηλότερη από τα άλλα συστήματα.

#### 4.4.3 Συστήματα ελέγχου του φωτισμού

Η διαμόρφωση μίας στρατηγικής στο σχεδιασμό του συστήματος τεχνητού φωτισμού, με κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας, εξαρτάται από την επιλογή των τεχνικών ελέγχου. Οι βασικές επιλογές είναι τρεις:

- Χρήση διακοπτών δύο θέσεων ή ροοστατικών διακοπτών.
- Τοπικός ή κεντρικός έλεγχος.
- Υψηλός ή χαμηλός βαθμός αυτοματισμού.

Αναλυτικά:

- Χρήση διακοπτών δύο θέσεων (on - off ) ή ροοστατικών διακοπτών (dimmers): Οι διακόπτες δύο θέσεων είναι χειροκίνητοι ή αυτόματοι. Η χρήση ροοστατικών διακοπτών επιτρέπει την συνεχή αυξομείωση των επιπέδων φωτισμού, κάτι που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για την χρήση του συστήματος τεχνητού φωτισμού σε συνδυασμό με τον φυσικό φωτισμό.
- Τοπικός ή κεντρικός έλεγχος: Τα τοπικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου αποτελούνται από συστήματα αισθητήρων και ελεγκτών, τοποθετημένων σε ανεξάρτητες ζώνες και λειτουργούν βάσει των συνθηκών που επικρατούν στους χώρους αυτούς (αριθμός ατόμων, επίπεδα φυσικού φωτισμού, κλπ.). Τα κεντρικά συστήματα αποτελούνται από συνδυασμούς τοπικών συστημάτων και συχνά είναι ενσωματωμένα στα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης των κτιρίων (BEMS), ώστε να ελέγχουν τον φωτισμό σε συνάρτηση με τις άλλες λειτουργίες του κτιρίου (θέρμανση, δροσισμός, αερισμός, κλπ.).
- Βαθμός αυτοματισμού: Τα συστήματα ελέγχου είναι δυνατό να ποικίλουν από χειροκίνητα μέχρι πολύ υψηλού βαθμού αυτοματισμού. Τα αυτοματοποιημένα

συστήματα έχουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να προσφέρουν την δυνατότητα χειροκίνητου ελέγχου της λειτουργίας των φωτιστικών, όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο, ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να παρεμβαίνει για τη βελτίωση της οπτικής άνεσης με ad hoc κριτήρια.

#### **Συσκευές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου:**

- **Χρονοδιακόπτες:** Επιτρέπουν την έναρξη ή την διακοπή λειτουργίας των συστημάτων φωτισμού ανάλογα με προαποφασισμένα ωράρια λειτουργίας. Τα συστήματα αυτά έχουν δυνατότητες προηγμένου προγραμματισμού, όπως ημερήσια ή εβδομαδιαία προγράμματα, εποχιακή ρύθμιση, μεταβλητά χρονικά βήματα κλπ
- **Αισθητήρες:** τροφοδοτούν τα συστήματα ελέγχου με δεδομένα μεταβλητών και παραμέτρων των οποίων οι τιμές καθορίζουν την λειτουργία των συστημάτων φωτισμού. Οι κυριότεροι τύποι είναι αυτοί που ανιχνεύουν την παρουσία ατόμων σε έναν χώρο (αισθητήρες παρουσίας) ή τα επίπεδα φυσικού φωτισμού (φωτο αισθητήρες)
- **Ροοστατικοί διακόπτες:** Η συνεχής ρύθμιση των λαμπτήρων φθορισμού είναι εύκολο να επιτευχθεί με την χρήση των απλών ή ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών πηνίων. Η αντίστοιχη ρύθμιση για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως απαιτεί την χρήση εξειδικευμένων συστημάτων υψηλού κόστους. Σε κάθε περίπτωση η συνεχής ρύθμιση επηρεάζει την θερμοκρασία χρώματος του φωτός, την απόδοση και την διάρκεια ζωής του λαμπτήρα.

#### **4.4.4 Εξοικονόμηση ενέργειας ως συνδυασμός του φυσικού φωτισμού με το σύστημα τεχνητού φωτισμού**

Η σημερινή τεχνολογία προσφέρει δυνατότητες για την ρύθμιση της στάθμης τεχνητού φωτισμού ανάλογα με τον διαθέσιμο φυσικό φως. Ιδίως σε κτίρια με διαφανείς προσόψεις, η εγκατάσταση ενός συστήματος για την αυτόματη ρύθμιση του τεχνητού φωτισμού είναι επιβεβλημένη.

Ο συνδυασμός του φυσικού φωτισμού με το σύστημα ηλεκτροφωτισμού προαπαιτεί την επιλογή:

- του συστήματος ελέγχου
- της διάταξης των φωτιστικών
- κατάλληλης φωτεινής πηγής (χρώμα, απόδοση)
- του κατάλληλου στραγγαλιστικού πηνίου

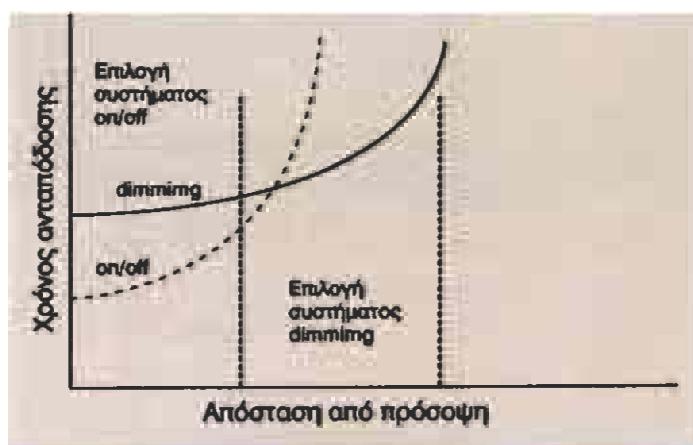
Οι κυριότερες στρατηγικές για την ρύθμιση της φωτεινής ροής του συστήματος ηλεκτροφωτισμού είναι οι εξής:

- επιλογή του συστήματος ελέγχου
- ρύθμιση σε σχέση με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού
- ρύθμιση με βάση κάποια προαποφασισμένη στρατηγική, π.χ. μετά από ορισμένη ώρα το σύστημα ηλεκτροφωτισμού να απενεργοποιείται
- ρύθμιση με σκοπό την σταθερή παροχή φωτεινής ροής από το σύστημα ηλεκτροφωτισμού.

Όταν η φωτεινή ροή ρυθμίζεται σε σχέση με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού, χρησιμοποιούνται κυρίως δύο στρατηγικές:

- Διακόπτης δύο θέσεων

Με την στρατηγική αυτή, το σύστημα ηλεκτροφωτισμού σβήνει όταν τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού υπερβούν κάποια προαποφασισμένη τιμή (π.χ. 500 lux). Φυσικά το σύστημα επαναλειτουργεί όταν τα επίπεδα φυσικού φωτισμού μειωθούν περισσότερο από μια άλλη, επίσης προαποφασισμένη τιμή. Οι δύο αυτές τιμές είναι διαφορετικές προκειμένου να αποφεύγεται το πολύ συχνό άναμμα και σβήσιμο των φώτων. Η ύπαρξη νεφών στον ουρανό προκαλεί, όπως είναι φυσικό, σημαντική αλλαγή στα επίπεδα φωτισμού στο εσωτερικό κτιρίων. Για τον λόγο αυτό, τα συστήματα δύο θέσεων προκαλούν ενυχλητικές αυξομειώσεις των επιπέδων φωτισμού.



Σχ. 43. Χρόνος ανταπόδοσης συστημάτων δύο θέσεων και συνεχούς ρύθμισης

- **Αυτόματη συνεχής ρύθμιση**

Η υιοθέτηση του συστήματος αυτού προϋποθέτει και την χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών πληνίων (σύστημα με λαμπτήρες φθορισμού), με την χρήση των οποίων επιτυγχάνεται μείωση της φωτεινής ροής μέχρι και σε επίπεδα έως και 1% της αρχικής τιμής.

Στις ζώνες που βρίσκονται κοντά στις προσόψεις του κτιρίου η επιλογή συστήματος δύο θέσεων είναι οικονομικά συμφέρουσα (μικρός χρόνος απόσβεσης), ενώ για ζώνες που βρίσκονται κάπως μακρύτερα, το σύστημα συνεχούς ρύθμισης είναι περισσότερο οικονομικό.

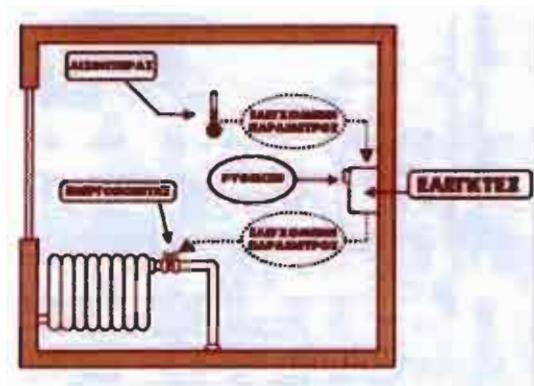
Εξαιρετική σπουδαιότητα για την όσο το δυνατό μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας έχει η σωστή τοποθέτηση του αισθητήρων φωτισμού. Η τοποθέτηση τους κοντά στις προσόψεις δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα από πλευράς εξοικονόμησης, αλλά προκαλεί σοβαρά προβλήματα υποφωτισμού στο βάθος των χώρων. Αντίθετα, η τοποθέτηση των αισθητήρων στο βάθος των χώρων προκαλεί την σχεδόν συνεχή λειτουργία του συστήματος ηλεκτροφωτισμού.

Επιγραμματικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι χρήστες τείνουν να απενεργοποιούν κάθε σύστημα το οποίο δεν λειτουργεί ικανοποιητικά. Συνεπώς κατά την διάρκεια του σχεδιασμού θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες επεμβαίνουν στο σύστημα ρύθμισης προσαρμόζοντας το στις ανάγκες τους.



**Σχ. 44. Αριστερά: τοπική ρύθμιση φωτισμού με αυτόματο ρεοστάτη σε χώρο γραφείου  
Δεξιά: ηλεκτρονική ρύθμιση τεχνητού φωτισμού σε σχέση με το εξωτερικό φως σε εργοστασιακό χώρο**

## 4.5 Τεχνικές αυτοματισμού κτιρίων



**Σχ. 45.** Βασικά στοιχεία ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης στο εσωτερικό ενός κτιρίου ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας, είναι η αυτοματοποίηση των λειτουργικών συστημάτων του κτιρίου (κλιματισμού, αερισμού, φωτισμού).

Τα συστήματα αυτοματισμού έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν και να ρυθμίζουν ταυτόχρονα ένα σύνολο παραμέτρων (εσωτερική θερμοκρασία, υγρασία, ποιότητα αέρα, ταχύτητα αέρα, επίπεδα φωτισμού, θάμβωση, κλπ.). Όμως, η ταυτόχρονη ρύθμιση των παραμέτρων αυτών είναι συνήγορη αντιφατική, (π.χ. το άνοιγμα των σκιάστρων για την αύξηση του φωτισμού δημιουργεί υπερθέρμανση το καλοκαίρι, η αύξηση του αερισμού για την βελτίωση της ποιότητας του αέρα οδηγεί σε απώλειες θερμότητας, κλπ.). Οι τεχνικές του αυτοματισμού επιτρέπουν να ξεπερασθούν αυτές οι αντιφάσεις και να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία των ενεργητικών και των παθητικών συστημάτων ενός κτιρίου.

Ειδικά στα βιοκλιματικά κτίρια, τα οποία πολλές φορές είναι εξοπλισμένα και με συμβατικά ή υβριδικά συστήματα, η χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου είναι όχι απλώς επιθυμητή αλλά πολλές φορές επιβεβλημένη. Για παράδειγμα, σε ένα κτίριο στο οποίο είναι εγκατεστημένο ταυτόχρονα ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού και ένα σύστημα εναλλακτών αέρος-εδάφους, το δεύτερο σύστημα έχει πολύ χαμηλότερο κόστος λειτουργίας από το πρώτο και γι' αυτό το σύστημα ελέγχου θα πρέπει πρώτα να θέτει σε λειτουργία το υβριδικό σύστημα και στην συνέχεια (και μόνο αν χρειάζεται) να θέτει σε λειτουργία το συμβατικό σύστημα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τεχνικών ελέγχου που εφαρμόζονται στα κτίρια. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος εξαρτάται κυρίως από το είδος των εγκαταστάσεων τις οποίες θα ελέγχει. Ένα

τυπικό σύστημα ελέγχου, ανεξάρτητα από την τεχνική που χρησιμοποιεί για την λειτουργία του, αποτελείται από τα εξής στοιχεία (σχήμα 45):

- Αισθητήρες: μετρούν την τιμή των παραμέτρων ελέγχου (θερμοκρασία, επίπεδα φωτισμού, συγκεντρώσεις ρύπων, κλπ.)
- Ενεργοποιητές: τα στοιχεία αυτά εκτελούν την αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων με τα οποία είναι συνδεδεμένο το σύστημα ελέγχου
- Ελεγκτές: είναι τα κύρια στοιχεία του συστήματος ελέγχου το οποίο καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας και συντονισμού των διάφορων ενεργειακών συστημάτων. ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου.

Αν και οι ελεγκτές είναι τα κύρια μέρη του συστήματος, η επιλογή των αισθητήρων και των ενεργοποιητών θα πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε το σύστημα να έχει την βέλτιστη απόδοση. Οι κλασσικές τεχνικές στις οποίες βασίζεται η λειτουργία των συστημάτων ελέγχου είναι:

- Ο έλεγχος δύο θέσεων (On – Off control)
- Ο έλεγχος P (Proportional)
- Ο έλεγχος PI (Proportional - Integral)
- Ο έλεγχος PID (Proportional – Integral - Differential)
- Ο έλεγχος χρονικού προγραμματισμού (Time Programming)
- Ο έλεγχος με την βοήθεια λογικών συστήματος (Logic Control)
- Ο έλεγχος με την βοήθεια Optimiser

Οι παραπάνω τεχνικές έχουν ήδη εφαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις αυτοματισμών κτιρίων, στο εξωτερικό και στην Ελλάδα. Η μελλοντική εξέλιξη των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στηρίζεται στην χρήση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, που θα επιτρέπουν την προσομοίωση των συνθηκών που επικρατούν σε ένα κτίριο και την αυτόματη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ενεργειακών και λοιπών συστημάτων δίνοντας προτεραιότητα στις παθητικές και λιγότερο ενεργοβόρες διατάξεις. Οι πιο σημαντικές από τις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, μερικές από τις οποίες ήδη χρησιμοποιούνται σε συστήματα ελέγχου που κυκλοφορούν στην αγορά, είναι:

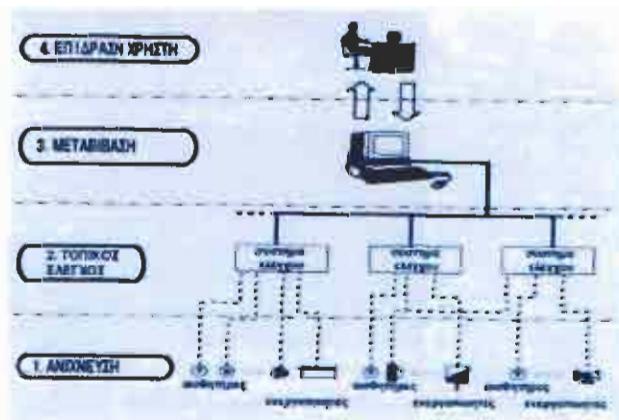
- τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα
- τα συστήματα ασαφούς λογικής (fuzzy logic)
- τα έμπειρα συστήματα

#### 4.5.1 Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS)

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων αποβλέπουν στην βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, δροσισμού, φωτισμού και αερισμού. Είναι ολοκληρωμένα συστήματα που αποτελούνται από αριθμό αισθητήρων, ενεργοποιητών, ελεγκτών και υπολογιστικών διατάξεων που ρυθμίζουν τη λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων με βάση τις επιθυμητές τιμές των παραμέτρων που διαμορφώνουν το εσωτερικό κλίμα των κτιρίων. Με τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων επιτυγχάνεται:

- Η παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Ο έλεγχος κόστους
- Η παρακολούθηση της λειτουργίας και της ασφάλειας των κτιρίων
- Σύγκριση με αντίστοιχο κτίριο αναφορά, αν είναι επιθυμητό

Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος αποτελείται από τέσσερα στάδια (σχήμα 46):



Σχ. 46. Αρχιτεκτονική ενός συστήματος BEMS

- Ανίχνευση ή μέτρηση
- Έλεγχος
- Επίβλεψη
- Παρεμβολή του χρήστη

Στο πρώτο στάδιο ανιχνεύονται ή μετρώνται με την βοήθεια αισθητήρων οι παράμετροι που καθορίζουν ή επηρεάζουν τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων, όπως π.χ. η θερμοκρασία, η υγρασία αλλά και η παροχή αέρα από το σύστημα κλιματισμού. Στο στάδιο του ελέγχου, γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές και ρυθμιστικές ενέργειες, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων που ανιχνεύονται ή μετρώνται και την στρατηγική ελέγχου που έχει επιλεγεί. Στο στάδιο της επίβλεψης, καταγράφονται οι εφαρμοζόμενες στρατηγικές ελέγχου και οι αποδόσεις τους ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση και η βελτιστοποίηση τους. Τέλος, στο

στάδιο της παρεμβολής, ο χρήστης παρεμβαίνει και βελτιώνει την στρατηγική ελέγχου. Συστήματα BEMS εγκαθίστανται όλο και περισσότερο στα κτίρια, ενώ μετρήσεις και θεωρητικές μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση αυτών των συστημάτων μπορεί να οδηγήσει αφενός σε εξοικονόμηση ενέργειας που να υπερβαίνει το 20% και αφετέρου σε σημαντική βελτίωση των συνθηκών του εσωτερικού περιβάλλοντος. Ορισμένα από τα συστήματα BEMS επιτρέπουν και τον εξ' αποστάσεως έλεγχο.



Σχ. 47.

#### 4.6 Ενεργειακή αξιολόγηση των παρεμβάσεων στα κτίρια

##### 4.6.1 Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια στην Ελλάδα

Στις χώρες της Ε.Ε, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται για την θέρμανση, τον δροσισμό, τον φωτισμό, το μαγείρεμα και τις λοιπές ηλεκτρικές χρήσεις στα κτίρια.

Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων προϋποθέτει σαφή γνώση των χαρακτηριστικών στοιχείων της λειτουργίας των διαφόρων τύπων κτιρίων. Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί δίνεται συνοπτικά η ολική αλλά και η μερική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, όπως καταγράφηκε στην διάρκεια εκτεταμένης έρευνας σε 1100 περίπου κτίρια σε όλη την Ελλάδα από την Ομάδα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τύπος κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμιανση	Φωτισμός	Ηλεκτρικές συσκευές	Σύνολο
	(kWh/m <sup>2</sup> )				
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Πίνακας 2. Ολοκή και επιμέρους ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα

Στα πλαίσια της ίδιας έρευνας μελετήθηκαν οι δυνατότητες για εξοικονόμηση ενέργειας σε τρεις επιμέρους ενεργειακές χρήσεις και συγκεκριμένα την θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σενάρια που μελετήθηκαν και τα αποτελέσματα που ελήφθησαν.

#### 4.6.1.1 Εξοικονόμηση ενέργειας για τον δροσισμό κτιρίων

Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για το δροσισμό των κτιρίων επιτυγχάνεται με την χρήση τριών δεσμών μέτρων:

- Βελτιοποίηση του κτιριακού κελύφους.
- Αύξηση της απόδοσης των συμβατικών κλιματιστικών συσκευών, όπου αυτές λειτουργούν.
- Χρήση εναλλακτικών τεχνικών και συστημάτων για τον δροσισμό των κτιρίων.

Υπολογίστηκε ότι η βελτίωση της ηλιοπροστασίας ενός κτιρίου εξασφαλίζει κατά μέσο όρο μείωση του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου κατά 30%. Επίσης, οι ανεμιστήρες οροφής εξασφαλίζουν θερμική άνεση σε θερμοκρασίες ως και 29°C και επιτρέπουν εξοικονόμηση ενέργειας έως και 70%. Αντίθετα, η πρόσθετη θερμομόνωση των κτιρίων συμβάλλει στη μείωση του ψυκτικού φορτίου μόνο στα κτίρια όπου η επιφάνεια του κελύφους είναι σημαντική σε σχέση με τον εσωτερικό χώρο (cell dominated buildings) ή στα κτίρια με μικρή θερμική μάζα.

Η χρήση νυχτερινού αερισμού είναι ικανή να μειώσει την μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων κατά 1 έως 2°C και το ψυκτικό φορτίο από 40 έως 80%, ανάλογα με το είδος του κτιρίου. Η εξοικονόμηση ενέργειας για όλους τους τύπους κτιρίων, στις περιπτώσεις όπου η

τεχνική του νυχτερινού αερισμού χρησιμοποιείται μόνη ή σε συνδυασμό με ανεμιστήρες οροφής, δίνεται στον Πίνακα 3.

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση νυχτερινού αερισμού	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση νυχτερινού αερισμού και ανεμιστήρων οροφής
Γραφεία	80	94
Εμπορικά	45	95
Σχολεία	50	95
Νοσοκομεία	68	80
Ξενοδοχεία	56	72

**Πίνακας 3. Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας σε διάφορους τύπους κτιρίων όταν χρησιμοποιείται νυχτερινός αερισμός και συνδυασμός νυχτερινού αερισμού και ανεμιστήρων οροφής**

#### 4.6.1.2 Εξοικονόμηση ενέργειας για την θέρμανση κτιρίων

Εξοικονόμηση ενέργειας κατά την θέρμανση των κτιρίων επιτυγχάνεται:

- Μειώνοντας τον ολικό συντελεστή απωλειών του κτιρίου με χρήση επιπλέον μόνωσης και διπλών υαλοστασίων.
- Ανακτώντας θερμότητα κατά τον αερισμό του κτιρίου.
- Αυξάνοντας την απόδοση λειτουργίας των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο.
- Προσανατολίζοντας το κτίριο κατάλληλα και δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για την αξιοποίηση των πιθανών ηλιακών κερδών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στην περίπτωση που εφαρμοστούν οι παραπάνω δέσμες μέτρων σε διάφορους τύπους κτιρίων δίνεται στον Πίνακα 4.

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση μόνιμη	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με διπλά παράθυρα	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με αυξηση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης κατά 10%
Γραφεία	17	5	9
Εμπορικά	38	4	17
Σχολεία	44	6	6
Νοσοκομεία	37	7	15
Ξενοδοχεία	48	6	13

**Πίνακας 4.** Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στην θέρμανση διαφόρων τύπων κτιρίων μετά την εφαρμογή τεχνικών και συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας

#### 4.6.1.3 Εξοικονόμηση ενέργειας για τον φωτισμό των κτιρίων

Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά τον φωτισμό των κτιρίων επιτυγχάνεται κυρίως με:

- Την χρήση πλέον αποδοτικών συστημάτων και τεχνικών φυσικού φωτισμού.
- Την κατάλληλη χρήση του φυσικού φωτός.

Ιδιαίτερα η τελευταία αυτή τεχνική επιτρέπει και την παράλληλη μείωση του εσωτερικού φορτίου του κτιρίου που προέρχεται από τον τεχνητό φωτισμό μειώνοντας έτσι και το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Υπολογίστηκε ότι η δυνατή εξοικονόμηση ηλεκτρισμού που δαπανάται για τον φωτισμό των κτιρίων κυμαίνεται από 10 έως 60%.

Τα μέσα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε τύπο κτιρίου στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν μέσης και υψηλής απόδοσης λαμπτήρες φθορισμού δίνονται στον Πίνακα 5.

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση λαμπτήρων φθορισμού	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση λαμπτήρων φθορισμού υψηλής απόδοσης
Γραφεία	24	55
Εμπορικά	26	48
Σχολεία	31	45
Νοσοκομεία	36	52
Ξενοδοχεία	63	75

**Πίνακας 5.** Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στον φωτισμό

#### 4.6.1.4 Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας

Για τον υπολογισμό των συνολικών δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας μελετήθηκε ένας αριθμός από δημόσια και εμπορικά κτίρια στην Ελλάδα και συντάχθηκαν τρία σενάρια όπως περιγράφονται παρακάτω.

**1ο Σενάριο:** Το σενάριο αυτό αναφέρεται στο “νοικοκύρεμα” των κτιρίων και προβλέπει απλώς την βέλτιστη συντήρηση και την χρησιμοποίηση τεχνικών και συστημάτων ιδιαίτερα μικρού κόστους. Συγκεκριμένα το σενάριο αυτό προβλέπει την χρήση νυχτερινού αερισμού κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, την συντήρηση του συστήματος θέρμανσης, ώστε να βελτιωθεί κατά 10% η απόδοση λειτουργίας του, και την αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων με λαμπτήρες απόδοσης 54 lm/W.

**2ο Σενάριο:** Το δεύτερο σενάριο αποτελεί μια πλέον εξελιγμένη μορφή του πρώτου και περιλαμβάνει την χρήση τεχνικών νυχτερινού εξαερισμού, την βελτίωση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης κατά 10%, την επιπλέον μόνωση του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου ώστε να μειωθεί ο συντελεστής απωλειών κατά 10%, και την αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων με αντίστοιχους φθορισμού απόδοσης 80 lm/W.

**3ο Σενάριο:** Το σενάριο αυτό προβλέπει αφενός την χρήση ανεμιστήρων οροφής, την αύξηση της απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης κατά 10% και την χρήση λαμπτήρων περί τα 110 lm/W. Αφετέρου προβλέπει την μόνωση δλων των κτιρίων, ώστε να πληρούνται οι όροι που έχουν τεθεί από τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης.

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 1)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 2)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 3)
Γραφεία	17	18	20
Εμπορικά	9	22	39
Σχολεία	12	19	42
Νοσοκομεία	12	23	54
Ξενοδοχεία	22	28	44

**Πίνακας 6.** Ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας για τα τρία προαναφερθέντα σενάρια

Τα αποτελέσματα για όλα τα μελετηθέντα κτίρια και για τα τρία σενάρια, δίνονται στον Πίνακα 6.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία, η εξοικονόμηση ενέργειας στα δημόσια και εμπορικά κτίρια στην Ελλάδα είναι δυνατή σε ποσοστά που κυμαίνονται από 20 έως 50%.

#### 4.6.1.4 Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας

Για τον υπολογισμό των συνολικών δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας μελετήθηκε ένας αριθμός από δημόσια και εμπορικά κτίρια στην Ελλάδα και συντάχθηκαν τρία σενάρια όπως περιγράφονται παρακάτω.

**1ο Σενάριο:** Το σενάριο αυτό αναφέρεται στο “νοικοκύρεμα” των κτιρίων και προβλέπει απλώς την βέλτιστη συντήρηση και την χρησιμοποίηση τεχνικών και συστημάτων ιδιαίτερα μικρού κόστους. Συγκεκριμένα το σενάριο αυτό προβλέπει την χρήση νυχτερινού αερισμού κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, την **συντήρηση του συστήματος θέρμανσης**, ώστε να βελτιωθεί κατά 10% η απόδοση λειτουργίας του, και την αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων με λαμπτήρες απόδοσης 54 lm/W.

**2ο Σενάριο:** Το δεύτερο σενάριο αποτελεί μια πλέον εξελιγμένη μορφή του πρώτου και περιλαμβάνει την χρήση τεχνικών νυχτερινού εξαερισμού, την **βελτίωση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης** κατά 10%, την επιπλέον μόνωση του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου ώστε να μειωθεί ο συντελεστής απωλειών κατά 10%, και την αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων με αντίστοιχους φθορισμού απόδοσης 80 lm/W.

**3ο Σενάριο:** Το σενάριο αυτό προβλέπει αφενός την **χρήση ανεμιστήρων οροφής**, την αύξηση της απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης κατά 10% και την χρήση λαμπτήρων περί τα 110 lm/W. Αφετέρου προβλέπει την **μόνωση** όλων των κτιρίων, ώστε να πληρούνται οι όροι που έχουν τεθεί από τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης.

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 1)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 2)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο 3)
Γραφεία	17	18	20
Εμπορικά	9	22	39
Σχολεία	12	19	42
Νοσοκομεία	12	23	54
Ξενοδοχεία	22	28	44

**Πίνακας 6.** Ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας για τα τρία προαναφερθέντα σενάρια

Τα αποτελέσματα για όλα τα μελετηθέντα κτίρια και για τα τρία σενάρια, δίνονται στον Πίνακα 6.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία, η εξοικονόμηση ενέργειας στα δημόσια και εμπορικά κτίρια στην Ελλάδα είναι δυνατή σε ποσοστά που κυμαίνονται από 20 έως 50%.

#### 4.6.2 Ενεργειακός ανασχεδιασμός κτιρίων στην Ελλάδα

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας για τις διάφορες λειτουργίες των κτιρίων (θέρμανση, δροσισμός, αερισμός, φωτισμός) στην Ελλάδα είναι μεγάλες, όπως έχει καταδειχτεί από σειρά μελετών και ερευνητικών προγραμμάτων. Οι μεγαλύτερες δυσκολίες στην εφαρμογή τεχνικών που επιτρέπουν την εξοικονόμηση ενέργειας εμφανίζονται στα ήδη υφιστάμενα κτίρια, τα οποία αποτελούν και την πλειονότητα των κτιρίων στην Ελλάδα.

Για να επιτευχθεί συνεπώς η επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας, είναι αναγκαίος στις περισσότερες περιπτώσεις ο ενεργειακός ανασχεδιασμός των κτιρίων. Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την βελτίωση της θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς με τις ελάχιστες δυνατές αλλαγές, ώστε να είναι δυνατή η ταχεία απόσβεση των δαπανών. Επενδύσεις με χρόνο αποσβέσεως ως 20 χρόνια θεωρούνται συμφέρουσες και αποδοτικές.

Στη συνέχεια εξετάζονται οι παρεμβάσεις που θεωρούνται οι αποδοτικότερες (καθώς και αυτές που πρέπει να αποφεύγονται) με κριτήριο την ενεργειακή και την οικονομική τους απόδοση, ανάλογα με τον τύπο και την χρήση του κτιρίου.

Συγκεκριμένα, οι παρεμβάσεις ενεργειακού ανασχεδιασμού παλαιών κτιρίων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Σε αυτές που επεμβαίνουν στο κέλυφος του κτιρίου.
- Σε αυτές που επεμβαίνουν στα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου.
- Σε αυτές που επεμβαίνουν στο σύστημα τεχνητού φωτισμού του κτιρίου.

##### 4.6.2.1 Παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

=> Προτείνεται:

- να αντικαθίστανται οι απλοί υαλοπίνακες με διπλούς.
- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στα μη μονωμένα στοιχεία του κελύφους.
- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στη μη μονωμένη οροφή.

=> Προτείνεται να μελετηθεί αν είναι αποδοτικό:

- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στις εσωτερικές επιφάνειες που διαχωρίζουν διαφορετικές χρήσεις (π.χ. οικίες με καταστήματα).
- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στις εσωτερικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. υπόγειο, αποθήκες).

- να γίνονται αλλαγές μεγάλης κλίμακας σε περίπτωση εκτεταμένης ανακαίνισης του κτιρίου.

=> Προτείνεται να αποφεύγεται γενικά, καθώς είναι μη αποδοτικό:

- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στο δάπεδο που είναι σε επαφή με το έδαφος.
- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στα εξωτερικά στοιχεία του κελύφους πέραν αυτής που προβλέπει ο κανονισμός θερμομόνωσης.

#### 4.6.2.2 Παρεμβάσεις στα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου

=> Προτείνεται:

- να ρυθμίζεται κατάλληλα ο θερμοστάτης των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού
- να εφαρμόζεται θερμομόνωση στους αγωγούς διανομής του συστήματος θέρμανσης
- να γίνονται αλλαγές μεγάλης κλίμακας σε περίπτωση που τα συστήματα είναι παλαιά και έχουν πολύ χαμηλή απόδοση

=> Προτείνεται να μελετηθεί αν είναι αποδοτικό:

- να εγκαθίστανται μηχανισμοί αυτοματισμού (π.χ. θερμοστατικές βαλβίδες)
- να αντικαθίστανται εξ ολοκλήρου το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού

#### 4.6.2.3 Παρεμβάσεις στο σύστημα τεχνητού φωτισμού

=> Προτείνεται:

- να αντικαθίστανται οι λαμπτήρες πυρακτώσεως από συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής κατανάλωσης

=> Προτείνεται να μελετηθεί αν είναι αποδοτικό:

- να εγκαθίστανται αισθητήρες επιπέδων φυσικού φωτισμού (τύπου δύο θέσεων ή συνεχούς ρύθμισης)
- να εγκαθίστανται αισθητήρες παρουσίας ατόμων

=> Προτείνεται να αποφεύγεται:

- να αντικαθίστανται τα συμβατικά στραγγαλιστικά πηνία από αντίστοιχα ηλεκτρονικά

#### **4.6.2.4 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου**

##### **(Συστήματα θέρμανσης - αερισμού - κλιματισμού)**

1. Προσαρμογή των μεγεθών των μηχανημάτων θέρμανσης κλιματισμού στις αναθεωρημένες συνθήκες εσωκλίματος των κτιρίων.
2. Εφαρμογή συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε μεγάλους καταναλωτές του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα με χρήση Φυσικού Αερίου.
3. Ανάπτυξη της τεχνολογίας απορρόφησης με φυσικό αέριο στον κλιματισμό των κτιρίων.
4. Χρήση αντλιών θερμότητας Φυσικού Αερίου για θέρμανση και ψύξη κτιρίων.
5. Θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά ζώνες προσανατολισμού.
6. Βελτίωση της απόδοσης του συστήματος του λέβητα - καυστήρα με σωστή ρύθμιση της αναλογίας καυσίμου - αέρα και τοποθέτηση αυτομάτων συστημάτων ρύθμισης.
7. Επιλογή περισσοτέρων μικρών λεβήτων αντί ενός μεγάλου λέβητα.
8. Προθέρμανση του αέρα της καύσης για την αύξηση του βαθμού απόδοσης του λέβητα.
9. Χρησιμοποίηση ψυκτικών συγκροτημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
10. Μείωση θερμικών απωλειών του συστήματος διανομής με τη μόνωση των σωλήνων (θερμού και ψυχρού αέρα).
11. Μείωση θερμικών απωλειών του συστήματος διανομής με τη μόνωση των αεραγωγών (θερμού και ψυχρού αέρα).
12. Επιλογή μηχανημάτων και συσκευών μεγάλου βαθμού απόδοσης.
13. Προσθήκη θερμιδομετρητών στα θερμαντικά σώματα.
14. Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας όλων των χώρων του κτιρίου συναρτήσει της εξωτερικής θερμοκρασίας.
15. Εξουδετέρωση φαινομένων ακτινοβολίας προς ψυχρές επιφάνειες.
16. Μείωση του επιπέδου της σχετικής υγρασίας του αέρα.
17. Μείωση της παροχής αερισμού των χώρων κατά τις εργάσιμες ώρες.
18. Διακοπή του αερισμού των χώρων κατά τις μη εργάσιμες ώρες το χειμώνα.
19. Πρόβλεψη νυχτερινού αερισμού των χώρων το καλοκαίρι.
20. Μείωση των αντιστάσεων στη ροή θερμού νερού στις σωληνώσεις και αέρα στους αεραγωγούς.
21. Μείωση των παροχών νερού και αέρα.

#### **4.6.2.5 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από Συστήματα παρασκευής και διανομή**

##### **θερμού νερού χρήσης**

1. Μείωση της παροχής του θερμού νερού στις αναθεωρημένες συνθήκες.
2. Μείωση της θερμοκρασίας του παρασκευαζόμενου θερμού νερού στις αναθεωρημένες συνθήκες.
3. Μόνωση σωληνώσεων και boilers.
4. Αντικατάσταση κεντρικού συστήματος παρασκευής θερμού νερού με τοπικούς θερμαντές νερού.
5. Ανάκτηση της απορριπτόμενης θερμότητας και χρησιμοποίηση της για τη θέρμανση του νερού.
6. Εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης.
7. Εγκατάσταση υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων συγκεντρωτικού τύπου για ταυτόχρονη παραγωγή θερμού νερού χρήσης και ηλεκτρικής ενέργειας.

#### **4.6.2.6 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από Συστήματα ανελκυστήρων**

1. Μείωση της άσκοπης λειτουργίας των ανελκυστήρων με κατάλληλους αυτοματισμούς.
2. Ακινητοποίηση ορισμένων ανελκυστήρων σε ώρες εκτός αιχμής.

#### **4.6.3 Εργαλεία υπολογισμού της θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων**

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και για να εξασφαλισθεί ταυτόχρονα υψηλή ποιότητα εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, απαιτείται η αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων κατά τη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου και των ενεργειακών του συστημάτων.

Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι ωστόσο τόσο πολύπλοκη ώστε η βελτιστοποίηση όλων των παραμέτρων να μην είναι δυνατή χωρίς την χρήση εξειδικευμένων υπολογιστικών μεθόδων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πλήθος σχετικών υπολογιστικών προγραμμάτων, πολλά από τα οποία είναι πολύπλοκα και δύσχρηστα. Έχει, ωστόσο, αρχίσει η ανάπτυξη απλών

εργαλείων υπολογισμού πιο φιλικών προς τον χρήστη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μελετητές χωρίς μεγάλη εμπειρία στο αντικείμενο.

Αυτό που είναι σημαντικό για τους επαγγελματίες, είναι αφενός να γνωρίζουν ποια υπολογιστικά προγράμματα είναι διαθέσιμα στην αγορά σήμερα και αφετέρου ποιες είναι οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του καθενός, ώστε να μπορούν να επιλέγουν το κατάλληλο ανάλογα με την εφαρμογή που καλούνται να μελετήσουν.

#### **4.6.3.1 Χρήση σχεδιαστικών και υπολογιστικών εργαλείων**

Η χρήση των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων και μεθόδων από μελετητές χωρίς επαρκή γνώση της φυσικής του κτιρίου και των μηχανισμών μεταφοράς μάζας και θερμότητας που καθορίζουν την συμπεριφορά του, ενδέχεται να αποτελέσει πηγή προβλημάτων. Η αξιόπιστη απόκριση των μοντέλων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ορθό ορισμό των αρχικών και οριακών συνθηκών του μοντέλου, κάτι που απαιτεί γνώση και εμπειρία. Η ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων προϋποθέτει, συνεπώς, την κατανόηση των αρχικών παραδοχών και την επίδραση των τυχόν αλλαγών στις παραδοχές αυτές.

#### **4.6.3.2 Ταξινόμηση των υπολογιστικών εργαλείων**

Τα εργαλεία υπολογισμού της θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- A) ειδικά υπολογιστικά εργαλεία και**
- B) γενικά υπολογιστικά εργαλεία**

Τα ειδικά υπολογιστικά εργαλεία βασίζονται σε αλγόριθμους και μοντέλα σχεδιασμού και υπολογισμού της απόδοσης και της θερμικής

συμπεριφοράς συγκεκριμένων στοιχείων του κτιριακού κελύφους (π.χ. των θερμογεφυρών), συγκεκριμένων τεχνικών (π.χ. του νυκτερινού αερισμού) ή μέρους του δομημένου περιβάλλοντος (π.χ. του φαινομένου της αστικής χαράδρας). Τα εργαλεία αυτά βοηθούν τον χρήστη να κατανοήσει και να εκτιμήσει την απόδοση των διαφόρων συστημάτων και τεχνικών υπό διαφορετικές συνθήκες και να μελετήσει σε βάθος την επίδραση συγκεκριμένων παραμέτρων στο κτίριο. Όμως δεν επιτρέπουν να αξιολογηθεί η επίδραση που έχει η χρήση μιας δεδομένης τεχνικής στην συνολική συμπεριφορά και απόδοση ενός κτιρίου. Τα γενικά υπολογιστικά εργαλεία στοχεύουν στην ενσωμάτωση όλων των αλγόριθμων που περιγράφουν τις φυσικές διεργασίες και επιτρέπουν την αξιολόγηση της συνολικής ενεργειακής

συμπεριφοράς ενός κτιρίου και των συνθηκών του εσωτερικού περιβάλλοντος. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται σε λεπτομερή μοντέλα προσομοίωσης ή σε απλοποιημένες μεθόδους. Τα λεπτομερή μοντέλα προσομοίωσης χρησιμοποιούν αλγορίθμους οι οποίοι περιγράφουν όλα σχεδόν τα σημαντικά φαινόμενα που συμβαίνουν στο κτίριο και παρέχουν στον χρήστη πληροφορίες σχετικά με την δυναμική της θερμικής συμπεριφοράς, τόσο κάθε επιμέρους στοιχείου τον κτιρίου, όσο και ολόκληρου του κτιριακού κελύφους και των ενεργειακών του συστημάτων. Στις δύο παραπάνω κατηγορίες πρέπει να προστεθούν τα απλοποιημένα υπολογιστικά εργαλεία. Πρόκειται για μοντέλα που βασίζονται σε εμπειρικούς (πειραματικούς) και στατιστικούς αλγόριθμους, οι οποίοι ισχύουν υπό συγκεκριμένες οριακές συνθήκες. Τα απλοποιημένα μοντέλα δεν είναι σε θέση να προβλέψουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και πρέπει να χρησιμοποιούνται αυστηρά μέσα στα όρια της ακρίβειας τους.

Ταξινόμηση και περιγραφή των μοντέλων και της λειτουργίας τους περιλαμβάνεται στο επόμενο εδάφιο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως τα εξειδικευμένα υπολογιστικά εργαλεία παρέχουν βοήθεια στον σχεδιασμό και τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών λειτουργίας ενός δομικού στοιχείου του κτιρίου ή μίας τεχνικής ή ενός τμήματος του κτιριακού περιβάλλοντος. Η σπουδαιότητα τους είναι προφανής καθώς επιτρέπουν στον σχεδιαστή την διαστασιολόγηση στοιχείων και συστημάτων για την σωστή λειτουργία τους υπό καθορισμένες συνθήκες. Τα

εργαλεία της κατηγορίας αυτής ταξινομούνται σε 13 κατηγορίες, ανάλογα με το είδος των στοιχείων ή τεχνικών που προσομοιώνει το καθένα. Στην συνέχεια αναφέρονται τα σημαντικότερα εργαλεία που είναι σήμερα διαθέσιμα για κάθε κατηγορία.

**Φαινόμενα μεταφοράς σε αδιαφανή δομικά στοιχεία** (υπολογισμός της θερμικής συμπεριφοράς των εσωτερικών και εξωτερικών δομικών στοιχείων λόγω φαινομένων μεταφοράς θερμιότητας)

- KOMBRA (υπολογισμός συμπεριφοράς θερμογεφυρών)

**Φαινόμενα μεταφοράς σε διαφανή δομικά στοιχεία** (υπολογισμός των θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων των διαφανών δομικών στοιχείων)

- WINDOWS – LBL
- WIS (Windows Information System)

**Φαινόμενα μεταφοράς μάζας** (υπολογισμός της απόδοσης των τεχνικών φυσικού αερισμού)

- CDF (PHOENIX)
- COMIS
- AIRNET

- BREEZE
- AIOLOS
- PASSPORT – AIR

**Ηλιοπροστασία** (υπολογισμός απόδοσης τεχνικών ηλιοπροστασίας και ιδιοτήτων σκιάστρων)

- SHADOWPACK
- SUMMER – TECHNIQUES
- LAMAS
- PEM

**Μικροκλίμα** (υπολογισμός απόδοσης τεχνικών και παραγόντων διαμόρφωσης του μικροκλίματος)

- CPCALC (διαμόρφωση χαρακτηριστικών του ανέμου)
- CANYON (υπολογισμός χαρακτηριστικών φαινομένου αστικής χαράδρας)

**Φυσικός φωτισμός στα κτίρια** (υπολογισμός απόδοσης τεχνικών φυσικού φωτισμού)

**Μέθοδος LT** (γραφική μέθοδος υπολογισμού ηλιακών κερδών και φυσικού φωτισμού)

- SUPERLIGHT
- RADIANCE
- PASSPORT – LIGHT
- GENELUX

**Μηχανικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού και αερισμού** (υπολογισμός απόδοσης και χαρακτηριστικών λειτουργίας τους)

- DOE II
- HVACSIM

**Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης** (υπολογισμός απόδοσης συστημάτων παθητικής θέρμανσης)

- Μέθοδος SLR (απλοποιημένη εμπειρική μέθοδος)
- Μέθοδος 5000 (απλοποιημένη εμπειρική μέθοδος)

**Παθητικός και φυσικός δροσισμός** (υπολογισμός απόδοσης τεχνικών φυσικού, παθητικού και νεριδικού δροσισμού)

- SINK
- SUMMER – TECHNIQUES

**Θερμική άνεση** (υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων)

- COMFORT
- SUMMER - TECHNIQUES

**Κλιματικά δεδομένα** (υπολογισμός και επεξεργασία κλιματικών στοιχείων και δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας)

- TRY
- SOLRAD

**Ποιότητα εσωτερικού αέρα** (υπολογισμός ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων)

- AIR

**Αξιολόγηση ενεργειακού επανασχεδιασμού κτιρίων** (υπολογισμός τεχνικής και οικονομικής απόδοσης μέτρων ενεργειακού επανασχεδιασμού)

- PRISM

Μολονότι τα ειδικά υπολογιστικά εργαλεία να είναι πολύ χρήσιμα στην διαστασιολόγηση των συστημάτων και των δομικών στοιχείων ενός κτιρίου ή στην αξιολόγηση της απόδοσης συγκεκριμένων τεχνικών, εντούτοις η γνώση της συνολικής θερμικής, ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου υπό δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες - καθώς και η αντίδραση του σε εξωτερικά ερεθίσματα (μεταβολή του κλίματος, αλλαγή του τρόπου χρήσης του και της συμπεριφοράς των ενοίκων, κλπ.) - απαιτεί την χρήση δυναμικών τεχνικών προσομοίωσης. Τα μοντέλα προσομοίωσης επιλύουν τις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν την μεταφορά μάζας και θερμότητας στα κτίρια και | υπολογίζουν τις τιμές μιας σειράς μεταβλητών όπως η εσωτερική θερμοκρασία, η υγρασία, η θερμοκρασία των επιφανειών, η ροή του αέρα, η κατανάλωση ενέργειας, η θερμική άνεση και η ποιότητα του αέρα, κλπ. Όλα τα διεθνώς αναγνωρισμένα υπολογιστικά μοντέλα, έχουν επαληθευθεί με σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με τα πειραματικά δεδομένα. Παρά το γεγονός ότι η χρήση των λεπτομερών υπολογιστικών εργαλείων επεκτείνεται συνεχώς εντούτοις πολλές φορές η χρήση τους από τους μελετητές είναι περιορισμένη εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων σε υπολογιστική δύναμη, του μεγάλου κόστους σε χρόνο και χρήμα, των εξειδικευμένων γνώσεων που συχνά απαιτείται να έχει ο μελετητής και την συνήθως δύσκολη χρήση τους. Τα περισσότερο απλοποιημένα μοντέλα παρέχουν αποτελέσματα χρήσιμα κατά τον προκαταρκτικό και τον αρχικό σχεδιασμό ενός κτιρίου. Μολονότι τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούν απλούστερους αλγόριθμους για την περιγραφή των φαινομένων μεταφοράς, τα αποτελέσματα τους είναι επαρκώς ακριβή.

Τα σημαντικότερα και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα ολοκληρωμένα υπολογιστικά εργαλεία για την προσομοίωση των κτιρίων, των οποίων η λειτουργία έχει πιστοποιηθεί με επιτυχία διεθνώς, είναι τα εξής:

- TRNSYS
- ESP – r
- PASSPORT – PLYS
- ADELINE
- SUMMER – BUILDING (απλοποιημένο μοντέλο)
- FIT (απλοποιημένο μοντέλο)
- COMFIE (απλοποιημένο μοντέλο)
- TAS

## **ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΟΥΝΔΑΤΙΟΝ Επαγγελματικό**

### **5.1 Εισαγωγή**

### **5.2 Παραδείγματα Εφαρμογών**

## 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πρώτες εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού στη σύγχρονη αρχιτεκτονική του ελληνικού χώρου χρονολογούνται στα μέσα της δεκαετίας του 70. Ένα από τα πρώτα βιοκλιματικά κτίρια ήταν η κατοικία Βασιλειάδου στο Μαραθώνα Αττικής που σχεδιάστηκε το 1977 από τον αρχιτέκτονα Β. Μπουριώτη. Στη Θεσσαλονίκη το πρώτο βιοκλιματικό κτίριο, στη Νέα Ραδεστό, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το 1982 από τους ιδιοκτήτες του Γ. Καρβούνη και R. Vahrelmann.

Στα χρόνια που ακολούθησαν εμφανίστηκαν αρκετές δεκάδες βιοκλιματικών κτιρίων κυρίους στην περιοχή της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και στην Κρήτη. Οι πρώτες αυτές εφαρμογές ήταν αποτέλεσμα της επαγγελματικής πρωτοβουλίας μηχανικών, κυρίως αρχιτεκτόνων, που μέσα από την αναζήτηση της ποιότητας στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και μια ιδιαίτερη οικολογική ενασθησία προσέγγισαν και εφάρμοσαν σης μελέτες τους την βιοκλιματική λογική. Επίσης ήταν αποτέλεσμα της πρωτοβουλίας ερευνητικών και κυβερνητικών κέντρων της χώρας, που για την περίοδο αυτή έπαιξαν σημαντικότατο ρόλο στη διάδοση, στην ερευνητική και οπή χρηματοδοτική υποστήριξη αυτής της προσπάθειας. Τα σημαντικότερα ανάμεσα τους, με χρονολογική σειρά ήταν: η ΕΛΕΤΗΛΕΝ (Ελληνική Εταιρεία Ηλιακής Ενέργειας), το ΙΗΤ (Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής του Α.Π.Θ.), το ΕΜΠ. το YBET πιο πρόσφατα, από την ίδρυση του, το ΚΑΠΕ.

Ο αρκετά χρόνια, οι προσπάθειες διάδοσης της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, συνάντησαν αντίξοες συνθήκες προερχόμενες τόσο από τους σχεδιαστές, χρήστες και κατασκευαστές της οικοδομής, όσο και από την πλευρά των δημόσιων αρχών με τη μορφή μη κατανόησης, ή αδιαφορίας ή υποτίμησης της σημασίας τους.

Σήμερα η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των καθαρών τεχνολογιών στη δόμηση των κτιρίων έρχεται στο προσκήνιο με ιδιαίτερη έμφαση. Αποτελεί έναν από τους κύριους στόχους των μέτρων της εθνικής πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος και για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Αφετηρία για την υλοποίηση του είναι το επικείμενο θεσμικό πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης 2001 του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Για πρώτη φορά διαφαίνεται η προοπτική ευρύτατης εξάπλωσης των καθαρών τεχνολογιών δόμησης και η δυνατότητα επαναφοράς της βιοκλιματικής οπτικής μεταξύ των βασικών συντελεστών του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Τα βιοκλιματικά κτίρια της πρώτης 20ετ(ας παίρνουν τώρα για πρώτη φορά την πραγματική θέση και σημασίας τους, τόσο ως προάγγελοι, όσο και ως βήματα που προετοίμασαν και

άνοιξαν αυτό το δρόμο.

Στις σελίδες που ακολουθούν, παρουσιάζεται μια σειρά κτιρίων, που, μαζί με τα κτίρια που απεικονίζονται στο υπόλοιπο βιβλίο, είναι χαρακτηριστικά για διάφορες περιοχές και εποχές της προηγούμενης περιόδου. Λείπουν άλλα που ευχής έργο θα ήταν να αποτελέσουν κάποτε αντικείμενο μιας συνολικότερης και εμπεριστατωμένης παρουσίασης.

## 5.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

### 1. ΚΛΕΙΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΕΥΟΣΜΟ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Κ. Αντωνίου – Μ. Παπαδόπουλος**

**Χρονολογία μελέτης: 1985 – 1987**

**Χρονολογία κατασκευής: 1987 – 1991**



Ια. Κύρια είσοδος του Γυμναστηρίου. Διακρίνονται οι τοίχοι μιάζας στη νότια όψη του κτιρίου και οι ηλιακοί συλλέκτες στη οροφή

Το Γυμναστήριο 4.500 τ. μ. είναι χωρητικότητας 1.380 θέσεων και έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει συνολικά 3.000 άτομα.

Νότια ανοίγματα συνολικού εμβαδού 215 τ.μ. παρέχουν άμεσο ηλιακό κέρδος και συγχρόνως συνεισφέρουν στη θέρμανση του νερού, που αφενός καλύπτει τις λειτουργικές ανάγκες του κτιρίου και αφετέρου τροφοδοτεί το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, μέσω εναλλάκτη θερμότητας.

Η θερμική απόδοση των παθητικών ηλιακών συστημάτων υπολογίστηκε με τη μέθοδο 5.000.

Το συνολικό θερμικό φορτίο του κτιρίου καλύπτεται σχεδόν ολόκληρο από τη συνδυασμένη απόδοση των παθητικών συστημάτων και των ενεργητικών συλλεκτών.

Ο φυσικός δροσισμός της κύριας αίθουσας επιτυγχάνεται κυρίως με το φυσικό αερισμό, σε διάφορα επίπεδα.



[β]. γενική άποψη του Γυμναστηρίου

## 2. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΘΕΡΜΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Κ. Αντωνίου – Κ. Αξαρλή – Ε. Κωνσταντίνου.**

**Χρονολογία μελέτης: 1987**

**Χρονολογία κατασκευής: 1989 – 1992**



2. Νότια άψη της κατοικίας

Η κατοικία βρίσκεται στη θέρμη Θεσσαλονίκης σε περιοχή εκτός σχεδίου πόλεως. Αποτελεί τη μόνιμη κατοικία 4 μελούς οικογένειας και είναι οργανωμένη σε δύο επίπεδα.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που επιλέγηκαν για τη θέρμανση είναι: α) Το άμεσο ηλιακό κέρδος με τα μεγάλα ανοίγματα στο Νότο (39% της νότιας όψης της κατοικίας), β) Οι τοίχοι trombe (6 τοίχοι συνολικού εμβαδού  $21\text{m}^2$ , δύο στον όροφο και 4 στο ισόγειο), γ) Το θερμοκήπιο (αποτελείται από κατακόρυφα υαλοστάσια συνολικού εμβαδού  $26\text{ m}^2$  και είναι διώροφο).

Οι υπολογισμοί για τη συμβολή της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση της κατοικίας, έγιναν με

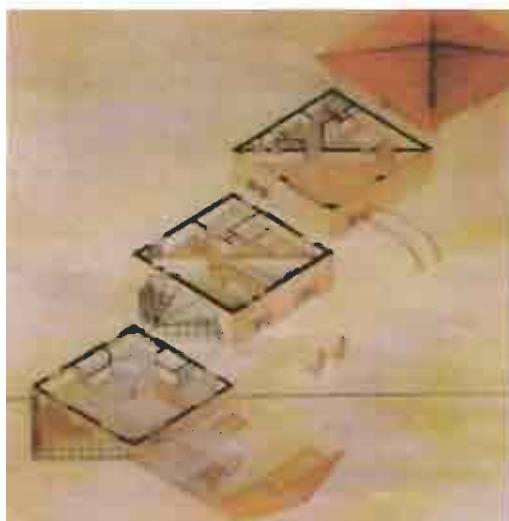
τη μέθοδο 5000 (υπολογίστηκε κάλυψη ενεργειακών αναγκών του κτιρίου περίπου 60%). Ο φυσικός δροσισμός της κατοικίας επιτυγχάνεται με φυσικό αερισμό που δημιουργείται ανοίγοντας όλα τα βιορινά, ορισμένα ανατολικά και δυτικά υαλοστάσια, καθώς και τους νότιους φεγγίτες.

### 3. ΣΠΙΤΙ ΑΠΟ ΧΑΡΤΟΝΙ ΚΥΜΑΤΙΣΤΟ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Ομάδα μελέτης Υ.Π.Ν.Ο.Σ, Μ. Χρυσομαλλίδης**

**Συμμετοχή στον Πανελλήνιο**

**Διαγωνισμό Ιδεών Κατοικίας (1984)**



Ζα: Διάταξη εσωτερικών χώρων. Φαίνονται τα τρία επίπεδα στα οποία αναπτύσσονται οι χώροι διαβίωσης

Πρόκειται για κατοικία σε σχήμα κύβου με ακμή 7.50 μ. διατεταγμένου κατά τη διαγώνιο του στην κατεύθυνση Β-Ν.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιρίου βασίστηκε:

- 1) Στην ελαχιστοποίηση του γεωμετρικού όγκου του κτιρίου
- 2) Στη δημιουργία ζώνης ανάσχεσης στο Βορρά
- 3) Στον περιορισμό των ανοιγμάτων
- 4) Στην ισχυρή μόνωση
- 5) Στη χρησιμοποίηση Παθητικών Ήλιακών Συστημάτων (άμεσο κέρδος – θερμοκήπιο).



β. Στο όροφο η σκεπαστή βιέρόντα είναι λειτουργικός και μορφολογικός μετασχηματισμός της παραδοσιακής «ξεχυτής»

#### 4. ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ ΑΘΗΝΩΝ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Α. Ν. Τομπάζης & συνεργάτες.**

**Χρονολογία μελέτης: Φάση I: 1990 Φάση II: 1994 – 1995**

**Χρονολογία κατασκευής: Κτίριο A: 1990 –1991 Κτίρια B – C : 1994 – 1995**



4a. Το εξωτερικό όλων των κτιρίων είναι καλυμμένο με τσιμεντόπλινθους οι οποίοι σε συνδυασμό με την εξωτερική μόνωση λημασούργην την «αεριζόμενη» πρόσωψη

Πρόκειται για κτιριακό συγκρότημα 1000 m<sup>2</sup> περίπου. Το ένα από τα κτίρια του συγκροτήματος στεγάζει τα γραφεία της Μελετητικής-Γραφείου Μελετών Α.Ν. Τομπάζη Ε.Π.Ε.

Ο εσωτερικός χώρος φωτίζεται αποκλειστικά με φυσικό φωτισμό από τις δύο πλευρές και το ειδικό «προφίλ» της στέγης.

Οι χώροι αερίζονται με κατακόρυφο, διαμπερή και μηχανικό νυχτερινό αερισμό με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής. Ο αερισμός σε συνδυασμό με την εσωτερική μάζα, έχει ως αποτέλεσμα το δροσισμό των χώρων.

Έχει προβλεφθεί συλλογή του βρόχινου νερού για διάφορες χρήσεις και στο συγκρότημα έχει εγκατασταθεί σύστημα ελέγχου B.M.S. (Building Management System).



4β. Διαμόρφωση εσωτερικού χώρου. Διακρίεται το γλυπτό του Γ. Ζογκόπουλου



4γ. Ο εσωτερικός ανοιχτός χώρος αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα.

## 5. ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΟ ΑΤΤΙΚΟ ΑΛΣΟΣ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Μ. Γ. Σουβατζίδης**

**Χρονολογία μελέτης: 1985**

**Χρονολογία κατασκευής: 1986 – 1993**



5

Η ηλιακή πολυκατοικία στο Αττικό Άλσος με εμβαδόν κλειστού χώρου 455 m<sup>2</sup> είναι σχεδιασμένη με τη μεθοδολογία του Παθητικού Ηλιακού Σχεδιασμού και Δροσισμού. Το αποτέλεσμα της ενεργειακής ανάλυσης (σύμφωνα με το υπολογιστικό πρόγραμμα PASSPORT - SUMMER του Πανεπιστημίου Αθηνών) είναι για την εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση 41,4% και για ψύξη 75,5% .

## 6. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΣΤΑΜΑΤΑ ΑΤΤΙΚΗΣ.

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Μ. Γ. Σουβατζίδης**

**Χρονολογία μελέτης: 1984**

**Χρονολογία κατασκευής: 1986 – 1988**

Στην κατοικία στη Σταμάτα (εμβαδά κατοικίας 300 m<sup>2</sup>, βοηθ. κτίσμα 30 m<sup>2</sup>, υπόγειοι χώροι 219 m<sup>2</sup>), το κτίριο με τους χώρους και ιδιαίτερα το εξωτερικό του περιβλήμα διαμορφώνεται με βάση το βιοκλίμα της περιοχής, τη θέα, το τοπίο αλλά και την κίνηση του ήλιου. Στο κτίριο

αυτό η ενεργειακή ανάλυση έδειξε θερμικά κέρδη 66,5%.



6

## 7. ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΧΝΗΣ ΣΤΗ ΧΑΡΙΛΑΟΥ ΤΡΙΚΟΥΠΗ 121

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Μ. Γ. Σουβατζίδης**

**Χρονολογία κατασκευής: 1990**

**Χρονολογία κατασκευής: 1991 - 1995**

Στο Κέντρο Τέχνης (συνολικού εμβαδού 1.780 m<sup>2</sup>), δίνεται έμφαση μέσα από το βιοκλιματικό σχεδιασμό στην αξιοποίηση του φυσικού φωτός για το φωτισμό χώρων και εκθεμάτων.



7

## 8. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΟΥΣ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΥΣ ΑΘΗΝΑΣ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Κ. Σπυροπούλου-Βέη.**

**Χρονολογία μελέτης: 1979**

**Χρονολογία κατασκευής: 1980 – 1986**

Η εξαιρετικά μικρή οικοδομήσιμη επιφάνεια (μόνο 80 m<sup>2</sup>) καθώς και το ύφος των απέναντι κτιρίων επέβαλαν την καθ' ύψος ανάπτυξη του κτιρίου.

Τα Παθητικά Συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη θέρμανση του κτιρίου είναι:

- 1) Άμεσο ηλιακό κέρδος από τα νότια ανοίγματα (συνολική επιφάνεια 19 m<sup>2</sup>) τα οποία είναι στραμμένα προς την ανατολή με απόκλιση 18ο
- 2) Πολυνώροφο θερμοκήπιο
- 3) Πολυνώροφοι τοίχοι Trombe στο χώρο του ακάλυπτου

Είναι το πρώτο κτίριο στην Ελλάδα στο οποίο πραγματοποιήθηκε μέτρηση θερμικής συμπεριφοράς, που έδειξε 42% εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση.



8. Διακρίνεται το θερμοκήπιο με ανοίγοντα σταύλα

## 9. ΣΠΙΤΙ ΣΤΟ ΕΝΕΑ ΚΕΡΑΤΕΑΣ

**Αρχιτεκτονική μελέτη - Κατασκευή: Κ. Βέη - Σπυροπούλου**

**Χρονολογία μελέτης: 1978**

Σε οικόπεδο με κλίση και θέα προς τον Βορρά, σχεδιάσθηκε οικία με κεκλιμένες στέγες, που επιτρέπουν τον άμεσο ηλιασμό σ' όλο το μήκος του κτιρίου τους χειμωνιάτικους μήνες. Αντίθετα, το καλοκαίρι, ο ήλιος δεν περνά μέσα στο κτίριο και το σχήμα των στεγών βοηθά στον καλό αερισμό και δροσισμό του.



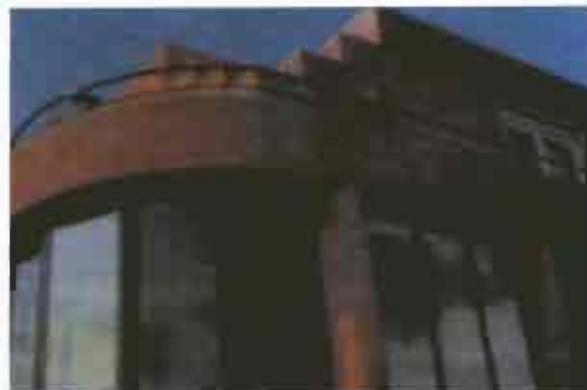
9. Άποψη των κεκλιμένων στεγών από τη διπλή πλευρά

## 10. ΣΠΙΤΙ ΣΤΗΝ ΠΕΝΤΕΛΗ

**Επισκευή - Προσθήκη - Αρχιτεκτονική μελέτη: Κ. Βέη-Σπυροπούλου**

**Χρονολογία μελέτης: 1988**

Επέκταση και προσθήκη ορόφου σε παλαιά μονοκατοικία. Έγινε προσπάθεια να κρατηθεί ο μορφολογικός χαρακτήρας του κτιρίου και δημιουργήθηκε, στο χώρο της παλαιάς βεράντας, ένα θερμοκήπιο που ενώνεται με το νέο κλιμακοστάσιο. Με αυτό τον τρόπο τα θερμικά κέρδη μεταβιβάζονται και στους δύο ορόφους. Ανοίγματα στην οροφή του κλιμακοστασίου εξασφαλίζουν καλό αερισμό και δροσισμό το καλοκαίρι.



10. Προσθήκη θερμοκηπίου στο μόγειο

## 11. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΤΑΤΑΡΑΚΗ ΣΤΟ ΡΕΘΥΜΝΟ

Αρχιτεκτονική μελέτη: Γ. Καλλιγέρης



11α. Νότια όψη



11β. Βόρεια όψη

Η κατοικία με ισόγειο επιφάνειας 200 m<sup>2</sup> και ημιυπόγειο ρυθμόνα, αναπτύσσεται σε σχήμα Π που σχηματίζει αίθριο, ώστε να δέχεται τον ήλιο σε όλους τους χώρους από παράθυρα και φεγγίτες. Η χρήση του προστατευμένου αίθριου επιτρέπει και τον αερισμό των χώρων. Τα Παθητικά Συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στο σχεδιασμό είναι το άμεσο κέρδος για τη θέρμανση και ο διαμπερής αερισμός σε συνδυασμό με καμινάδα αερισμού για το φυσικό δροσισμό της κατοικίας.

## 12. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΤΣΟΥΒΑΛΑΚΗ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Γ. Καλλιγέρης**



12. Αποψη καθιστικού. Διακρίνεται ο νότιος φεγγίτης

## 13. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Μ. Κοπιδάκης**

**Χρονολογία μελέτης: 1990**

**Χρονολογία κατασκευής: 1992 - ...**



| 13α. Νότια όψη |

Το Εργαστήριο αποτελείται από:

- 1) Ισόγειο  $200 \text{ m}^2$  (χώρος μηχανουργείου), και
- 2) Μεσοπάτωμα - 1<sup>ος</sup> όροφος  $96 \text{ m}^2$  (χώρος γραφείων – αίθουσα συσκέψεων)

Το Παθητικό Σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση του κτιρίου είναι το άμεσο ηλιακό κέρδος από τα νότια ανοίγματα (συνολικό εμβαδόν  $55 \text{ m}^2$ ).

Για τον υπολογισμό της απόδοσης του παθητικού ηλιακού συστήματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Los Alamos (Εξοικονόμηση ενέργειας 88.2%).

Ο φυσικός δροσισμός επιτυγχάνεται με διαμπερή και κατακόρυφο αερισμό.



| 13β. Νότια όψη |



13γ. Ημερήσιας φωτισμός εργαστηρίου

#### 14. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ Τ.Ε.Ι. ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ.

**Αρχιτεκτονική μελέτη: Α. Κοντέας - Μ. Κωνσταντινίδου.**

**Χρονολογία μελέτης: 1987**

**Χρονολογία κατασκευής: 1988 - 1992**

Τα κτίρια (συνολικού εμβαδού 5000 m<sup>2</sup>) είναι μονώροφα ή διώροφα και περιλαμβάνουν αίθουσες διδασκαλίας, χώρους εργαστηρίων, γραφεία του διδακτικού προσωπικού και βοηθητικούς χώρους.

Τα Παθητικά Ήλιακά Συστήματα που εφαρμόστηκαν, είναι:

- 1) Το σύστημα άμεσου κέρδους από τα νότια ανοίγματα που αποτελούν το 50% περίπου της νότιας όψης.
- 2) Το σύστημα του Θερμοκηπίου το οποίο είναι ο εσωτερικός διάδρομος κυκλοφορίας που συνδέει τις αίθουσες διδασκαλίας και τα εργαστήρια. Η επιφάνεια του αποτελεί το 40% περίπου της όψης.

Για τον υπολογισμό της απόδοσης των παθητικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Unutilisability και το πρόγραμμα Pasysim (Υπολογίστηκε εξοικονόμηση ενέργειας 70% περίπου).

Ο φυσικός δροσισμός επιτυγχάνεται με διαμπερή αερισμό από τα υαλοστάσια και τους φεγγίτες.



14a. Νότια οψη

## 15. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΟΥΣ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΥΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:** Κ. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ:** Κ. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1979 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1980-86**

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΤΟΙΧΟΙ ΜΑΖΑΣ
- ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

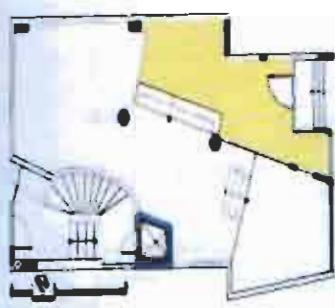


[5. Εξωτερική άποψη]

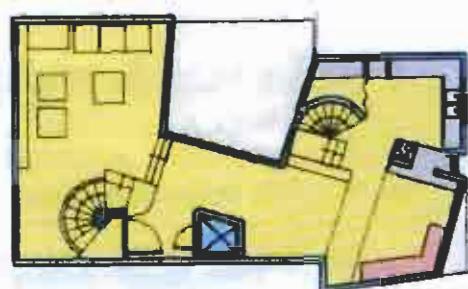
### Περιγραφή του έργου

Η κατοικία βρίσκεται στην Αθήνα, στην περιοχή των Αμπελοκήπων κοντά στο ξενοδοχείο «Hilton».

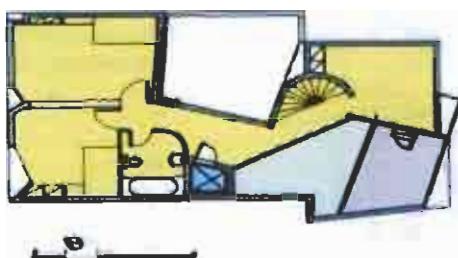
Το οικόπεδο έχει εμβαδόν μόνο  $99 \text{ m}^2$  και το κτίριο έχει διαμορφωθεί σε τέσσερα επίπεδα με εμβαδόν  $210 \text{ m}^2$  και δύκο  $900 \text{ m}^3$ . Σημαντικές παράμετροι για τον σχεδιασμό, ήταν η εκμετάλλευση του Μεσογειακού κλίματος για την εξοικονόμηση ενέργειας, ο προσανατολισμός του οικοπέδου, οι ανάγκες της τετραμελούς οικογένειας καθώς και περιορισμοί στα θέματα ασφάλειας και οικονομίας.



15α. Κάτοψη ισογείου



15β. Κάτοψη πρώτου ορόφου



15γ. Κάτοψη δεύτερου ορόφου

### Γενική περιγραφή του κτιρίου.

Η κυρίως κατοικία υψώνεται πάνω από τα 5.5 m του ισογείου, σε τέσσερις διαδοχικούς ορόφους και ένα μικρό μεσοπάτωμα, εμβαδού 13 m<sup>2</sup>.

Στον Α όροφο βρίσκουμε τους χώρους υποδοχής, καθιστικό, τραπεζαρία, κουζίνα και βοηθητικούς χώρους.

Στον Β όροφο είναι τα παιδικά υπνοδωμάτια και ένας ξενώνας, ενώ στον Γ όροφο βρίσκεται το υπνοδωμάτιο των γονέων και μερικοί βοηθητικοί χώροι. Στον Δ όροφο έχουν οργανωθεί δύο γραφεία.

Για την επίτευξη του ηλιασμού της κατοικίας δόθηκαν οι έξης λύσεις:

1. Ο άξονας του κτιρίου στράφηκε στην κατεύθυνση βορρά - νότου, σε σχέση με την διεύθυνση των δρόμων.
2. Το θερμοκήπιο προσαρμόστηκε στη νότια όψη από το ύψος των 9m και μέχρι τον Δ όροφο.
3. Στην εσωτερική πλευρά του θερμοκηπίου, που εφάπτεται με το χώρο του καθιστικού, δημιουργήθηκε εσωτερικός εξώστης, συνδεόμενος έμμεσα με το θερμοκήπιο.

Το μεσοπάτωμα, που τοποθετήθηκε στο κέντρο της κατοικίας, συνδυαζόμενο με το κενό τμήμα, επιτρέπει την διείσδυση του ήλιου σε μεγάλο βάθος, την κυκλοφορία του θερμού αέρα και παράλληλα ενοποιεί τους χώρους.

Η διαμπερής τοποθέτηση των ανοιγμάτων, δημιουργεί ρεύματα αέρα που βοηθούν στον φυσικό δροσισμό του κτιρίου.



### Παθητικά συστήματα

Τα παθητικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την θέρμανση του κτιρίου είναι:

1. Το άμεσο ηλιακό κέρδος από τα νότια ανοίγματα, απαραίτητα παράλληλα και για τον φωτισμό των χώρων
2. Το θερμοκήπιο
3. Οι τοίχοι μάζας στον ακάλυπτο χώρο.

Η συνολική επιφάνεια των νότιων ανοιγμάτων, καθώς και η γυάλινη επιφάνεια του θερμοκηπίου, είναι  $19 \text{ m}^2$ . Ο θερμός αέρας μεταφέρεται προς τα πάνω στους χώρους του καθιστικού και των υπνοδωματίων του Α ορόφου. Οι δύο τοίχοι μάζας έχουν νότιο και ανατολικό προσανατολισμό με  $8\text{m}^2$  και  $30\text{m}^2$  αντίστοιχα. Φέρουν θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους για την καλή κυκλοφορία του ζεστού αέρα στον εσωτερικό χώρο.

Διακόπτονται από ανοίγματα για τον φωτισμό των υπνοδωματίων και εξωτερικά είναι βαμμένοι με μαύρο χρώμα.

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών, έχουν εγκατασταθεί κουρτίνες και εξωτερικά ρολά. Ως βοηθητική πηγή θέρμανσης, χρησιμοποιείται εγκατάσταση καλοριφέρ με καυστήρα φυσικού αερίου και ένα τζάκι.



15ε. Όψη του τοίχου μάζας

## 16. ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ, ΑΘΗΝΑ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:** ΑΝΑΧ

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ:** Α. Ν. ΤΟΜΠΑΖΗΣ - Ν. ΦΛΕΤΟΡΙΔΗΣ

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ:** 1992 - 93

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 1994-98

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
- ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ



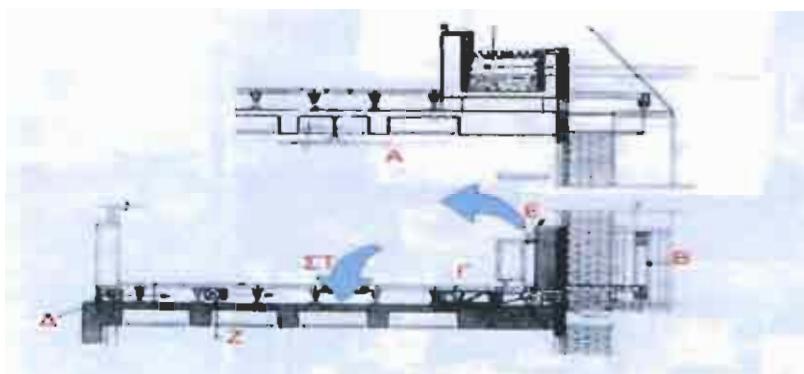
16α. Εξωτερική ύποψη του κτιρίου

## Περιγραφή του έργου

Το οικόπεδο βρίσκεται στην Αθήνα στους πρόποδες των Λυκαβηττού και περικλείεται από τις οδούς Αρματολών & Κλεφτών, Σούτσου και Κόνιαρη. Έχει εμβαδόν  $500 \text{ m}^2$  και υψομετρική διαφορά κατά μήκος της ανατολικής πλευράς 1.5 m. Το κτίριο γραφείων αποτελείται από πέντε ορόφους με μέγιστο ύψος 20.90 m και συνολικό μικτό εμβαδόν  $3.050 \text{ m}^2$ .

Οι περιορισμοί του οικοπέδου, σε συνδυασμό με τους στόχους των σχεδιαστών για την δημιουργία άνετου περιβάλλοντος για τους χρήστες και κάλυψη των ενεργειακών φορτίων, οδήγησαν στην εφαρμογή των παρακάτω βιοκλιματικών αρχών:

1. Μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού
2. Σκιασμός της όψης, σταθερός και κινητός.
3. Βελτιστοποίηση του παθητικού δροσισμού
4. Ευέλικτο σύστημα θέρμανσης και νυκτερινός δροσισμός μέσω του ψευδοπατώματος



16β. Διάγραμμα συστήματος κλιματισμού / αερισμού. Α) ανεμιστήρας οροφής, β) κινητά σκίαστρα, γ) κλιματιστικά μηχανήματα επί ψευδοπατώματος, δ) εξαεριστήρας νυκτερινού δροσισμού, ε) προσαρμογή κλιματιζόμενοι αέρα, στ) απαγωγή αέρα μέσω ψευδοπατώματος, ζ) αεραγωγός προσαρμογής γαστού αέρα στο ψευδοπάτεδο



16γ. Εσωτερικός χώρος

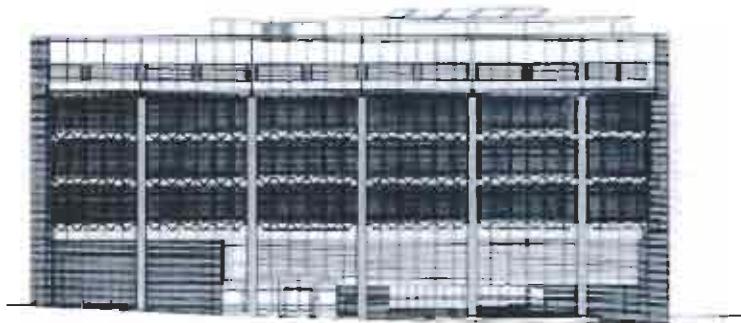
### Γενική περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο στεγάζει τα γραφεία της Τεχνικής εταιρίας Anax S.A. και αποτελείται από τρία υπόγεια που εξυπηρετούν τις ανάγκες πάρκινγκ και αρχειοθέτησης της εταιρείας, ισόγειο, ημιώροφο, τρεις τυπικούς ορόφους γραφείων και τον τελευταίο όροφο της διοίκησης με φυτεμένο δώμα.

Τα γραφεία είναι τοποθετημένα στην ανατολική πλευρά του κτιρίου ενώ δύο οι χώροι υποστήριξης όπως μπάνιο, κουζίνα, σκάλες και ασανσέρ είναι τοποθετημένα στο πίσω μέρος αυτού. Η ανατολική δύψη καλύπτεται από διπλά ναλοστάσια με κουφώματα αλουμινίου και σκιάζεται με ηλεκτρικά περιφερόμενες περί τον κατακόρυφο άξονα γυάλινες επιφάνειες σε δύο το μήκος του δεύτερου, τρίτου και τέταρτου ορόφου.

Η κάτοψη του πέμπτου ορόφου διαφοροποιείται καθώς έχουν προστεθεί μία αίθουσα συνεδριάσεων και ένα δωμάτιο. Ο φέρων οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι τοιχοδομές είναι από τούβλα και η θερμομόνωση 10 εκ. για τις εξωτερικές τοιχοποιίες και τα δώματα.

Δεκατέσσερα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν τοποθετηθεί στο δώμα και παρέχουν όλη την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση των σκιάστρων.



[66. Όψη του κτιρίου στην οδό Κόνιαρη]

### 17. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΝΕΑ ΦΙΛΟΘΕΗ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: Χ. & Δ. ΜΥΤΑΡΑΣ**

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ: Μ. Γ. ΣΟΥΒΑΤΖΙΔΗΣ**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1981**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1982-85**

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΤΟΙΧΟΙ ΜΑΖΑΣ

- ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ



17a. Εξωτερική άποψη

### Περιγραφή του έργου

Η κατοικία βρίσκεται στη Νέα Φιλοθέη της Αττικής σε επικλινές οικόπεδο  $207m^2$ , με κλίση 15% στην κατεύθυνση βορρά-νότου.

Αποτελείται από τρεις ορόφους, πυλωτή και υπόγειο και στεγάζει μία τριμελή οικογένεια. Η ανατολική και δυτική όψη του κτιρίου βρίσκονται σε επαφή με τα όμορα - ισόγειο και διώροφο κτίριο. Το επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης του οικοπέδου είναι 70%. Η νότια όψη της κατοικίας βρίσκεται σε επαφή με τον δρόμο και έχει θέα στο απέναντι πάρκο.

Κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην κίνηση του ήλιου κατά τη διάρκεια του χρόνου.

### Γενική περιγραφή του κτιρίου

Στον Α' όροφο έχουν οργανωθεί οι παρακάτω χώροι: γραφείο, ξενώνας και ένα εργαστήριο ζωγραφικής. Στον Β' όροφο βρίσκονται δύο υπνοδωμάτια, ένα μπάνιο, WC και το δεύτερο εργαστήριο ζωγραφικής. Ο Γ' όροφος αποτελείται από τους χώρους υποδοχής, τραπεζαρίας και κουζίνας.

Υστερα από μελέτη της κίνησης του ήλιου, το κτίριο σχεδιάστηκε ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να φτάνει το χειμώνα σε μεγάλο βάθος, μέχρι τους χώρους της βορινής πλευράς. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με την κεκλιμένη πλάκα - η κλίση των  $27^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο ταυτίζεται με την γωνία ίψους του ήλιου την 21η Δεκεμβρίου το μεσημέρι.

Το δώμα έχει διαμορφωθεί κατά ένα τμήμα του σε κήπο. Το χώμα καθώς και η βλάστηση που έχει αναπτυχθεί, προστατεύουν το κτίριο από υπερθέρμανση το καλοκαίρι και μειώνουν τις θερμικές απώλειες το χειμώνα.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που εφαρμόστηκαν, είναι τα ακόλουθα:

1. Το σύστημα άμεσου κέρδους με ανοίγματα προσανατολισμένα ακριβώς στο νότο. Η επιφάνεια των υαλοστασίων, τα οποία είναι διπλά, αντιστοιχεί στο 50% της επιφάνειας του κατοικήσιμου χώρου. Τα ανοίγματα προστατεύονται με μονωμένα ρολά αλουμινίου. Ο σκιασμός επιτυγχάνεται με σταθερά προεξέχοντα στοιχεία, κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα.
2. Το σύστημα εμμέσου κέρδους αποτελείται από τρεις τοίχους Trombe, κατασκευασμένους από συμπαγές τούβλο, έναν για κάθε όροφο της κατοικίας. Οι τοίχοι έχουν εμβαδόν  $4 \text{ m}^2$  στον Α όροφο,  $1.5 \text{ m}^2$  στον Β όροφο και  $7.5 \text{ m}^2$  στον Γ όροφο αντίστοιχα. Φέρουν θυρίδες στο πάνω και κατ ου μέρος του τοίχου για την κυκλοφορία του θερμού αέρα. Τα υαλοστάσια στην εξωτερική πλευρά του τοίχου είναι μονά και ανοιγόμενα.
3. Το σύστημα του θερμοκηπίου, το οποίο βρίσκεται στον Β όροφο επικοινωνεί με το εσωτερικό αίθριο καθώς και με ένα από τα δύο υπνοδωμάτια. Το καλοκαίρι το 50 % των υαλοστασίων του ανοίγει. Η ηλιοπροστασία του εξασφαλίζεται από την προεξοχή του εξώστη του Γ ορόφου.
4. Ο φυσικός δροσισμός των εσωτερικών χώρων, επιτυγχάνεται με διαμπερή αερισμό, που δημιουργείται με το άνοιγμα των νοτίων και βορείων υαλοστασίων.

Ως βοηθητική πηγή θέρμανσης χρησιμοποιείται εγκατάσταση καλοριφέρ και ένα τζάκι στο καθιστικό του Β ορόφου.

## 18. ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ, DYFI UNIT 1 ECO PARK, WALES

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: DYFI ECO PARK**

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ: PETER HOLDEN ARCHITECTS**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1994**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1995**

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
- ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΦΙΛΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



18a. Εξωτερική άποψη του κτιρίου

### Περιγραφή του έργου

Το κτίριο είναι το πρώτο που χτίστηκε στο Dyfi Eco Park, το οποίο βρίσκεται στο Machynlleth της Ουαλίας.

Στεγάζει μέρος των γραφείων μιας μεγάλης εταιρίας και αποτελείται από εργαστηριακούς χώρους, αίθουσα συσκέψεων και χώρους υποστήριξης στο ισόγειο και γραφεία στον πρώτο όροφο. Ο σκελετός του κτιρίου είναι ξύλινος, κατασκευασμένος από τοπική ξυλεία.

Στόχος των σχεδιαστών, ήταν η μείωση στο ελάχιστο των κτιριακών ρύπων, η δημιουργία άνετου περιβάλλοντος για τους χρήστες και κάλυψη των ενεργειακών φορτίων, που οδήγησαν στην εφαρμογή των παρακάτω βιοκλιματικών αρχών:

1. Μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού
2. Σκιασμός της όψης, σταθερός
3. Βελτιστοποίηση του παθητικού δροσισμού
4. Προσεκτική χρήση υλικών και συστημάτων



18β). Οι φεγγιτες οροφής παρέχουν καλής ποιότητας φωτισμό στον πρώτο όροφο του κτιρίου

### Γενική Περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο διαμορφώνεται σε δύο επίπεδα. Η στέγη είναι καλυμμένη με πέτρινες πλάκες Ουαλίας. Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν μονωθεί με 150εκ. ανακυκλωμένης μονώσεως για την μείωση των θερμικών απωλειών. Η θέρμανση εξυπηρετείται από σύστημα καλοριφέρ με καυστήρα φυσικού αερίου και προγραμματιστή τριών καναλιών για την ρύθμιση του ζεστού νερού και με δυνατότητα απομόνωσης του ισογείου από τον πρώτο όροφο.

Το τμήμα της οροφής που λειτουργεί ως φωταγωγός, έχει διπλά υαλοστάσια και ηλεκτρονικά ανοιγόμενα παράθυρα. Τα σκίαστρα έχουν υπολογισθεί έτσι ώστε να επιτρέπουν την είσοδο του ήλιου σε μεγαλύτερο βάθος κατά την περίοδο του χειμώνα και να προστατεύουν από την ακτινοβολία κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Τα ανοίγματα της ανατολικής και δυτικής όψης είναι περιορισμένα στο ισόγειο, ενώ στον πρώτο όροφο σκιάζονται επαρκώς από την στέγη.



18γ. Στήγη πρόσφατης του κτιρίου. Είναι σύστημα υαλοστασίων προσφέρει ηλιακή θέρμανση και ιριστικό φωτισμό

### 19. ΔΗΜΟΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ, POMPEU FABRA, MATARÓ, ΒΑΡΚΕΛΩΝΗ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: ΔΗΜΟΣΙΟ**

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ: MIQUEL BRULLET I TENAS**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1993**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1995**

- ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



19a. Εξωτερική αποψη του κτιρίου από τη νότια όψη φαίνονται τα Φ/Β συστήματα σύκαταστημένα στην οροφή και στον κατακόρυφο νότιο εξωτερικό τοίχο

### Περιγραφή των έργων

Το κτίριο βρίσκεται στην πλατεία Occitania, Małaga και είναι 1600m<sup>2</sup>.

Η κάτοψη τον είναι ορθογώνια και είναι προσανατολισμένο έτσι ώστε η κύρια όψη να είναι νότια. Διαθέτει εκτός από τους χώρους της βιβλιοθήκης, αίθουσες συνεδριάσεων, αναγνωστήρια και βοηθητικούς χώρους. διαμορφωμένους σε τρία επίπεδα, υπόγειο, ισόγειο και πρώτο όροφο.

Στόχος της μελέτης, ήταν η ισορροπία μεταξύ των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού με τις αισθητικές και οικονομικές απαιτήσεις. Κύρια πηγή ενέργειας είναι το φωτοβολταϊκό σύστημα που καλύπτει την οροφή και την νότια όψη του κτιρίου και έχει υπολογιστεί να παράγει περίπου 75 Mw/h το χρόνο, ώστε να υπερκαλύπτει τις ανάγκες της βιβλιοθήκης.



19β.

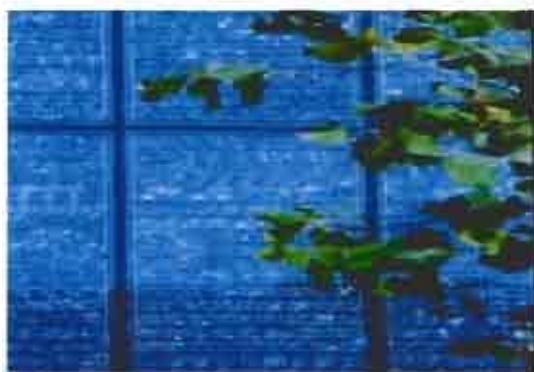
Ο θερμός αέρας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα κυκλοφορεί στο κτίριο και έχει μειώσει τις θερμικές του ανάγκες κατά 30%.

Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι νοτιοδυτικός για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση

του ήλιου. Η κλίση των 45° που έχουν τα φωτοβολταικά στοιχεία στην οροφή έχει υπολογισθεί να αποφέρει την μεγίστη απόδοση για την Βαρκελώνη.

Τα στοιχεία δρουν και ως σκίαστρα της ηλιακής ακτινοβολίας για τα δωμάτια μελέτης που βρίσκονται στην νότια πλευρά του κτιρίου. Παράλληλα, προστατεύουν την οροφή του κτιρίου από άμεσα ηλιακά κέρδη.

Οι χώροι που απαιτούνται για την υποστήριξη του συστήματος, όπως και αυτοί που απαιτούνται για την τοποθέτηση των διατάξεων αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας καθώς και των κυκλοφορητών θερμού αέρα και νερού, καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του υπογείου.



197. Λεπτομέρεια των φωτοβολταικών

## 20. ΠΡΟΤΥΠΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ, ΛΟΝΔΙΝΟ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:** BILL DUNSTER

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ:** BILL DUNSTER

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ:** 1993

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 1995

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
- ΤΟΙΧΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ
- ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ



20α. Πρότυπη κατοικία, εξωτερική άποψη

### Περιγραφή του έργου

Η πρότυπη αυτή κατοικία, έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή της από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη, ικανοποιώντας τις ανάγκες μιας οικογένειας με πολύ χαμηλό κόστος. Είναι διαμορφωμένη σε τρία επίπεδα και ο προσανατολισμός σχετίζεται άμεσα με τις κλιματολογικές παραμέτρους της περιοχής για τη επίτευξη φυσικού αερισμού, φωτισμού και την καλή κυκλοφορία του θερμού αέρα.

Η πρότυπη αυτή κατοικία ακολουθεί τις αρχές της αυτονομίας και της αειφορίας. Ανακυκλώνει το μεγαλύτερο ποσούστο των αποβλήτων και δημιουργεί τις συνθήκες για καλλιέργεια φυτικών ειδών διατροφής.



20β. Μακέτα του κτιρίου

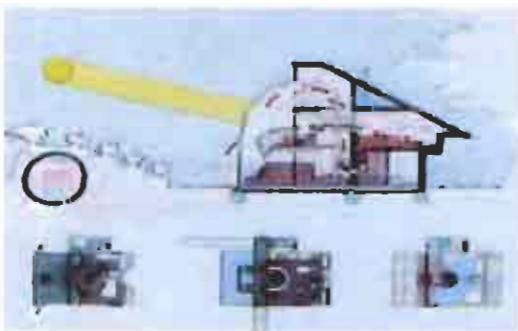
### Γενική Περιγραφή του κτιρίου

Για την τοποθέτηση του κτιρίου στον χώρο, χρειάστηκε ελάχιστη προεργασία καθώς δεν έγιναν εργασίες εκσκαφής.

Οι φέροντες τοίχοι είναι από τούβλα και η ελαφριά κατασκευή που αποτελείτο θερμοκήπιο και μέρος του ισογείου και πρώτου ορόφου είναι από ξύλο. Τα ανοίγματα έχουν εξοπλιστεί με διπλά υαλοστάσια καθώς και με ανοιγόμενα παράθυρα για την επίτευξη φυσικού αερισμού και δροσισμού.

Στο ισόγειο έχουν οργανωθεί οι χώροι ενός καθιστικού και ενός υπνοδωματίου καθώς και ένα WC και αποθηκευτικοί χώροι. Οι κυρίως λειτουργίες γίνονται στον πρώτο όροφο όπου φιλοξενούνται η κουζίνα, η τραπεζαρία και το σαλόνι, ενώ τα υπόλοιπα υπνοδωμάτια βρίσκονται στον δεύτερο όροφο. Οι όροφοι ενώνονται με μία κεντρική κυκλική σκάλα που λειτουργεί και ως αεραγωγός.

Το περιβάλλον της κατοικίας ρυθμίζεται εξ' ολοκλήρου μηχανικά από τους χρήστες.



207. Λειτουργίες - Χειμώνας



208. Λειτουργίες - Καλοκαίρι

## 21. INTERNATIONAL SCHOOL, LYON

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:**

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ: JOURDA & PERRAUDIN**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1989**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1992**

- ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΦΩΤΙΣΜΟΣ
- ΣΚΙΑΣΗ



21a. Λεπτομέρειες των σκιάστρων

### Περιγραφή του έργου

Πρόκειται για ένα σχολείο του οποίου τα κτίρια έχουν οργανωθεί κατά μήκος στις όχθες των ποταμών Rhone & Saone και δίπλα στην είσοδο του πάρκου Gerland. Η νοτιοανατολική και δυτική όψη του κτιρίου είναι κατασκευασμένες εξ ολοκλήρου από γυαλί, το οποίο όμως προστατεύεται στην δυτική από ένα σύστημα σκιάστρων. Η κλίση των σκιάστρων μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση του ήλιου κατά τις ώρες διδασκαλίας. Τα σκίαστρα ελέγχονται από ηλεκτρικούς διακόπτες.

Η νοτιοανατολική όψη εκμεταλλεύεται τα άμεσα ηλιακά κέρδη. Ο θερμός αέρας που παράγεται κυκλοφορεί στο κτίριο με μηχανικό ή ηλεκτρικό χειρισμό των ανοιγμάτων.

Οι χώροι που είναι κοινοί για τα τρία σχολεία που στεγάζονται στο κτίριο, όπως η βιβλιοθήκη, οι καντίνες, οι συνεδριακοί χώροι, τα γυμναστήρια και τα εργαστήρια, έχουν οργανωθεί στο εσωτερικό του «Κύκλου της Ζωής» όπως τον αποκαλούν που σχηματίζεται στο ανατολικό άκρο του κτιρίου, κάτω από μία κρεμαστή στέγη.

Υπάρχουν ρυθμιζόμενοι φωταγωγοί και αεραγωγοί για την επίτευξη φυσικού αερισμού και φωτισμού.

Η στέγη αποτελείται από μία μεταλλική κατασκευή από την οποία έχουν κρεμαστεί τα υαλοστάσια. Μεγάλο μέρος της οροφής καλύπτεται από φυτά, που παρέχουν σκιά. Η προσθήκη των αναρριχόμενων φυτών συμβάλλει επίσης και στην βελτιστοποίηση της ποιότητας του αέρα των ημιυπαίθριων χώρων.



21β. Εξωτερική άποψη

## 22. SEVILLE EXPO '92, THE PALENQUE

ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕΒΙΛΛΗΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ: MIGUEL DE PRADA POOLE

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1990

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1992

- ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ
- ΣΚΙΑΣΗ



22α. Εξωτερική άποψη του εκθεσιακού χώρου

### Περιγραφή του έργου

Στα πλαίσια της Διεθνούς Έκθεσης της Σεβίλλης, μία ομάδα από αρχιτέκτονες και κατασκευαστές συνεργάστηκαν για την βελτιστοποίηση του μικροκλίματος του εκθεσιακού χώρου έτσι ώστε να καταστήσουν τους εξωτερικούς χώρους πολύ πιο φιλόξενους.

Το Palenque σχεδιάστηκε ως ημιυπαίθριος χώρος -  $8000m^2$  - με δυνατότητα να χρησιμοποιείται και ως αμφιθέατρο και ως χώρος για ξεκούραση. Είναι τοποθετημένο στο

κέντρο της Expo '92.

Ο χώρος έχει καλυφθεί από διπλή εφελκυόμενη μεμβράνη, με κενό ενδάμεσα και σύστημα ψεκασμού για την δημιουργία και κυκλοφορία δροσερού αέρα. Η εξωτερική μεμβράνη βρέχεται συνεχώς, εμποδίζοντας έτσι την υπερθέρμανση του υλικού καθώς και την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο χώρος έχει διαιρεθεί σε δύο ζώνες, την κεντρική και τις δύο πλαϊνές. Η κεντρική περιλαμβάνει ένα αμφιθέατρο για 1500 άτομα και σκηνή για εκδηλώσεις η οποία διαφοροποιείται από τον χώρο των θεατών με δύο μικρές λίμνες σε διαφορετικά ύψη και ενωμένες με ένα καταρράκτη.

Ανάμεσα στην κεντρική και τις πλαϊνές ζώνες, έχουν τοποθετηθεί σειρές από δένδρα και σιντριβάνια. Η περίμετρος έχει εξοπλιστεί με σιντριβάνια και σύστημα εκπομπής μικρών σταγόνων, που εμποδίζουν την αύξηση της θερμοκρασίας από τον θερμό εξωτερικό αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία.

Το διάχυτο φως που διαπερνά τις μεμβράνες εξασφαλίζει καλά επίπεδα φυσικού φωτισμού.

Οι κοινωνικές κατασκευές που αποτελούν την οροφή του συμπλέγματος, επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός και διαθλούν τον τεχνητό φωτισμό κατά την διάρκεια της νύχτας.

Οι επίστρωση των δρόμων, η τοποθέτηση δενδρυλλίων καθώς και η οργάνωση των κήπων που περικλείουν τις κατασκευές της έκθεσης, έχουν μελετηθεί για τις αλλαγές που θα επφέρουν στον περιβάλλοντα χώρο.



22β. Εσωτερική άποψη του συνδριακού κέντρου

### 23. THE AUDUBON HOUSE, MANHATTAN

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:** NATIONAL AUDUBON SOCIETY

**ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ:** AUDUBON & CROXTON COLLABORATIVE ARCHITECTS.

**RANDOLPH R. CROXTON & KIRSTEN CHILDS**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ:** 1989

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 1989-1992

- ΑΝΑΠΑΛΑΙΩΣΗ
- ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ



23a. Εξωτερική άποψη του κτιρίου

### Περιγραφή των έργων

Για την μεταφορά των γραφείων της, η National Audubon Society, μια διεθνής περιβαλλοντική οργάνωση, αγόρασε και αναπαλαίωσε ένα κτίριο που χτίστηκε πριν από ένα αιώνα.

Το κτίριο έχει οκτώ ορόφους με εμβαδόν 98000 τετραγωνικά πόδια και βρίσκεται στο Manhattan.



23b. Λξιωτοίστη του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου

### Περιγραφή του κτιρίου

Τα γραφεία βρίσκονται στους τέσσερις τελευταίους ορόφους. Ο πρώτος όροφος στεγάζει μία εμπορική εταιρεία, ενώ οι δεύτερος και τρίτος χρησιμοποιούνται από την Audubon. Ένας

δροφος με συνεδριακούς χώρους προστέθηκε κατά την αναπαλαίωση. Οι τοίχοι αποτελούνται από τούβλα και πετρά και τα παράθυρα έχουν διπλά υαλοστάσια για ηχομόνωση και θερμομόνωση.

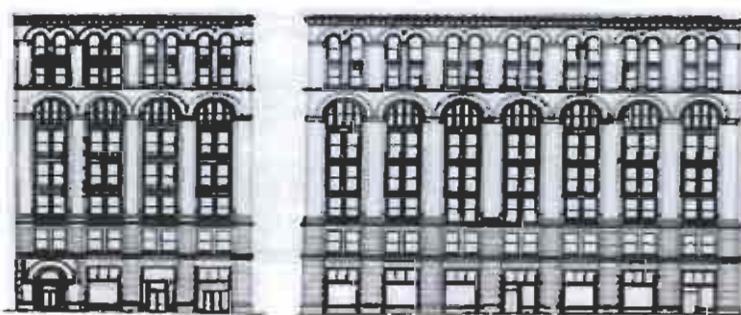
Στόχοι των μελετητών ομάδας ήταν:

1. Η μείωση των εκπομπών CFC's και των εσωτερικών ρύπων
2. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
3. Η επίτευξη άμεσου και εμμέσου ενεργειακού κέρδους με σωστή επιλογή των υλικών και συστημάτων στο κέλυφος και στο εσωτερικό.
4. Η χρήση ανακυκλωμένων υλικών.
5. Η ανακύκλωση των αποβλήτων του κτιρίου

Το κτίριο έχει εξοπλιστεί με τα εξής συστήματα:

- Σύστημα θέρμανσης με αέριο για κάθε δρόφο
- Σύστημα αερισμού με απόδοση 24 cfm ανά άτομο
- Σύστημα για το φιλτράρισμα και την αλλαγή του εσωτερικού αέρα με ρυθμό 6.2 φορές ανά ώρα.
- Φωτοκύτταρα για τη ρύθμιση του τεχνικού φωτισμού σε σχέση με τον φυσικό.

Οι θέσεις εργασίας έχουν οργανωθεί με εργονομικό τρόπο και με προσανατολισμό κατά τον άξονα ανατολής- δύσης για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Το αρχικό ύψος έχει διατηρηθεί για τον ίδιο λόγο.



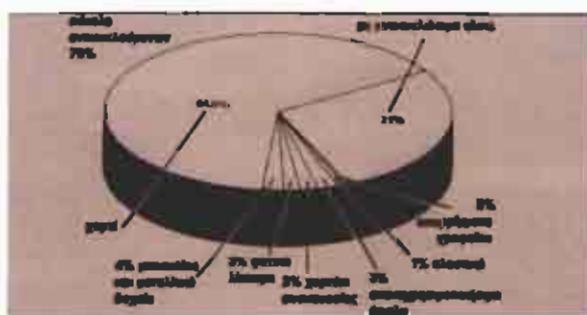
23γ. Σχέδια της Νότιας και Δυτικής όψης του κτιρίου

Η μόνωση που προστέθηκε είναι τριπλάσια από την προτεινόμενη για τις κλιματολογικές συνθήκες της Νέας Υόρκης.

Το σύστημα ανακύκλωσης επιτρέπει την εκμετάλλευση έως και 80% των απορριμάτων των γραφείων. Η διοχέτευση των απορριμάτων κάθε ορόφου στο υπόγειο του κτιρίου πραγματοποιείται με την βοήθεια τεσσάρων κατακόρυφων σωλήνων διαμέτρου 45 εκατοστών, καθένας από τους οποίους προορίζεται για διαφορετικά υλικά.



23δ. Αγωγοί για τη συλλογή και τη μεταφορά των προς ανακύκλωση σκουπιδιών.



23ε. Ποσοστά ανακυκλούμενων υλικών

## 24. ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΤΙΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΛΑΙΩΝΑΣ - ΑΘΗΝΑ

**ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ: ΚΤΗΜΑΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΟΥ (ΚΕΔ)**

**ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΗΛΙΑΣ ΓΟΥΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ, ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΓΟΥΝΑΡΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΓΕΚ Α.Ε. / Θ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ Α.Ε. με συνεργάτες τους ΔΗΜΗΤΡΗ ΚΑΒΟΥΡΑ, ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΠΟΥΡΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΟΡΕΩΝ: Δ. ΠΑΝΑΓΟΣ, Β. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ, Μ. ΚΑΛΤΣΑ Ο.Ε.**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: 1997 - 98**

**ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: 1998 -**

- ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΕΡΔΟΣ
- ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
- ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
- ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ



24a. Γενική άποψη (μακέτα)

### Περιγραφή του έργου

Το κτίριο που επιλέχθηκε για την στέγαση των υπηρεσιών του ΥΠΕΧΩΔΕ είναι το υφιστάμενο παρών βιομηχανικό κτίριο της καπνοβιομηχανίας ΚΕΡΑΝΗ μικτής ωφέλιμης επιφάνειας 45.000 m<sup>2</sup>, που βρίσκεται σε οικόπεδο 15 στρεμμάτων εντός της περιοχής του Ελαιώνα, στην οδό Θηβών στα όρια του Δήμου Άγιου Ιωάννη Ρέντη. Το κτίριο αποτελείται από υπόγειο, ισόγειο και 6 ορόφους. Η ανακατασκευή του βιομηχανικού αυτού κτιρίου γίνεται με βάση το Κτιριολογικό Πρόγραμμα του ΥΠΕΧΩΔΕ και την ενεργειακή μελέτη που εκπονήθηκε και αποτελούσε απαίτηση της προκήρυξης. Η μελέτη αυτή συμπεριλαμβάνει την βιοκλιματική μελέτη ως συμπλήρωμα της αρχιτεκτονικής, την μελέτη των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και τη μελέτη διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου που περιλαμβάνει την δημιουργία βιοκλιματικού οικολογικού πάρκου.

Στόχος είναι η δημιουργία ενός πρότυπου κτιρίου, χαρακτηριστικά του οποίου θα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και νερού και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στην όλη κατασκευή περιλαμβάνεται επίσης η δημιουργία αίθριων, η χρήση συστημάτων ηλιοπροστασίας, η χρήση δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, η χρήση φυσικού αερίου καθώς και η χρήση συστημάτων ορθολογικής διαχείρισης απορριμάτων. Προβλέπονται επίσης αυτοματισμοί για τον έλεγχο και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων.



24β. Πλατνή όψη (μακέτα)



24γ. Άποψη του εσωτερικού αίθριου (μακέτα)

Σημαντικό στοιχείο θεωρείται το γεγονός ότι η στέγαση του **ΥΠΕΧΩΔΕ** θα γίνει σε υφιστάμενο κτίριο, χωρίς να προστεθούν τετραγωνικά νέας δομημένης επιφάνειας στον ήδη βεβαρημένο πολεοδομικό ιστό της πρωτεύουσας.

Παράλληλα θα εξασφαλισθεί:

- η εφαρμογή των οδηγιών του ΥΠΕΧΩΔΕ για την καλύτερη εξυπηρέτηση των Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες.
- η άριστη θερμομόνωση και ηχομόνωση του συνόλου του κελύφους
- η μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με την προσθήκη ραφιών φωτισμού.
- η αξιοποίηση των ηλιακών κερδών από το κέλυφος του κτιρίου και τα αίθρια, καθώς και η αποθήκευση και κυκλοφορία του θερμού αέρα που δημιουργείται από αυτά.



24δ. Λεπτομέρεια του συστήματος πλίασης

Η στατική μελέτη του φέροντος οργανισμού του κτιρίου εκπονήθηκε με ιδιαίτερη ανασθησία, ώστε να παραμείνουν εμφανή τόσο τα εξωτερικά όσο και τα εσωτερικά στοιχεία της βιομηχανικής αρχιτεκτονικής. Παράλληλα θα εφαρμοστεί ο νέος αντισεισμικός κανονισμός.



24ε. Όψη επί της οδού Θηβών (μακέτα)



24στ. Όψη προς το χώρο στάθμευσης και το οικολογικό πάρκο (μακέτα)

### Γενική περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο που αποτελείται από ισόγειο και έξη ορόφους, μετά την ανακατασκευή του που αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2000, θα περιλαμβάνει τους παρακάτω χώρους:

- Χώρους γραφείων
- Χώρους ηλεκτρονικών υπολογιστών
- Ειδικά μελετημένα σχεδιαστήρια.
- Αίθουσες υποδοχής κοινού και συσκέψεων
- Αίθουσα συγκεντρώσεων- τελετών
- Αίθουσα Τύπου και δημοσιογράφων
- Πολυλειτουργικές αίθουσες για συνέδρια και πολιτιστικές εκδηλώσεις
- Μικρό βρεφονηπιακό σταθμό
- Γυμναστήριο
- Εστιατόρια, κυλικεία
- Γραφεία προς χρήση των Σωματείου Εργαζομένων
- Σύγχρονους χώρους υγιεινής
- Κεντρικό αίθριο διαμορφωμένο σε χώρο υποδοχής κοινού με μόνιμες και περιοδικές εκθέσεις σχετικές με το αντικείμενο του Υπουργείου
- Τέσσερα αίθρια διαμορφωμένα σε χώρους ανάπτυξης
- Υπόγειου και υπέργειους χώρους στάθμευσης
- Αίθουσες μόνιμων και περιοδικών εκθέσεων για την προβολή του έργου του Υπουργείου αλλά και την άμεση, αποτελεσματική ενημέρωση του κοινού και των ενδιαφερομένων
- Σύγχρονο Γραφείο Ελέγχου Λειτουργίας και Διαχείρισης του κτιρίου.

- Οικολογικό - Βιοκλιματικό Πάρκο 20 περίπου στρεμμάτων.

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΠΟ ΤΟ  
1981 ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1999**

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ	ΕΡΓΟ	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ					ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ			ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
			ΑΚ ΤΘΑ	Θ. Π.	Θερμοκήπ.	Άλλο	Φ. Αερ	Σκιαση	Άλλο		
Στ. Ελλάδα, Αττική	Κωνσταντινίδου	Διώροφη κατοικία στην Κηφισιά	1	1	--	1	-----	1	--	-----	1/1/1988
Πελοπόννησος Β.	Κωνσταντινίδου	Διώροφη κατοικία στη Στίμαγγα Κορινθίας	1	--	--	-	-----	1	--	-----	1/1/1988
Πελοπόννησος Β.	Κωνσταντινίδου-Κοντέας	ΤΕΙ Πάτρας	1	1	--	1	-----	1	--	-----	1/1/1992
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σπυροπούλου	Κατοικία στην Κερατέα	1	1	--	-	-----	1	--	-----	1/1/1982
Στ. Ελλάδα, Αθήνα	Σπυροπούλου	Κατοικία στην Αθήνα	1	1	--	1	-----	1	--	-----	1/1/1986
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σπυροπούλου	Κατοικία στην Πεντέλη	1	--	--	1	-----	1	--	-----	1/1/1986
Κυκλαδίς	Καπόν	Κοινωνικό Γραφείο Πιτρόφου Ανδρου	1	1	--	-	-----	1	--	Αντίστροφη λειτουργία τοίχου Trombe	1/1/1987
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στα Κουνουπιδιανά Χανίων	1	1	--	-	-----	1	2	-----	1/1/1982
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στα Χανιά Κρήτης	1	1	1	-	-----	1	1	-----	1/1/1985
Στ. Ελλάδα, Αττική	Γιαννιδης	Διώροφη βιοκλιματική κατοικία στο Μόλο Κερατέας	1	1	--	-	-----	-	1	αγωγοί από υπόγειο, χρήση αερισμός Trombe	1/1/1988
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στο Ακρωτήρι Χανίων	1	--	--	1	-----	1	1	-----	1/1/1984
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στο Μακρύ Τοίχο Χανίων	1	1	--	-	-----	1	1	-----	
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στα Τσικαλαριά Χανίων	1	--	--	-	-----	1	1	-----	1/1/1989
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στο Ρίθυμνο	1	--	--	-	-----	1	1	-----	1/1/1990
Κρήτη	Καλλιγέρης	Κατοικία στα Τσικαλαριά Χανίων	1	--	--	-	-----	1	1	-----	1/1/1990

Μακεδονία Κ. Χατζηαθανασίου		Πράσινο Συγκρότημα Οικολογικής Διαχείρισης στην Αρναία Χαλκιδικής	1	---	---	---	---	1	-	-----	1/1/1999
		<b>Κρήτη</b>	<b>Καλλιγέρης</b>	<b>Κέντρο Υγείας στο Βάμα Χανίων</b>	1	---	---	---	1	1	-----
Στ. Ελλάδα, Αττική	Καλλιγέρης	Νοσηλευτικό Κέντρο Υγείας στο Πέραμα	1	---	---	---	---	1	-	-----	
		<b>Κρήτη</b>	<b>Καλλιγέρης</b>	<b>7ο Νηπιαγωγείο και 13ο Δημοτικό στο Ρέθυμνο</b>	1	---	---	1	---	1	1/1/1987
Κρήτη	Καλλιγέρης	8ο Νηπιαγωγείο και 7ο Δημοτικό στο Ρέθυμνο	1	---	---	1	---	1	1	-----	1/1/1986
		<b>Κρήτη</b>	<b>Καλλιγέρης</b>	<b>Γυμνάσιο στο Ρέθυμνο</b>	1	---	---	---	1	1	-----
Κρήτη	Κοπιδάκης	Κτίριο Γραφείων και Εργαστηρίων στο Ηράκλειο	1	---	---	---	---	1	1	-----	1/1/1993
		<b>Κρήτη</b>	<b>Κοπιδάκης</b>	<b>Κτίριο Γραφείων στο Ηράκλειο</b>	1	---	---	1	---	1	---
Στ. Ελλάδα, Αττική	Τομπάζης	Ήλιος 2 - Παθητική ήλιακή κατοικία στην Εκάλη	1	---	---	1	---	1	1	-----	1/1/1983
		<b>Στ. Ελλάδα</b>	<b>Τομπάζης</b>	<b>Ήλιος 3- Παθητική ήλιακή κατοικία στην Αήγανα</b>	1	1	1	1	1	-	-----
Στ. Ελλάδα, Αττική	Τομπάζης	Παιδικός Σταθμός Ταμείου Υπ/λων Τράπεζας Ελλάδας	1	1	1	1	1	1	1	-----	1/1/1984
		<b>Στ. Ελλάδα, Αττική</b>	<b>Τομπάζης</b>	<b>ΗΛΙΑΚΟ ΧΩΡΙΟ</b>	1	1	1	1	1	1	1
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σουβατζίδης	Κατοικία και Εργαστήρια Ζωγραφικής στην Φιλοθέη	1	1	1	1	1	1	-	-----	1/1/1986
		<b>Πελοπόννησος Β.</b>	<b>Σουβατζίδης</b>	<b>Κατοικία στην Αρμαλάδα</b>	1	---	---	1	---	1	-
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σουβατζίδης	Κατοικία στη Σταμάτα Αττικής	1	1	1	1	1	1	1	-----	1/1/1986
		<b>Στ. Ελλάδα, Αθήνα</b>	<b>Σουβατζίδης</b>	<b>Πολυκατοικία στο Αττικό Άλσος</b>	1	---	---	1	---	1	1
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σουβατζίδης	Κατοικία στη Βούλα Αττικής	1	---	---	1	---	1	-	-----	1/1/1988
		<b>Στ. Ελλάδα, Αττική</b>	<b>Σουβατζίδης</b>	<b>Διπλοκατοικία στην Πολιτεία Αττικής</b>	1	---	---	1	---	1	-
											1/1/1990

Στ. Ελλάδα, Αττική	Σουβατζίδης	Συγκρότημα Κατοικιών στη Ν. Κηφισιά	1	---	--	1	-----	1	-	-----	1/1/1998
Εύβοια	Σουβατζίδης	Κατοικία στην Ιστιαία Ευβοίας	1	-	-	1	-----	1	-	-----	1/1/1999
Στ. Ελλάδα, Αττική		Κατοικία στο Ν. Βουτζά Ραφήνας	1	---	--	1	-----	1	-	Καρινάδες αερισμού	-
Στ. Ελλάδα, Αττική	Σουβατζίδης	Διπλοκατοικία στην Π. Πεντέλη	1	-	-	1	-----	1	1	-----	1/1/1996
Στ. Ελλάδα, Αθήνα	Σουβατζίδης	Κέντρο Τέχνης	1	-	--	-	-----	-	-	-----	1/1/1997
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Αραμπατζήγλου	Μονοκατοικία στην Αγία Τριάδα Θεσσαλονίκης	1	---	-	1	Ηλιακό αίθριο	1	-	-----	1/1/1999
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Χρονάκη	Κατοικία στο Ωραιόκαστρο	1	---	--	1	Ηλιακό αίθριο	1	-	-----	1/1/1992
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Αντωνίου- Αξαρλή	Γυμναστήριο Εύσομου	1	1	-	-	Ανάκτηση θερμότητας από τον αέρα	-	-	-----	1/1/1991
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	2ύροφη κατοικία στον Τρίλοφο	1	---	--	-	-----	1	1	-----	-
Θεσσαλία	Γεωργιάδου	Πολυκατοικία στα Φάρσαλα	1	-	-	-	-----	1	-	-----	1/1/1992
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Κατοικία στο Πανόραμα	1	1	--	1	-----	1	-	-----	1/1/1990
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στο Ελαιόδραμα Πανοράματος	1	1	-	-	-----	1	-	-----	1/1/1999
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στο Ελαιόδραμα	1	1	--	-	-----	1	-	-----	1/1/1996
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στο Πανόραμα	1	---	--	1	Θερμοδυναμικό τζάκι rock bed από beton	1	-	-----	1/1/1993
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στη Σουρωτή	1	---	--	-	-----	1	-	-----	1/1/1993
Μακεδονία Δ.	Τσάρας	Κατοικία στην Κατερίνη	1	-	-	-	Χοντροί μονοκόμματοι τούβλινοι τοίχοι	1	1	-----	-
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Τσάρας	Κατοικία στο Πανόραμα	1	---	--	-	Χοντροί μονοκόμματοι τούβλινοι τοίχοι	1	1	-----	-
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Αντωνίου- Αξαρλή	Κατοικία στο Ρετζίκι Θεσσαλονίκης	1	-	-	-	-----	1	-	-----	-

Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Αντωνίου- Αξαρλή	Κατοικία στη Θέρμη Θεσσαλονίκης	1	1	---	1	-----	1	-	-----	-
Μακεδονία Κ. Θεσ/νίκη	Αντωνίου- Αξαρλή	Κατοικία στη Θέρμη Θεσσαλονίκης	1	1	---	1	-----	1	-	-----	-
Στ. Ελλάδα, Αττική	Μπουριώτης	Κατοικία - Βιοτεχνία στο Μαραθώνα	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1981
Στ. Ελλάδα, Αττική	Μπουριώτης	Κατοικία στην Πολιτεία	1	---	---	1	-----	1	1	-----	1/1/1984
Στ. Ελλάδα, Αττική	Μπουριώτης	Κατοικία στην Κηφισιά	1	---	---	-	-----	1	-	-----	1/1/1988
Κυκλαδες	Μπουριώτης	Εξοχική κατοικία στην Ανόρο Ξενοδοχειακό συγκρότημα εξοχικών κατοικιών στο Δρό Πάρου	1	---	---	-	-----	1	-	-----	1/1/1989
Κυκλαδες	Μπουριώτης	Κατοικία στην Πάρο	1	---	---	-	-----	1	-	-----	1/1/1995
Κυκλαδες	Μπουριώτης	Κατοικία στην Νάξο	1	---	---	-	-----	1	1	-----	1/1/1993
Στ. Ελλάδα, Αττική	Μπουριώτης	Κατοικία στην Καλλιτεχνούπολη	1	---	---	1	-----	1	1	-----	1/1/1998
Πελοπόννησος B.	Μπουριώτης	Κατοικία στο Λαργός	1	---	---	1	-----	1	1	-----	1/1/1991
Πελοπόννησος N.	Λιβύ	Κατοικία στην Ελαία Μεσσηνίας	1	1	-	-	-----	1	-	-----	1/1/1989
Στ. Ελλάδα, Αττική	Γεωργαντάς	Βιοκλιματική κατοικία στην Κόφη Βάρης	1	---	---	-	-----	1	-	Αεροπόρις θερμ. μάζας	1/8/1997
Πελοπόννησος B.	Σουβατζίδης	Διπλοκατοικία στο Ζευγόλαπό Κορινθίας	1	1	---	1	-----	1	-	αερ. θερμοκη- πίου	1/1/1992
Στ. Ελλάδα, Αθήνα	Τομπάζης	Κτίριο γραφείων για την ΑΒΑΞ ΑΕ	1	---	---	-	-----	-	1	φωτοβολ- ταϊκά ice banks στο πόγκιο	1/1/1997
Στ. Ελλάδα, Αττική	Τομπάζης	Κτίριο Γραφείων της ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ - Γραφείο Μελετών Α.Ν. Τομπάζη ΕΠΕ	1	---	---	-	-----	-	1	-----	1/1/1995
Στ. Ελλάδα, Αττική	Τομπάζης	Κατοικία στο συγκρότημα ΞΕΝΙΑ Κηφισιάς	1	---	---	1	-----	1	1	-----	1/1/1992
Μακεδονία K. Θεσ/νίκη	Τομπάζης	Τόρυπα Πλαγιαγωργίου - Νοσοκομείο Δυτικής Θεσσαλονίκης	1	---	---	-	-----	-	1	-----	1/1/1996

Πελοπόννησος Ν.	Τομπάζης	120 βιοκλιματικές κατοικίες στην Καλαμάτα	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1/1996
Στ. Ελλάδα, Αθήνα	Τομπάζης	Κτίριο γραφείων - (ΓΕΚ ΑΕ-ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΟΣ ΑΕ)	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Τομπάζης	Εκθεστακό κέντρο δομικών υλικών ΕUROTECH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1/1997
Κυκλαδες	Καπόν	Γυμναστο-Λύκειο Γαυρίου Άνδρου	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1/1/1991
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία με υπόγειο στο Πανόραμα	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	1η μονοκατοικία (5 ηλιακές μονοκατοικίες) στον Αγ. Αθανάσιο Εδέσσης	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	2η μονοκατοικία (5 ηλιακές μονοκατοικίες)	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	3η μονοκατοικία (5 ηλιακές μονοκατοικίες)	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	4η μονοκατοικία (5 ηλιακές μονοκατοικίες)	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	5η μονοκατοικία (5 ηλιακές μονοκατοικίες)	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1/1/1990
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία με υπόγειο στο Χορτιάτη	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1999
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία με υπόγειο στη Θέρμη	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1994
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στην Εξοχή Θεσ/νίκης	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1999
Μακεδονία Κ.	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στη Σκιάνη Χαλιδικής	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1994
Θεσσαλία	Γεωργιάδου	Μονώροφη κατοικία στο Πήλιο	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1996
Πελοπόννησος	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στην Τρίπολη	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1/1/1995

Στ. Ελλάδα, Αττική	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στα Σπάτα Αττικής	-	---	---	1	-----	1	-	φυτεμένο δόμα (οικολογικά υλικά)	1/1/1996
Θεσσαλία	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στο Βόλο	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1995
Μακεδονία Δ.	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στην Καστοριά	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1997
Μακεδονία Κ.	Γεωργιάδου	3 κατοικίες διώροφες στην Αθητό <sup>χαλκιδικής</sup>	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1997
Μακεδονία Κ.	Γεωργιάδου	3 κατοικίες διώροφες στην Αθητό <sup>χαλκιδικής</sup>	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1997
Μακεδονία Κ.	Γεωργιάδου	3 κατοικίες διώροφες στην Αθητό <sup>χαλκιδικής</sup>	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1997
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφη κατοικία στην Εξοχή Θεσ/νίκης	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1998
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Διώροφο ετήριο "Περιβαλ- λοντικής εκπαίδευσης" Δήμου Κορδελλού	1	1	---	1	-----	1	1	Φυτεμένα δόματα	1/1/1999
Θράκη	Γεωργιάδου	Κτίρια ΔΠΘ - Τρίμυθα Μηχανικών Περιβάλλοντος, στην Πανεπιστη- μιούπολη Ξάνθης	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1996
Στ. Ελλάδα	Γεωργιάδου	Κτίριο Ινστιτούτου Περιβαλλοντικών Μελετών στη Θήβα	1	---	---	1	-----	1	-	φυτεμένο δόμα (οικολ. Υλικά)	1/1/1999
Μακεδονία Κ., Θεσ/νίκη	Γεωργιάδου	Κτίριο "Στέκι Τσιγγάνων" στο Διευδροπόταμο Δήμου Μενεμένης	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1999
Στ. Ελλάδα	Σουβιτζίδης	Κατοικία στη Χαλκίδα	1	---	---	1	-----	1	-	-----	1/1/1999
Κρήτη	Τομπάζης	Τουριστικό Συγκρότημα Candia Park Village στον Αγιο Νικόλαο	-	---	μεγάλη μάζα τοιχοποιία δόματα??	-	-----	1	1	Εξιτηστική ψήξη (νερά, πισίνες)	1/1/1992
Δωδεκανήσου	Τομπάζης	Τουριστικό συγκρότημα Miramare Wonderland στην Ρόδο	-	---	μεγάλη μάζα τοιχοποιία δόματα??	-	-----	1	-	-----	-

Πελοπόννησος Κ.	Κωσταγιάννη	Κατοικία στην Τρίπολη	1	1	--							
Ηπειρος	Τσίπηρας	Αναστήλωση παραδοσιακού κτηρίου μετατροπή σε βιοκλιματικό ξενοδοχείο στο Δεσποτικό Ιωαννίνων	-	--	--	1					Καμινάδες αερισμού	1/1/1999
Στ. Ελλάδα, Αθήνα	Γιάκας	Έκθεση Υλικών Υψηλής Τεχνολογίας "FESTO" Ltd	-	--	--	1						1/1/1995
Στ. Ελλάδα	Γιάκας	Μονοκατοικία στη Μαλισίνα Αοκρίδος- Φθιώτιδος	1	--	--							1/1/1991
Αν. Αιγαίο	Τσίπηρας	Μονώροφη βιοκλιματική κατοικία στη Χίο	-	1	--	1					Καμινάδα αερισμού	1/1/1998
Στ. Ελλάδα	Τσίπηρας	Διώροφη βιοκλιματική κατοικία στη Λιβαδειά	-	--	--	1					Καμινάδα αερισμού	1/1/1998
Στ. Ελλάδα	Τσίπηρας	Μονώροφη βιο- οικολογική κατοικία στον Άγιο Δημήτριο Ορχομενού	-	--	--	1					Ηλιακή Καμινάδα, Καμινάδα αερισμού	1/1/1998
Στ. Ελλάδα, Αττική	Α. Καλλιγά- Τσίπηρας	Νέα Εκπαιδευτήρια Ζηρίδη	-	1	1	1					Ηλιακές Καμινάδες, Καμινάδες αερισμού	1/1/1999
Πελοπόννησος Ν.	Τσίπηρας	Διώροφη βιοκλιματική κατοικία στο Γύθειο Λακωνίας	-	--	--	1					Καμινάδες αερισμού	1/1/1999
Κρήτη	Τσίπηρας	Βιο-οικολογική κατοικία στο Σκαλάνι Ηρακλείου	-	1	--	1					Καμινάδες αερισμού, ψυτεμένες στέγες	1/1/1999
Στ. Ελλάδα, Αττική	Τσίπηρας	Διώροφη βιοκλιματική κατοικία στα Βίλια Αττικής	-	--	--	1					Ηλιακή Καμινάδα	1/1/1992
Πελλοκόν- νησος Β.	Μπουζαλάς	Μονοκατοικία στο Ναύπλιο	1	--	--	-			1	1		1/1/1999
Θεσσαλία	Μπαζιάπα	Διπλοκατοικία στη Λάρισα	1	1	1	1	Rock bed	-	-			1/1/1994
Δωδεκάνησος	Παρασός	Κτίριο Γραφείων στη Ρόδο	1	--	--	-	Ηλιακό αίθριο	1	-			1/1/1994
Δωδεκάνησα	Παρασός	Ισόγεια κατοικία με υπερύψωση στη Ρόδο	1	--	--	-	Ηλιακό αίθριο, διπλό αεριζόμενο κέλικφος	1	-		Συλήνες εδάφους, αερισμός αίθριου	1/1/1996
Δωδεκάνησος	Παρασός	Διώροφη κατοικία στη Ρόδο	1	--	--	-	διπλό, αεριζόμενο κέλικφος	1	1			1/1/1994

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

# **1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ**

## **1. Εναλλακτική Θέρμανση**

**1 α. Βιοδυναμικά τζάκια και σόμπες**

**1 β. Η Γεωθερμική Θέρμανση**

**1.2 Φυσικό αέριο**

**α. Σύσταση φυσικού αερίου**

**β. Φυσικό αέριο στη βιομηχανία**

**γ. Φυσικό αέριο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

**δ. Φυσικό αέριο στο σπίτι**

**ε. Φυσικό αέριο σε επιχειρήσεις τριτογενούς τομέα**

**1.3 Χρήσεις του φυσικού αερίου**

## 1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Ένα ερώτημα που τίθεται συχνά, είναι κατά πόσο ένα βιοκλιματικό κτήριο μπορεί (και σε ποιο ποσοστό) να καλύψει τις ανάγκες των χρηστών του σε θέρμανση από μόνο του, δηλαδή χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης ενός ενεργοβόρου, αλλά και ρυπογόνου συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

Η απάντηση στο εάν μπορεί, είναι απλή. Φυσικά μπορεί, εάν σχεδιαστεί και προσανατολιστεί σωστά και κατασκευαστεί σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και της οικολογικής δόμησης.

Η απάντηση στο "σε ποιο ποσοστό είναι αυτοδύναμο", είναι όμως αρκετά σύνθετη. Χρειαζόμαστε την ύπαρξη ενός ειδικού λογισμικού (software) ή έστω την εμπειρία ενός ειδικευμένου και πεπειραμένου μηχανικού βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να ξεπεράσει το 80% περίπου, σε σχέση με ένα συμβατικό σπίτι. Ποσοστό έτσι κι αλλιώς εκπληκτικό και τεράστιο, που θα μπορούσε να μεγαλώσει κι άλλο, εάν "γεμίζαμε" (πράγμα απαράδεκτο), τα κτήρια με γυάλινες προσόψεις (φυσικά στα νότια, γιατί π.χ. στην Αθήνα υπάρχουν γυάλινα κτήρια στραμμένα στη Δύση) ή εάν εφαρμόζαμε αρχιτεκτονικές μη συμβατές με το χαρακτήρα και τη φυσιογνωμία του ελληνικού τοπίου.

Ωραία λοιπόν! Φτιάξαμε ένα βιοκλιματικό κτήριο, με 70% ή και 80% αυτοδυναμία σε θέρμανση. Το υπόλοιπο 20% με 30% από που θα το πάρει;

Θα εφαρμόσουμε μια από τις παρακάτω συμπληρωματικές στρατηγικές θέρμανσης:

- α) Θα δημιουργήσουμε μέσα στο κτήριο μας ελεγχόμενες κλιματικές ζώνες, με διαφορετικές εσωτερικές θερμοκρασίες.
- β) Θα καταφύγουμε στην κατασκευή βιοδυναμικών τζακιών και σομπών και
- γ) Θα εγκαταστήσουμε μια γεωθερμική αντλία θερμότητας.

### 1a. ΒΙΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΤΖΑΚΙΑ ΚΑΙ ΣΟΜΠΕΣ

Το ξύλο ήταν ένα από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, στη διάρκεια της ιστορίας του, για τη θέρμανση. Αρχικά η εστία της φωτιάς βρισκόταν στο κέντρο της κατοικίας και ο καπνός έφευγε μέσα από ένα άνοιγμα της σκεπής. Αργότερα, όταν κατά το μεσαίων άρχισαν να κατασκευάζονται πολυώροφοι πύργοι, αυτή η λύση δεν μπορούσε πια να εφαρμοστεί και η εστία μεταφέρθηκε στον εξωτερικό τοίχο, αποκτώντας στο πάνω μέρος την ένα μεταλλικό ή δομικό σκέπαστρο, οδηγώντας τον καπνό προς τα έξω μέσω ενός πλάγιου

ανοίγματος του τοίχου που αργότερα εξελίχτηκε σε καμινάδα. Έτσι φτάσαμε σ' αυτό που σήμερα ονομάζουμε παραδοσιακό τζάκι.

Η θαλπωρή που δημιουργεί ένα τέτοιο τζάκι είναι κάτι το σχετικό διότι το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας χάνεται με τα καυσαέρια μέσα από την καμινάδα και μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας των ξύλων, γύρω στο 10%, θερμαίνει το γύρω χώρο με άμεση ακτινοβολία της φλόγας. Ακόμα, για να μην καπνίζει το τζάκι, η καμινάδα, αν είναι καλά φτιαγμένη - δημιουργεί τέτοια έλξη ώστε να δημιουργούνται ισχυρά ρεύματα κρύου αέρα από τα παράθυρα προς την εστία, με επακόλουθο να δημιουργείται στις πλάτες μας ένα αίσθημα κρύου.

Θερμογόνος δύναμη των Ελληνικών καυσδξυλων	
Ελάτη	4.900
Πεύκη	4.800
Δρυς	4.700
Οξιά	4.700
Άλλα πλατύφυλλα	4.200
Ελαιόδενδρα	4.100
Φρύγανα	4.000

Οι βασικές βελτιώσεις που αναπτύχθηκαν στα τζάκια και στις σόμπες μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

1. Κατάλληλη γεωμετρία και υλικά του εστιακού χώρου για αύξηση της ακτινοβολούμενης θερμότητας προς το δωμάτιο.
2. Στένεμα και τοποθέτηση καπνοφράχτη (dumper), στη βάση της καπνοδόχου για ρύθμιση της έλξης και της καύσης.
3. Διαμόρφωση αγωγού καθοδικής έλξης καυσαερίων για ανάκτηση θερμότητας.
4. Παροχή αέρα καύσης από το εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας, για μείωση των ρευμάτων αέρος από τα παράθυρα προς την εστία.
5. Παραγωγή θερμού αέρα δια κυκλοφορίας αέρα εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου μέσω ενός εναλλάκτου θερμότητας στην περιφέρεια του θαλάμου καύσης.
6. Τοποθέτηση θυρίδων στο πρόσθιο μέρος του θαλάμου καύσης, για αύξηση της θερμοκρασίας καύσης και αργότερα τοποθέτηση Μίκα ή πυρίμαχου γναλιού για παρακολούθηση της φλόγας.

7. Προθέρμανση του αέρα καύσης μέσω ειδικής καπνοδόχου "ισορροπημένης έλξης".
8. Χρησιμοποίηση "καταλυτικού καυστήρα" (κυψελοειδές κεραμικό φίλτρο με επικάλυψη καταλύτου από ευγενή μέταλλα) για την μετάκαυση των καυσαερίων.

### Ισχύς και απόδοση ισχύος

Συχνά διαβάζουμε στα διαφημιστικά έντυπα συσκευών θέρμανσης πως ο τάδε καυστήρας ή σόμπα έχει απόδοση τόσες χιλιάδες θερμίδες (Kcal). Αυτό όμως που δηλώνουν δεν είναι ούτε απόδοση ούτε ισχύς: είναι ενέργεια. Αν πάλι εννοούσαν τόσες χιλιοθερμίδες ανά ώρα (Kcal/h), τότε επρόκειτο περί ισχύος, συνήθως χρήσιμης ισχύος.

Για να διευκρινίσουμε λοιπόν τις παραπάνω έννοιες ας σταθούμε λίγο στους παρακάτω ορισμούς σχετικά με τις συσκευές θέρμανσης:

- Προσφερόμενη (πρωτυγενής) ισχύς, είναι η ποσότητα ενέργειας (υπό μορφή π.χ. ξύλου) με την οποία τροφοδοτείται μια συσκευή θέρμανσης, ανά μονάδα χρόνου.
- Χρήσιμη ισχύς, είναι η ποσότητα χρήσιμης θερμότητας που παράγεται από μια συσκευή θέρμανσης, ανά μονάδα χρόνου και αποδίδεται σ' ένα συγκεκριμένο χώρο. Η προσφερόμενη ή χρήσιμη ισχύς μετριέται σε χιλιοθερμίδες ανά ώρα (Kcal/h) ή κιλοβατώρες ανά ώρα (kwh/h) ή πιο απλά κιλοβάτ (KW). (KW = 860 Kcal/h).
- Απόδοση (ή βαθμός απόδοσης), είναι ο βαθμός ικανότητας που έχει μια συσκευή θέρμανσης για τη μετατροπή μιας ποσότητας καυσίμου σε χρήσιμη θερμότητα για ένα συγκεκριμένο χώρο. Η απόδοση ορίζεται ως ο λόγος χρήσιμης ισχύος προς προσφερόμενη ισχύ και μετριέται σε "τοις εκατό % ή με δεκαδικό συντελεστή μικρότερο της μονάδας (όπου 1 = 100%, 0,9 = 90% κ.λ.π.)

Σύμφωνα με τον Robert Chareye, αρχιτέκτονα και συγγραφέα του βιβλίου "La maison autonome", οι αποδόσεις των διάφορων τύπων τζακιών είναι οι ακόλουθες:

Αποδόσεις σε τζάκια και σόμπες			
Τζάκια	Απόδοση	Σόμπες	Απόδοση
Ανοικτής εστίας	0,1	Μη αεροστεγής	0,3
Ανοικτής εστίας με φυσική κυκλοφορία ζεστού αέρα	0,2	Αεροστεγής	0,5
Κλειστής εστίας με φυσική ή τεχνητή κυκλοφορία αέρα ή νερού	0,7	Αντίστροφης έλξης καυσαερίων, με θυρίδες	0,6
Κλειστής εστίας με προθέρμανση αέρα	0,8	Αεροστεγής με καταλυτικό φίλτρο	0,9

Για κάθε συσκευή θέρμανσης ο βαθμός απόδοσης είναι πρακτικά σταθερός, ενώ η χρήσιμη ισχύς μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα καυσίμου (π.χ. ξύλου) και αέρα που την τροφοδοτούμε.

Ο προσδιωρισμός της χρήσιμης ισχύος και επομένως του βαθμού απόδοσης στην περίπτωση των συσκευών θέρμανσης με ξύλο, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος (λόγω των μη σταθερών συνθηκών καύσης) και απαιτεί σειρά εργαστηριακών μετρήσεων. Μπορεί να γίνει έμμεσα μετρώντας τις θερμικές απώλειες των καυσαερίων και των άκαυστων στερεών υπολοίπων ή άμεσα μετρώντας την αποδιδόμενη θερμότητα μέσω ενός θερμιδομετρικού χώρου. Η άμεση μέθοδος είναι ακριβέστερη διότι δεν προϋποθέτει σταθερές συνθήκες καύσης όπως η έμμεση. Αντισυμβατικά, επιλέξτε βιοδυναμικά τζάκια.

Φυσικά το μεγάλο πρόβλημα στα τζάκια είναι ότι αν καθίσει κανένας κοντά τους ζεσταίνει τη μπροστινή πλευρά του σώματός του, ενώ παράλληλα κρυώνει η πλάτη του. Αυτό συμβαίνει επειδή, σύμφωνα με την αρχή απόδοσης της θερμότητας, από τη θερμότερη εστία του τζακιού υπάρχει μια ροή θερμότητας προς το εμπρόσθιο μέρος του σώματός μας ( $36,6^{\circ}\text{C}$ ) ενώ από το θερμότερο, με τη σειρά του το οπίσθιο μέρος του σώματός μας προς τον περιβάλλοντα χώρο (π.χ.  $15^{\circ} - 20^{\circ}\text{C}$ ). Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, καλό είναι να προβλεφτούν θυρίδες στο τζάκι στην άνω στάθμη του δωματίου, απ' όπου να εξέρχεται ζεστός αέρας (όχι φυσικά από τη φούσκα του τζακιού).

Τέλος ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα είναι και τα κορδόνια αμιάντου, που δυστυχώς χρησιμοποιούν κάποιοι κατασκευαστές.

Τα τζάκια και οι σόμπες υψηλής απόδοσης φέρουν στον περίγυρο των θυρίδων του θαλάμου καύσης στεγανωτικά κορδόνια, που συχνά είναι από αμίαντο.

Όπως είναι γνωστό, ο αμίαντος είναι καρκινογόνος ουσία και η χρήση του έχει απαγορευθεί ή περιοριστεί σε πολλές χώρες όπου συνιστάται η χρήση αβλαβών εναλλακτικών υλικών. Στην περίπτωση των στεγανωτικών κορδονιών εναλλακτική λύση αποτελούν τα κορδόνια κεραμικών ινών (μέχρι  $1.000^{\circ}\text{C}$ ), πετροβάμβακα (μέχρι  $700^{\circ}\text{C}$ ) και ειδικού υαλοβάμβακα (μέχρι  $450^{\circ}\text{C}$ ).

Αν κάποιος έχει ήδη εγκαταστήσει μια θερμάστρα που περιλαμβάνει κορδόνια αμιάντου και θελήσει να τα αντικαταστήσει π.χ. με κάποιο από τα προαναφερθέντα υλικά, συνιστάται να λάβει, ιδιαίτερα μέτρα προστασίας, ώστε να μην εισπνεύσει ίνες, που μπορούν εύκολα να διασκορπιστούν στον αέρα με σχίσιμο του κορδονιού αμιάντου.

**Απαιτούμενη ισχύς και καυσόδευτα μίας κατοικίας 100μ<sup>2</sup>, για ένα Χειμώνα****A) Για τα κλιματικά δεδομένα της Αττικής:**

Με θερμομόνωση	4,2 τόνοι + 6,6 kW
Χωρίς θερμομόνωση	10,6 τόνοι + 16,9 kW

**B) Για τα κλιματικά δεδομένα της Θεσσαλονίκης:**

Με θερμομόνωση	5,7 τόνοι + 7,8 kW
Χωρίς θερμομόνωση	16,6 τόνοι + 22,8 kW

**Το προκατασκευασμένο τζάκι**

Τα προκατασκευασμένα τζάκια, χρησιμοποιούν το σύστημα κυκλοφορίας του θερμού αέρα, με το οποίο θερμαίνονται όλοι οι χώροι της κατοικίας, είτε με αεραγωγούς είτε από ειδικές θυρίδες στον κορμό της καμινάδας. Η χρήση βεντιλατέρ διοχετεύει γρήγορα και αποτελεσματικά την ροή του θερμού αέρα.

Από τα σημαντικότερα σημεία του προκατασκευασμένου τζακιού είναι η εστία. Η εστία μπορεί να είναι ανοικτή ή κλειστή ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη. Η ανοικτή εστία δίνει την αίσθηση του τυπικού παραδοσιακού τζακιού και την καλύτερη απόλαυση της φωτιάς, ενώ η κλειστή δίνει την ψευδαίσθηση της σόμπας, ανάλογα βέβαια με το ύφος του σχεδιασμού της. Και στις δύο δημοφιλείς περιπτώσεις κατασκευάζονται από το ίδιο υλικό, συνήθως από χυτοσίδηρο κοινώς μαντέμι, υλικό κατάλληλο για άριστη θερμαντική απόδοση και υλικό με τον καλύτερο συντελεστή αγωγιμότητας. Ένας συνδυασμός από μαντέμι και ατσάλι δίνει επίσης πολύ καλά θερμαντικά αποτελέσματα. Στις ανοικτές εστίες, δηλαδή σε αυτές χωρίς πόρτα, το ποσοστό απόδοσης κυμαίνεται στο 25% - 30%. Στις κλειστές εστίες, προσθήκη πόρτας ανεβάζει το ποσοστό απόδοσης στο 65% - 80%.

Στις κλειστές εστίες χρησιμοποιείται πυράντοχο γυαλί που αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες αναπτύσσονται στο εσωτερικό της. Σε όλα σχεδόν τα μοντέλα, το γυαλί στην πόρτα της κλειστής εστίας αντέχει σε θερμοκρασία που ξεπερνά τους 800° C.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της εστίας έχουν σαν αποτέλεσμα την πλήρη ανάφλεξη των καυσαερίων, χωρίς αυτά να αποβάλλονται άκαυτα σαν καπνός. Έτσι λοιπόν το τζάκι δεν καπνίζει και επιπλέον η εστία προσφέρει σε όλη την έκτασή της, τη μαγεία της ζωντανής φλόγας και την ελκυστική θέα της χρυσίζουσας πλάκας.

## 1β. Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Μια εναλλακτική πρόταση για τη θέρμανση αλλά και την ψύξη των κατοικιών η οποία εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια σε χώρες του δυτικού κόσμου όπως στις ΗΠΑ, τη Γαλλία, τη Φιλανδία κ.α. είναι η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητα (ΓΑΘ). Τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία της γης για να αντλήσουν ενέργεια από αυτή και να θερμάνουν ή για να αποβάλλουν θερμότητα σε αυτή και ψύξουν το κτήριο.

Τα συστήματα ΓΑΘ αποτελούνται από τρία τμήματα. Το πρώτο μέρος δεν είναι τίποτε άλλο από ένα δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο οποίο υπάρχει νερό και ονομάζεται γεωθερμικός εναλλάκτης κλειστού κυκλώματος. Οι σωλήνες αυτοί απλώνονται σε χαντάκια όπου υπάρχει διαθέσιμη ελεύθερη έκταση οικοπέδου ή σε πολλαπλές κάθετες γεωτρήσεις όπου υπάρχει περιορισμένη ή βραχώδης έκταση. Αντί για το δίκτυο σωληνώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τυχόν υπόγεια ύδατα, μια μικρή λίμνη ή ακόμα και η θάλασσα. Στην περίπτωση αυτή, ο γεωθερμικός εναλλάκτης ονομάζεται ανοικτού κυκλώματος. Το δεύτερο τμήμα είναι η ίδια η αντλία θερμότητας. Εκεί φτάνει το νερό από το δίκτυο του γεωθερμικού εναλλάκτη - σε σταθερή θερμοκρασία - και χρησιμοποιείται είτε για να αυξήσει τη θερμοκρασία του κτηρίου είτε για να τη μειώσει. Στην ουσία πρόκειται για μια λειτουργία παρόμοια με αυτή των κοινών κλιματιστικών, με τη διαφορά ότι ενώ τα κλιματιστικά χρησιμοποιούν τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος εξαερώνοντας ή υγροποιώντας το πτητικό αέριο που περιέχουν, η γεωθερμική αντλία χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία του νερού. Το τρίτο μέρος του συστήματος είναι ένα ακόμα δίκτυο σωληνώσεων που "τρέχει" μέσα στο δίκτυο στο οποίο αποδίδει ή από το οποίο παραλαμβάνει θερμότητα. Το δίκτυο αυτό μπορεί να είναι είτε ενδοδαπέδιο, είτε επιτοίχιο, είτε ένα δίκτυο με fan coils (θερμαντικά σώματα με ενσωματωμένο ανεμιστήρα).

Ας δώσουμε κι ένα παράδειγμα, χαρακτηριστικό του κόστους ενός τέτοιου συστήματος.

Σε συγκρότημα δύο εφαπτόμενων μεζονέτων, μονωμένων σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό θερμομόνωσης, συνολικής έκτασης 400 τ.μ. σε περιοχή της Αττικής, υπολογίστηκε ότι η μέγιστη αναγκαία ισχύς θέρμανσης είναι 22 kW, ενώ ψύξης 24 kW, η δε ετησίως απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης είναι 44.000 kWh και ψύξης 25.000 kWh. Το κόστος ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης - ψύξης (καλοριφέρ και κλιματιστικά) ανέρχεται σε 16.060 ευρώ ενώ το κόστος ενός συστήματος με γεωθερμική αντλία θερμότητας, με οριζόντιο γεωθερμικό εναλλάκτη κλειστού κυκλώματος και ενδοδαπέδια θέρμανση ανήλθε σε 23.344 ευρώ. Το κόστος λειτουργίας του συμβατικού συστήματος με τιμή πετρελαίου 0,33 ευρώ/λίτρο και σύμφωνα με τα σημερινά τιμολόγια της ΔΕΗ θα

ανερχόταν σε 3.236 ευρώ το χρόνο, ενώ με τη γεωθερμική αντλία θερμότητας το λειτουργικό κόστος είναι 1.424 ευρώ. Έτσι, η επιπλέον οικονομική επιβάρυνση της επένδυσης αποσβένεται σε οκτώ έτη.

## 1.2 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

### 1.2 α. Σύσταση φυσικού αερίου

Αέριο καύσιμο που υπάρχει στη φύση, αποτελούμενο κατά βάση από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες και μη-καύσιμα αέρια όπως το άζωτο. Οι αναλογίες των συστατικών ποικίλουν ανάλογα με την προέλευση. Με τον όρο φυσικό αέριο, γενικά, θεωρείται το αέριο καύσιμο που εξάγεται από τη γη και μεταφέρεται με αγωγούς σε αέρια κατάσταση, μέχρι τα σημεία κατανάλωσής του.

**Τυπική Σύσταση Φυσικού Αερίου**

ΣΥΣΤΑΣΗ	ΡΩΣΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
<b>Περιεκτικότητα (%) κ.ο.) σε :</b>		
Μεθάνιο (C1)	98	91,2
Αιθάνιο (C2)	0,6	6,5
Προπάνιο (C3)	0,2	1,1
Βουτάνιο (C4)	0,2	0,2
Πεντάνιο (C5) και βαρύτερα	0,1	-
Άζωτο (N2)	0,8	1,0
Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)	0,1	-
Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη	από 8,600 kcal/Nm <sup>3</sup> έως 9,200 kcal/Nm <sup>3</sup>	από 9,640 kcal/Nm <sup>3</sup> εώς 10,650 kcal/Nm <sup>3</sup>

Το φυσικό αέριο δεν περιέχει στερεά σώματα.

### 1.2 β. Φυσικό αέριο στη βιομηχανία

Το φυσικό αέριο είναι η φυσική ενεργειακή επιλογή για βιομηχανίες με άμεσες και έμμεσες θερμικές ανάγκες αλλά και η συμφέρουσα επιλογή στην παραγωγή αμμωνίας, βελτιώνοντας την ανταγωνιστική θέση των μονάδων.

Αν επιχειρήσουμε να δώσουμε με απλά λόγια την εικόνα του φυσικού αερίου, θα λέγαμε ότι είναι ένα εύχρηστο, αποδοτικό, καθαρό και οικονομικό καύσιμο. Αν δε σε όλα αυτά προσθέσουμε και την διαθεσιμότητά του, τις εξελιγμένες τεχνολογίες και την αξιοπιστία στην παροχή του, τότε η βιομηχανία δεν χρειάζεται να σκεφθεί πολύ για να το υιοθετήσει.

Βασικά πλεονεκτήματα του Φυσικού Αεριού στον βιομηχανικό τομέα:

- Συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπη λειτουργία και αποδεσμεύει

κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων.

- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

### **1.2 γ. Φυσικό αέριο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο το φυσικό αέριο είναι η νέα μεγάλη πρόκληση στη χρήση του και εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς σε όλη την Ευρώπη. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού καθώς και οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου αποκτούν ιδιαίτερα επίκαιρο χαρακτήρα.

Οι φυσικές αντιρρυπαντικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το φθηνό κόστος παραγωγής και την υψηλή του απόδοση σε θερμική ενέργεια, το καθιστούν μοναδικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή. Η ΔΕΗ έχει συνάψει 25ετή σύμβαση συνεργασίας με τη ΔΕΠΑ και έχει θέσει ήδη σε λειτουργία μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, με καύσιμο το φυσικό αέριο.

### **1.2 δ. Φυσικό αέριο στο σπίτι**

Περισσότερο από 50 εκατομμύρια νοικοκυριά στην Ευρώπη και πάνω από τα μισά νοικοκυριά της Αμερικής απολαμβάνουν καθημερινά τις ευκολίες, την αυτονομία, την ασφάλεια και την οικονομία που τους προσφέρει η μόνιμη και σταθερή παροχή του φυσικού αερίου:

- στη θέρμανση, χωρίς εξαρτήσεις και με σταθερή παροχή κάτω από τον απόλυτο έλεγχό σας,
- στο μαγείρεμα, χωρίς χρόνους αναμονής και με άμεση ρύθμιση της θερμοκρασίας,
- στο ζεστό νερό, τη στιγμή που το θέλετε, όπου και όταν το θέλετε,
- και σε πολλές άλλες λειτουργίες του νοικοκυριού, με μια σειρά νέων προϊόντων όπως στεγνωτήρια ρούχων, τζάκια και μπάρμπεκτον,
- Και όλα τα παραπάνω με έναν απλό και γρήγορο τρόπο σύνδεσης και με μία συγκριτικά χαμηλή οικονομική δαπάνη που γίνεται εφάπαξ.

Βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα:

- Αυτονομία, αμεσότητα και ταχύτητα..

- Σταθερή και μόνιμη παροχή, χωρίς εξαρτήσεις.
- Ασφάλεια στη χρήση, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους.
- Εύκολη και απλή εγκατάσταση εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λ.π.).
- Οικονομία αφού χρεώνεται όσο ακριβώς χρησιμοποιείται. Δεν προπληρώνεται όπως το πετρέλαιο.
- Είναι οικονομικότερο από το πετρέλαιο και είναι αρκετά φθηνότερο από τον ηλεκτρισμό.

### **1.2 ε. Φυσικό αέριο σε επιχειρήσεις του τριτογενούς τομέα**

Ξενοδοχεία και νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, μεγάλα κτίρια γραφείων, χώροι αναψυχής, εμπορικά κέντρα και καταστήματα, μπορούν τώρα να χρησιμοποιήσουν το Φυσικό Αέριο για θέρμανση των χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, μαγείρεμα καθώς και άλλες εξειδικευμένες εργασίες, εκμεταλλευόμενα τα ασύγκριτα πλεονεκτήματά του και επιπλαγάνοντας μεγάλες οικονομίες κλίμακας και απόλυτη λειτουργικότητα.

Ακόμα και μια σειρά επαγγελματιών θα βρουν στο φυσικό αέριο τη συμφέρουσα λύση στις καθημερινές ανάγκες των επιχειρήσεών τους. Αρτοποιεία, εστιατόρια, εργαστήρια ζαχαροπλαστικής, εργαστήρια αργυροχρυσοχοΐας, πλυντήρια και στεγνωτήρια, συνεργεία αυτοκινήτων με φούρνους βαφής περιλαμβάνονται στον μακρύ κατάλογο των καταναλωτών του φυσικού αερίου.

Βασικά Πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου στον τριτογενή τομέα:

- Συνεχής παροχή και έλλειψη ενασχόλησης με παραγγελίες και παραλαβές καυσίμων.
- Δυνατότητα εκμετάλλευσης σημερινών αποθηκευτικών χώρων (δεξαμενών).
- Λισθητική αρτιότητα, αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών.
- Μειωμένη συντήρηση, ορθολογική χρήση ενέργειας, μείωση λειτουργικών δαπανών, οικονομία.
- Επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, υψηλότερη απόδοση.

### **1.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

#### **A. Προστασία του Περιβάλλοντος**

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπών ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΣΩΜΑΤΙΔΑ	ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΦΡΑΚΕΣ
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντιζελ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0,3	17	1

## B. Τόνωση της βιομηχανικής απασχόλησης

Το φυσικό αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης, σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους.

Παρέχει το κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του ενεργειακού εξοπλισμού των μονάδων. Ενισχύει την παραγωγή ποιοτικά ανωτέρων προϊόντων σε συγκεκριμένες βιομηχανίες.

## Γ. Εξοικονόμηση ενέργειας

Με την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο, κυρίως στις οικιακές και εμπορικές χρήσεις, θα αποφευχθούν οι απώλειες μετατροπής του σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και στη μεταφορά της. Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Λόγω της "καθαρότητας" των προϊόντων καύσης του φυσικού αερίου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών που έχουν ως συνέπεια ενεργειακές απώλειες.

## Δ. Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο

Η χρήση του φυσικού αερίου θα έχει σημαντικές θετικές επιδράσεις στη δομή του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας, μια και θα μειωθεί η εξάρτησή της από το πετρέλαιο.

## Ε. Τόνωση της απασχόλησης

Η διεύρυνση της χρήσης του φυσικού αερίου στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα συμβάλλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση της ανεργίας με τη δημιουργία νέων θέσεων και ειδικοτήτων στην αγορά εργασίας.

## ΣΤ. Τα οφέλη από τη χρήση του φυσικού αερίου στον οικιακό και εμπορικό τομέα:

- Είναι η πιο οικονομική ενέργεια.

- Οδηγεί σε γρήγορη απόσβεση της επένδυσης
- Η μέτρηση γίνεται με ακρίβεια
- Ο λογαριασμός πληρώνεται μετά την κατανάλωσή του
- Δεν απαιτείται αποθηκευτικός χώρος

## **2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

- 2.1 Εισαγωγή**
- 2.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία**
- 2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα**
- 2.4 Εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο**
- 2.5 Διαστασιολόγηση του Φ/Β συστήματος**
- 2.6 Το κόστος των Φ/Β συστημάτων**

## 2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 2.1 Εισαγωγή

Μια σημαντική τεχνολογία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία που επιτρέπουν την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση Φ/Β έχει αρχίσει πλέον να καθιερώνεται ως η πιο φυλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το υψηλό κόστος των Φ/Β σήμερα, οι τιμές τους πέφτουν συνεχώς και πολύ σύντομα θα είναι ανταγωνιστικές με τις τιμές της κιλοβατώρας που παράγεται από συμβατικά καύσιμα.

Η Ελλάδα διαθέτει ένα αξιοσημείωτο δυναμικό για την ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Χάρη στην μεγάλη ηλιοφάνεια, όλες σχεδόν τις εποχές του έτους, η χρήση Φ/Β συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι ιδιαίτερα ελκυστική.

Ιδιαίτερα σε απομονωμένες κατοικίες που βρίσκονται σε απομεμακρυσμένες περιοχές και δεν συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο, τα Φ/Β συστήματα είναι η καλύτερη και οικονομικότερη λύση για την κάλυψη των ηλεκτρικών τους αναγκών. Η χρήση Φ/Β συστημάτων είναι ωστόσο επιθυμητή και σε κατοικημένες περιοχές.

Η ενσωμάτωση Φ/Β στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου είναι μία τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία και το κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων μειώνεται. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί ειδικά Φ/Β στοιχεία κατάλληλα για στέγες και προσόψεις και η σημερινή διάδοση τους επιτρέπει την πρόβλεψη ότι, στο προσεχές μέλλον, σημαντικό μέρος των ηλεκτρικών αναγκών των κτιρίων θα καλύπτεται από Φ/Β συστήματα.



**Σχ. 1. Κατοικία με ενσωματωμένη Φ/Β στοιχεία στην οροφή**

Σήμερα, τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται κυρίως σε κτίρια στα οποία οι ανάγκες για θέρμανση

των χώρων και για την παραγωγή ζεστού νερού είναι ιδιαίτερα χαμηλές και το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται για την λειτουργία του φωτισμού και των οικιακών συσκευών.

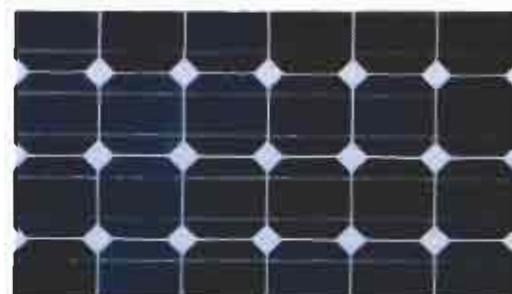
## 2.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα Φ/Β στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, με την βοήθεια του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση αυτών των δύο στρωμάτων παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι Φ/Β στοιχείων είναι τα **μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου** και τα **άμιορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία**. Τα στοιχεία αυτά διαφέρουν τόσο στο ως προς τον τρόπο κατασκευής τους όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, εμφάνιση, ανακλαστικότητα, κλπ.).

## 2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Ομάδες Φ/Β στοιχείων συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα, διαμορφώνουν ένα Φ/Β πλαίσιο (Σχήμα 3.5.2). Το πιο σημαντικό από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Φ/Β πλαισίου είναι η ισχύς αιχμής (W) που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το Φ/Β πλαίσιο εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία  $11 \text{ kW/m}^2$ .



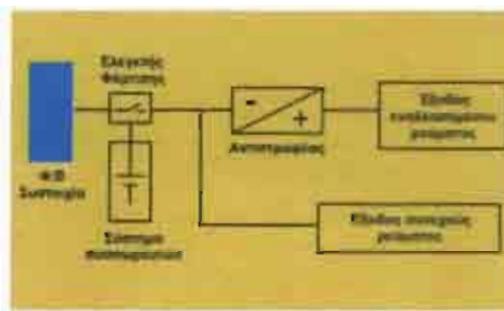
Σχ. 2. Φ/Β πλαίσιο

Με δεδομένο ότι τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν αυτή την στιγμή στην αγορά έχουν απόδοση περίπου 11% (δηλαδή μετατρέπουν το 11% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια), ένα πλαίσιο επιφάνειας  $1 \text{ m}^2$  παράγει περίπου  $110 \text{ kW}$  ηλεκτρικής ισχύος. Αν π.χ. θεωρήσουμε ότι στην Ελλάδα η μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι περίπου  $1800 \text{ kWh/m}^2$ , ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος  $3 \text{ kW}$  (και επιφάνειας περίπου  $30 \text{ m}^2$ ) έχει την δυνατότητα παραγωγής  $4500 \text{ kWh/έτος}$ , ενέργεια ικανή να καλύψει την κατανάλωση μίας τετραμελούς οικογένειας. Για την κάλυψη φορτίων μεγαλύτερης ισχύος είναι δυνατή η δημιουργία Φ/Β συστοιχιών συνδέοντας πολλά Φ/Β στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και παράλληλα.

Ένα τυπικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από την Φ/Β συστοιχία, τους συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας και το σύστημα μετατροπής ισχύος. Οι συνηθέστεροι από τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τύπου μολύβδου-οξέος, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Για την μετατροπή της ισχύος χρησιμοποιούνται μετατροπείς ισχύος ή αντιστραφείς συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα (Σ.Ρ / Ε.Ρ.), μετατροπείς Σ.Ρ / Σ.Ρ. και ρυθμιστές φόρτισης. Η εμπειρία από την μέχρι σήμερα χρήση των Φ/Β συστημάτων έχει δείξει ότι η ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών υπό μερικό φορτίο λειτουργίας, η βελτιστοποίηση της ονομαστικής ισχύος του αναστροφέα και η σωστή φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτούν, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την συνολική απόδοση και διάρκεια ζωής ενός συστήματος.

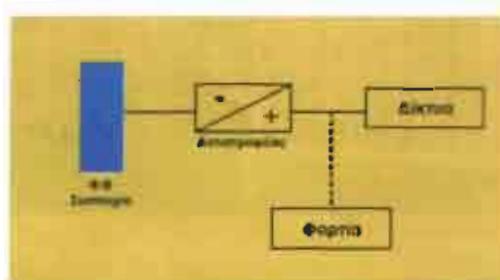
Οι βασικοί τύποι Φ/Β συστημάτων είναι οι εξής:

- Αυτόνομο σύστημα (σχήμα 3). Το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με την χρήση μετατροπέα ισχύος (αντιστροφέα).



Σχ. 3. Αυτόνομο σύστημα

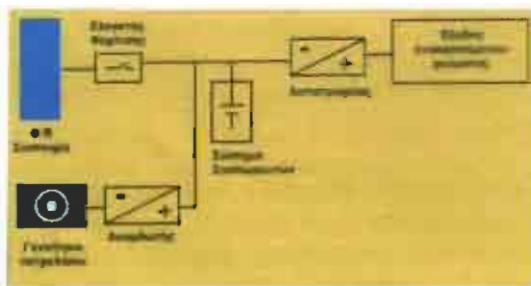
- Σύστημα διασυνδεδεμένο με το δίκτυο (σχήμα 4). Αποτελείται από μια συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα είναι διασυνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Συνήθως σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου τα Φ/Β πρέπει να καλύψουν συγκεκριμένο φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο την προσωρινή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Σε κεντρικά συστήματα μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, η παραγόμενη από τα Φ/Β ενέργεια παρέχεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Σχ. 4. Σύστημα διασυνδεδεμένο με το δίκτυο

- Υβριδικό σύστημα (σχήμα 5). Είναι ένα αυτόνομο σύστημα αποτελούμενο από την

φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. με μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπως μια ανεμογεννήτρια).



Σχ. 5. Υβριδικό σύστημα

- Σύστημα μικρής ισχύος το οποίο εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Συχνά χρησιμοποιείται για την λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή το νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος, ο οποίος διακόπτει την λειτουργία του Φ/Β συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί την χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Ορισμένες φορές αποτελείται από ένα μόνο Φ/Β πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που τον χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαϊνόμενων χώρων το καλοκαίρι.

Η τεχνολογία των **Φ/Β**, όπως και οι περισσότερες τεχνολογίες ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών, παρουσιάζει ιδιαίτερότητες κατά την χρήση της, οι οποίες δυσχεραίνουν την άμεση ποσοτική σύγκριση της με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Διαθέτει όμως σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως:

- Το κόστος της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται μόνο από το κόστος της αρχικής επένδυσης ενώ το κόστος λειτουργίας και συντήρησης τους είναι σχεδόν μηδαμινό.
- Τα **Φ/Β** συστήματα σχεδιάζονται συνήθως με γνώμονα την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.
- Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στον τόπο που χρησιμοποιείται.
- Η ρύπανση της ατμιόσφαιρας είναι μηδενική.
- Τα **Φ/Β** στοιχεία έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (15-20 χρόνια).
- Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη.
- Το μεταφορικό τους κόστος είναι χαμηλό.
- Είναι δυνατή η ενσωμάτωση τους σε οροφές και προσόψεις κτιρίων.
- Είναι δυνατή η επέκταση του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που εμποδίζουν σήμερα την ευρεία εξάπλωση της Φ/Β τεχνολογίας είναι:

- Το υψηλό κόστος των Φ/Β πλαισίων.
- Η απαίτηση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας στα αυτόνομα κτίρια.
- Η απαίτηση σχετικά μεγάλων επιφανειών για την εγκατάσταση τους λόγω της μικρής τους ισχύος.

Παρά τα μειονεκτήματα αυτά, η εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων αναπτύσσεται ραγδαία. Ειδικότερα, η εφαρμογή Φ/Β συστημάτων σε αστικά κτίρια, διασυνδεδεμένα με το δίκτυο, καλύπτει σήμερα το 15% της παγκόσμιας αγοράς φωτοβολταϊκών. Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη Φ/Β ισχύς αυξάνεται με ρυθμό 40 kW ετησίως.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτή είναι ότι η αιχμή των κλιματιστικών φορτίων των κτιρίων συμπίπτει χρονικά με το μέγιστο της φωτοβολταϊκής ισχύος (δηλαδή κατά την θερινή περίοδο με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια).

## 2.4 Εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο

Η χρήση των Φ/Β πλαισίων ως λειτουργικών δομικών στοιχείων ενός κτιρίου διαμορφώνει νέες, οικονομικά ελκυστικότερες λύσεις. Σε αυτό συμβάλλει και η ανάπτυξη νέων ημιδιαφανών Φ/Β πλαισίων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην θέση των υαλοπινάκων, παρέχοντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στην οροφή η στην πρόσοψη ενός κτιρίου γίνεται με πολλούς τρόπους. Ανάμεσα στις καινοτόμες λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση Φ/Β στοιχείων στην θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο:

- ❖ **Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα.** Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηρίγματος και οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβούς στα Φ/Β πλαίσια. Σε μερικές περιπτώσεις η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση. Επίσης βοηθά στο καλό αερισμό και τον δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοση τους. Εντούτοις το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτεί την χρήση πρόσθετων υλικών και εργασίας.

- ❖ **Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό τον κελύφους.** η οποία εξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Απαιτείται όμως προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι μικρότερο συνήθως από την τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των άλλων μεθόδων που περιγράφονται στην συνέχεια. Αποτελεί μία καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατό να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.



**Σχ. 6. Φ/Β σύστημα ενσωματωμένο στην πρόσοψη κτιρίου**

- ❖ **Απ' ευθείας τοποθέτηση.** Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κελύφους του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Για παράδειγμα τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για την στεγανοποίηση του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα Φ/Β πλαίσια, μειώνει το συνολικό κόστος.
- ❖ **Ενσωμάτωση των Φ/Β στο κέλυφος του κτιρίου.** Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Αυτό απαιτεί την στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Τα νέου τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στην θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στον σχεδιαστή την δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φυσικού φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών

στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία.

## 2.5 Διαστασιολόγηση των Φ/Β συστήματος

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την διαστασιολόγηση ενός Φ/Β συστήματος, είτε αυτό είναι αυτόνομο, είτε είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, είναι το φορτίο που απαιτείται να καλύψει το σύστημα, ο χρόνος λειτουργίας του (π.χ. λειτουργία όλο τον χρόνο, μόνο το καλοκαίρι, κλπ.) και η ηλιοφάνεια στον τόπο που γίνεται η εγκατάσταση. Οι επιφάνειες στην οροφή ή στην πρόσοψη του κτιρίου που είναι διαθέσιμες για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων αποτελούν παράγοντα που περιορίζει το μέγεθος του συστήματος.

Το βέλτιστο μέγεθος ενός συστήματος διασυνδεδεμένου με το δίκτυο εξαρτάται κυρίως από τις οικονομικές παραμέτρους της λειτουργίας του: το επενδυτικό κόστος, τα επιτόκια, τις φορολογικές εκπτώσεις, τις τυχόν επιδοτήσεις, την πολιτική της ηλεκτρικής εταιρείας για την αγορά της ενέργειας και την αναλογία της παραγόμενης Φ/Β ενέργειας που χρησιμοποιείται απ' ευθείας, προς αυτήν που διοχετεύεται στο δίκτυο. Συνήθως η τιμή που προσφέρουν οι ηλεκτρικές εταιρείες στον ιδιοκτήτη των Φ/Β είναι χαμηλότερη από το κόστος ίσης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας όταν την αγοράζει από το δίκτυο. Επομένως σε αυτές τις περιπτώσεις είναι συμφέρον να χρησιμοποιείται απ' ευθείας στο κτίριο η μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα της παραγόμενης Φ/Β ενέργειας. Αυτό απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό των ενεργειακών χαρακτηριστικών του κτιρίου έτσι ώστε ο χρόνος των μέγιστων ενεργειακών του αναγκών να συμπίπτει με το χρόνο μέγιστης παραγωγής των Φ/Β (κάτι, που συμβαίνει όταν π.χ. τα Φ/Β τροφοδοτούν συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό του κτιρίου το καλοκαίρι).

Στην Ελλάδα, η ΔΕΗ ανέχεται άτυπα την απ' ευθείας σύνδεση με ηλεκτρικό μετρητή των μικρών Φ/Β συστημάτων που χρησιμοποιούνται στις κατοικίες. Από σημαίνει ότι κατά το χρονικό διάστημα που παράγεται πλεόνασμα Φ/Β ενέργειας, ο μετρητής γυρνά ανάποδα με αποτέλεσμα την μείωση του λογαριασμού. (Στην περίπτωση αυτή η άτυπη 'τιμή αγοράς' της κυλιοβατώρας που προσφέρει η ΔΕΗ είναι ίση με την τιμή στην οποία την χρεώνει). Πάντως η επισημοποίηση αυτής της πρακτικής, είναι θέμα χρόνου.

Η διαστασιολόγηση των αυτόνομων συστημάτων πρέπει να είναι πιο ακριβής απ' ότι στα διασυνδεδεμένα συστήματα, επειδή η δυνατότητα αποθήκευσης είναι περιορισμένη. Το μέγεθος των συσσωρευτών πρέπει συνήθως να υπερδιαστασιολογείται, ώστε να αντιμετωπίζονται επιτυχώς περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχει μη αναμενόμενη νεφοκάλυψη επί μεγάλα χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η συχνή εκφόρτιση των συσσωρευτών και αυξάνεται ο χρόνος ζωής τους.

Εκτός από τους απλούς πρακτικούς κανόνες που χρησιμοποιούνται για την διαστασιολόγηση

ενός Φ/Β συστήματος, υπάρχουν αρκετά υπολογιστικά εργαλεία και προγράμματα Η/Υ τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακριβέστερη προσομοίωση των Φ/Β συστημάτων. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται σε ακριβή μαθηματικά μοντέλα τα οποία περιγράφουν θεωρητικά την λειτουργία των διάφορων στοιχείων του συστήματος. Η χρήση αυτών των εργαλείων συνιστάται για την ακριβή και βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός Φ/Β συστήματος.

## 2.6 Το κόστος των Φ/Σ συστημάτων

Το κόστος των Φ/Β συστημάτων εκφράζεται συνήθως σε δρχ./W αιχμής Η κυριότερη συνιστώσα του συνολικού κόστους είναι το κόστος των Φ/Β πλαισίων. Από υπολογισμούς προκύπτει ότι η κατανομή του κόστους για ένα Φ/Β σύστημα είναι ως εξής:

- Φ/Β πλαίσια 40-60%
- συσσωρευτές 15-25%
- αντιστραφείς 10-15%
- υποδομή στήριξης 10-15%
- σχεδιασμός και εγκατάσταση 8-12%

Η διάρκεια ζωής των Φ/Β πλαισίων φτάνει ως τα 20 χρόνια χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση ενώ σε το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4-5 φορές.

Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ενός συστήματος είναι το είδος της εφαρμογής και το αν το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ή όχι. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για συστήματα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο και η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι σε αντίθεση με τα αυτόνομα συστήματα, δεν απαιτούν συσσωρευτές. Επίσης το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους των Φ/Β συστήματος.

Στην Ελλάδα το κόστος των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συσσωρευτών, είναι της τάξεως των 2,8 με 3,2 εκατομμυρίων δρχ./kW, ενώ το κόστος των διασυνδεδεμένων με το δίκτυο Φ/Β συστημάτων είναι της τάξεως των 2,5 εκατομμυρίων δρχ./kW. Πρόσφατες εκτιμήσεις αναφέρουν ότι το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β ανέρχεται στις 150 δρχ./kWh για διασυνδεδεμένο σύστημα και στις 220 δρχ./kWh για αυτόνομο σύστημα λίγων kW εγκατεστημένης ισχύος. Σημειώνεται όμως πως η αγορά και η εγκατάσταση οικιακών Φ/Β συστημάτων επιδοτείται απατό κάθετος μέσω της φοροαπαλλαγής ποσού ίσου μέχρι και του 75% του κόστους τους. Υπάρχουν επίσης επιδοτήσεις (όχι ακόμη σε ατομικούς καταναλωτές) από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας.



Σχ. 7. Φ.Β σύστημα σε κτίριο μοντέρνας αρχιτεκτονικής

# **3. ΝΕΡΟ, ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ**

- 3.1 Το νερό ως φυσικός πόρος**
- 3.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα**
- 3.3 Εξοικονόμηση νερού στο σπίτι**
  - 3.3.1 Ο υδραυλικός εξοπλισμός ενός κτιρίου**
  - 3.3.2 Σχεδιασμός υδραυλικών εγκαταστάσεων**
- 3.4 Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού**
- 3.5 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων**
  - 3.5.1 Συστήματα για επαναχρησιμοποίηση αποπλύτων**
- 3.6 Εξοικονόμηση νερού στους εξωτερικούς χώρους**

### 3. NEPO – ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

#### 3.1 Το νερό ως φυσικός πόρος

Το νερό είναι απαραίτητο τόσο για την επιβίωση κάθε ζωντανού οργανισμού όσο και για την ανάπτυξη της οικονομικής δραστηριότητας και του πολιτισμού. Η διαχείριση και διανομή του καθαρού νερού απασχόλησε τις ανθρωπινές κοινωνίες από τους προϊστορικούς χρόνους. Η διαχείριση των λυμάτων είναι, αντίθετα, πιο πρόσφατη καθώς η σχέση ανάμεσα στην ποιότητα του πόσιμου νερού, την διαχείριση των αποβλήτων και τις μολυσματικές ασθένειες διαπιστώθηκε μόλις στο τέλος του 19ου αιώνα.

Το πρόβλημα με το νερό είναι ότι ενώ το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης είναι καλυμμένο από το υγρό στοιχείο, πολύ μικρό μέρος του είναι κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο. Από την συνολική ποσότητα του νερού στη γη, λιγότερο από 3% είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα, ενώ πάνω από τα δύο τρίτα του γλυκού νερού βρίσκονται στους πόλους σε μορφή παγετώνων. Επιγραμματικά, μόνο το 0,62% του συνολικού νερού του πλανήτη είναι διαθέσιμο στον άνθρωπο, σε λίμνες, ποτάμια και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.



**Σχ. 1.** Το νερό είναι απαραίτητο στοιχείο για τη ζωή και την οικονομική δραστηριότητα

Το νερό στον πλανήτη βρίσκεται σε δυναμική κατάσταση συνεχούς μεταβολής, τον υδρολογικό κύκλο (Σχήμα 2). Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει διάφορες ανεξάρτητες διεργασίες και ειδικότερα τις κατακρημνίσεις (βροχή, χιόνι κλπ), την εξάτμιση, την απορροή, την κατείσδυση, την τροφοδότηση του υδροφορέα, την συμπύκνωση των υδρατμών, την πήξη και την τήξη των πάγων. Ενώ η παγκόσμια ποσότητα νερού είναι σταθερή, η αυξανόμενη χρήση από τον άνθρωπο έχει επιφέρει διαταραχές στον φυσικό υδρολογικό κύκλο που σε πολλές περίπτωσης προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας ή εξάντληση των υδατικών πόρων. Η διαταραχή της ισορροπίας στην επιφανειακά και υπόγεια νερά δημιουργεί βάσιμους φόβους ότι πολλοί από τους διαθέσιμους σήμερα υδατικούς πόρους δεν θα είναι διαθέσιμοι στις μελλοντικές γενιές.



Σχ. 2. Υδρολογικός κύκλος

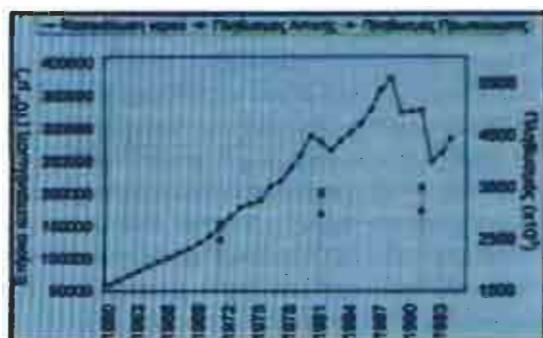
Το νερό, ως φυσικός πόρος, παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες που καθορίζουν τις προτεραιότητες και την προσέγγιση στη διαχείριση του:

Είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος, δηλαδή όταν ο ρυθμός με τον οποίο χρησιμοποιείτο είναι ίσος με τον ρυθμό με τον οποίο ανανεώνεται, το νερό μπορεί να θεωρηθεί ανεξάντλητο.

Παρουσιάζει κινητικότητα, δηλαδή διαφορετικές χρήσεις του μπορούν να γίνουν σε διαφορετικά σημεία και είναι αλληλοεξαρτώμενες (π.χ. το νερό ενός ποταμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρισμού και για πότισμα). Η αλληλεξάρτηση των χρήσεων έχει μεγάλη οικονομική και κοινωνική σημασία και μπορεί να έχει διεθνή διάσταση. Δεν είναι δυνατόν να υποκατασταθεί από κάποιον άλλο πόρο.

### 3.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Τα διαθέσιμα υδρολογικά στοιχεία για μια περίοδο 70 ετών (1920-1989) δείχνουν μια μακροχρόνια πτωτική τάση των βροχοπτώσεων και της απορροής. Ταυτόχρονα η εξάτμιση παρουσιάζει αυξητική τάση. Αυτή η αρνητική κλιματολογική αλλαγή συνοδεύεται από την άνοδο στην κατανάλωση του νερού που οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού, την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και τον πολλαπλασιασμό των οικονομικών δραστηριοτήτων. Ενδεικτική για την έκταση του προβλήματος είναι η λειψυδρία στην Αθήνα το 1989, η οποία οδήγησε στην απόφαση να χρησιμοποιηθούν τα νερά του Ευήνου ποταμού για την ύδρευση της πρωτεύουσας. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η επίσια κατανάλωση νερού στην περιοχή ευθύνης της ΕΥΔΑΠ σε συνάρτηση με την αύξηση του πληθυσμού της Αττικής. Στα έτη 1989 και 1992 είναι εμφανές το αποτέλεσμα της εκστρατείας ενημέρωσης και των οικονομικών μέτρων της ΕΥΔΑΠ.



**Σχ. 3.** Η ετήσια κατανάλωση νερού στην περιοχή που εξυπηρετεί η ΕΥΔΑΠ για την χρονική περίοδο 1960 έως 1992

Τα προβλήματα της λειψυδρίας και της υποβάθμισης της ποιότητας των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, οφείλονται συχνά στην αναποτελεσματική χρήση του. Στη γεωργία, όπου παρουσιάζεται η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, η επιφανειακή άρδευση και η άρδευση με τεχνητή βροχή ευθύνονται για απώλειες που φθάνουν το 50 έως 60%. Η βιομηχανία, με ελάχιστες εξαιρέσεις, δεν χρησιμοποιεί συστήματα και διεργασίες που επιτρέπουν την εξοικονόμηση και την ανακύκλωση του νερού. Στις πόλεις, οι απώλειες των υδρευτικών δικτύων είναι επίσης πολύ υψηλές. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι απώλειες μόνο από την ΕΥΔΑΠ ανέρχονται ετησίους σε 106,7 εκατ.  $m^3$  σε συνολική παραγωγή 375.8 εκατ.  $m^3$  (28,4%). Σύμφωνα με άλλες εκτιμήσεις οι απώλειες δεν υπερβαίνουν το 10% και η διαφορά ανάμεσα στις ποσότητες που παρέχονται και σε αυτές που χρεώνονται οφείλεται σε σφάλματα των μετρητών.

### 3.3 Εξοικονόμηση νερού στο σπίτι

Αν και η ύδρευση αποτελεί μικρό μόνο μέρος της συνολικής κατανάλωσης νερού (Πίνακας 6.3.1), οι μεγαλύτερες ανάγκες ύδρευσης παρουσιάζονται στις πόλεις, όπου συχνά δεν υπάρχουν επαρκή αποθέματα κατάλληλου νερού σε κοντινή απόσταση.

	1980	1990
<b>Γεωργική</b>	4220	5355
<b>Δημοτική</b>	696	975
<b>Βιομηχανική</b>	121	175
<b>Άλλη</b>	-	50
<b>Σύνολο</b>	5037	6555

**Πίνακας 1** Κατανάλωση νερού κατά χρήση στην Ελλάδα, σε εκατομμύρια κυβικά μέτρα

Σημαντική εξοικονόμηση νερού μπορεί να επιτευχθεί στις κατοικίες με κατάλληλο σχεδιασμό, επιλογή εξοπλισμού (είδη υγιεινής, βρύσες, συσκευές χαμηλής κατανάλωσης).

εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης και αλλαγή καταναλωτικών συνηθειών. Στην Ελλάδα, η αστική κατανάλωση νερού κυμαίνεται από 150 έως 250 λίτρα / άτομο / ημέρα.

### 3.3.1 Ο υδραυλικός εξοπλισμός ενός κτιρίου

Η πρόσφατη ξηρασία και η λειψυδρία που παρουσιάστηκε στην Αθήνα είχαν ως αποτέλεσμα την εξοικείωση του πληθυσμού με μεθόδους και συστήματα που επιτρέπουν την εξοικονόμηση νερού. Διάφορα συστήματα και συσκευές εξοικονόμησης νερού είναι διαθέσιμα στην αγορά (καζανάκια και βρύσες ελεγχόμενης ροής).

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι δεν υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στην τιμή του συστήματος και την αποδοτικότητα της εξοικονόμησης, αλλά συνιστάται η επιλογή προϊόντων καλής ποιότητας με τυποποιημένα ανταλλακτικά, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγάλη διάρκεια ζωής του προϊόντος και η μείωση των απορριμμάτων.

Στον εξοπλισμό ενός κτιρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- **Βρύσες με περιορισμό ροής.** Η ροή για τις βρύσες κουζίνας πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερη από τις βρύσες μπάνιου, 6-8 λίτρα / λεπτό και 5-7 λίτρα / λεπτό αντίστοιχα. Υπάρχουν συστήματα που αναμειγνύουν αέρα μέσα στο νερό και δίνουν την εντύπωση πιο δυνατής ροής μέσα από την βρύση ή την κεφαλή του ντους. Σε συνδυασμό με τα συστήματα περιορισμού της ροής, μπορούν να εξοικονομήσουν νερό χωρίς απώλεια άνεσης για τον χρήστη.
- **Διακόπτες της παροχής νερού με φωτοκύτταρα.** Εξασφαλίζουν μέγιστη εξοικονόμηση νερού, αφού η βρύση κλείνει αυτόματα όταν το νερό δεν χρησιμοποιείται. Τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλο κόστος και η χρήση τους δεν συνιστάται σε κατοικίες. Είναι όμως χρήσιμα σε κοινόχρηστους χώρους όπου συνήθως γίνεται μεγάλη σπατάλη νερού (π.χ. κέντρα διασκεδάσεως, εστιατόρια).
- **Φθηνά συστήματα αυτόματης διακοπής της παροχής νερού μετά από συγκεκριμένο χρόνο χρήσης.** Η αποτελεσματικότητα τους όμως είναι περιορισμένη, καθώς ο χρήστης τείνει να πάρει συνεχώς τον διακόπτη.
- **Καζανάκια ελεγχόμενης ή διπλής ροής.** Από τα καζανάκια, προτιμότερα είναι εκείνα στα οποία η ροή εξαρτάται από τον χρόνο πιέσεως του κουμπιού. Μια άλλη λύση είναι τα καζανάκια με επιλογή μικρής ή μεγάλης ροής (συνήθως 3 και 6 λίτρα αντίστοιχα). Τα καζανάκια σταθερής ροής 6 ή 9 λίτρων δε συνιστώνται.

### 3.3.2 Σχεδιασμός υδραυλικών εγκαταστάσεων

Κατά τον σχεδιασμό των υδραυλικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου είναι χρήσιμο να ελαχιστοποιείται η διαδρομή των σωληνώσεων από το θερμοσίφωνα ή τον λέβητα ως τις

βρύσες του ζεστού νερού, ώστε να περιορίζεται η σπατάλη του νερού που τρέχει άσκοπα ώσπου να φθάσει στην βρύση το ζεστό νερό.

### 3.4 Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού

Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού για οικιακή χρήση ή για πότισμα χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στη χώρα μας στα νησιά και σε περιοχές με έλλειψη νερού. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από μια επιφάνεια συλλογής, που συνήθως είναι η σκεπή, και τα συστήματα για την μεταφορά (σωλήνες και υδροροιές), την διήθηση, την αποθήκευση (στέρνα) και την διανομή του νερού. Το συλλεγόμενο νερό είναι κατάλληλο για όλες τις χρήσεις, ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστεί. Όλες οι σκεπές, ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συλλογή του βρόχινου νερού, αν το συλλεγόμενο νερό δεν χρησιμοποιείται ως πόσιμο.

Η ποσότητα του νερού που συλλέγεται εξαρτάται από το ύψος της βροχής στην περιοχή και το εμβαδόν της σκεπής. Μια σκεπή  $150 \text{ m}^2$  σε μια περιοχή με ετήσιο ύψος βροχής  $400 \text{ mm}$  (όπως η Αθήνα) μπορεί να συλλέξει  $60 \text{ κυβικά μέτρα νερό τον χρόνο}$ , που αντιστοιχούν σε παροχή  $165 \text{ λίτρων νερού την ημέρα}$ , όσο δηλαδή η μέση κατανάλωση ενός ατόμου. Η ποιότητα του συλλεγόμενου νερού στην πόλη είναι συνήθως χαμηλότερη από αυτή στην ύπαιθρο λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το κόστος ενός συστήματος συλλογής βρόχινου νερού καθορίζεται κυρίως από το κόστος κατασκευής της στέρνας και είναι περίπου ίσο με το κόστος ανοίγματος ενός πηγαδιού. Ένα σύστημα συλλογής βρόχινου νερού μπορεί να ενσωματωθεί τόσο στην αρχή του σχεδιασμού ενός νέου κτιρίου όσο και να κατασκευαστεί εκ των υστέρων σε υπάρχοντα κτίρια.

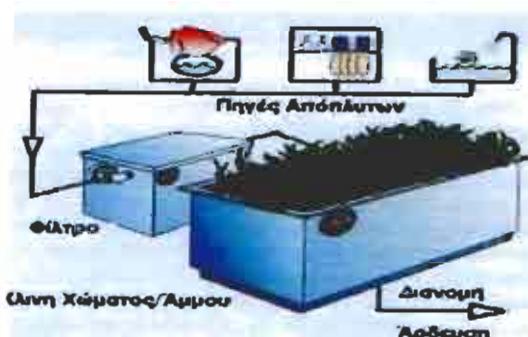


**Σχ. 4** Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού. Η μορφή της στέγης (επίπεδη ή επικλινής) δεν επηρεάζει την συλλογή της βροχής

### 3.5 Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε κεντρικά συστήματα είναι πρακτική που εφαρμόζεται ευρύτατα σε πολλές χώρες. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών από εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων θεωρούνται ικανοποιητικά σύμφωνα με την Ελληνική και την διεθνή υγειονομική νομοθεσία, ενώ τα απαιτούμενα έργα για την χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι σχετικά μικρού κόστους. Η συνηθέστερη χρήση είναι η άρδευση γεωργικών εκτάσεων.

Εκτός από τα κεντρικά συστήματα επαναχρησιμοποίησης, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να γίνει άμεση οικιακή επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, κυρίως για πότισμα και για χρήση στις τουαλέτες. Στα κτίρια υπάρχουν συνήθως δύο αποχετευτικά συστήματα, η αποχέτευση ακαθάρτων που συνδέεται με κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο ή το ιδιωτικό σύστημα επεξεργασίας, και η αποχέτευση βρόχινων νερών (ελαφρών λυμάτων). Μπορεί να εγκατασταθεί ένα τρίτο σύστημα ώστε τα ακάθαρτα να διαχωρίζονται σε αποχωρήματα και απόπλυτα, και τα τελευταία να χρησιμοποιούνται για πότισμα. Επί πλέον, μπορεί να τοποθετηθεί και ένα δεύτερο σύστημα σωληνώσεων παροχής νερού, το οποίο να προμηθεύει νερό στο καζανάκι της τουαλέτας από την δεξαμενή των αποπλύτων.



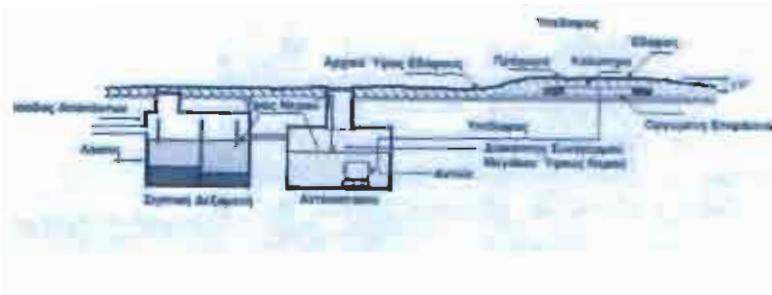
**Σχ. 5. Σχηματική αναπαράσταση συστήματος επεξεργασίας αποπλύτων με χρήση φίλτρου και ζαρντινιέρας για τον καθαρισμό**

Η άρδευση με απόπλυτα δεν είναι νέα ιδέα σε περιοχές με έντονα προβλήματα λειψυδρίας. Ωστόσο, συχνά δεν λαμβάνονται οι απαραίτητες προφυλάξεις και οι τεχνολογίες για την ασφαλή χρήση των αποπλύτων βρίσκονται ακόμη στο στάδιο της ανάπτυξης. Η ιδέα του διαχωρισμού και της επαναχρησιμοποίησης των αποπλύτων είναι ιδιαίτερα ελκυστική γιατί:

- Διευκολύνει τον σχεδιασμό και μειώνει το κόστος κατασκευής των μικρών, 'τοπικών' συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Αξιοποιεί συστατικά των αποπλύτων, όπως ο φώσφορος, το άζωτο και το κάλλιο που δεν δεσμεύονται στα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και ρυπαίνουν

τους υδάτινους αποδέκτες

- Δεν παράγει δευτερογενή απόβλητα, όπως η λάσπη από τον βιολογικό καθαρισμό, τα οποία να χρειάζονται με την σειρά τους επεξεργασία.



Σχ. 6. Σχηματική αναπαράσταση συστημάτων χυμηλού προϊόντος.

Αν και το ρυπαντικό φορτίο των αποπλύτων είναι πολύ μικρότερο από αυτό των αποχωρημάτων (Πίνακας 2), σε μια δεξαμενή γρήγορα αναπτύσσεται μικροβιακή δραστηριότητα, αναερόβιες συνθήκες και οσμές, και παράγεται λάσπη. Για την επαναχρησιμοποίηση τους τα απόπλυτα πρέπει να διατεθούν αμέσως στο έδαφος όπου διασπώνται με την βοήθεια των εδαφικών μικροοργανισμών ή να υποστούν επεξεργασία (π.χ. διήθηση σε χαλίκι και άμμο) πριν την αποθήκευση τους σε δεξαμενές. Όταν τα αποπλύματα διοχετεύονται απ' ευθείας στο έδαφος, η προεπεξεργασία τους είναι συνήθως απαραίτητη.

Ρύπος	Απόπλυτα (g/cd)	Αποχρωμάτα (g/cd)
<b>BOD<sub>5</sub></b>	34	71
<b>Αιωρούμενα στερεά</b>	18	70
<b>Ολικό N</b>	1.6	13.2
<b>Ολικός P</b>	3.1	4.6
<b>Ολικός P (απορροπαντικά χωρίς φώσφορο)</b>	0.5	1.9

Πίνακας 2. Ρυπαντικό φορτίο αιστικών υγρών αποβλήτων

Διάφορες τεχνολογίες και συστήματα για την επαναχρησιμοποίηση των αποπλύτων είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία στον τομέα, αν και έχουν γίνει προσπάθειες για την επαναχρησιμοποίηση των αποπλύτων ειδικά σε ξενοδοχειακές μονάδες. Αρκετές εταιρείες προσφέρουν έτοιμους βόθρους ή άλλες μικρές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Ο σχεδιασμός πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο μηχανικό, που

Θα μελετήσει τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης

### **3.5.1 Συστήματα για επαναχρησιμοποίηση αποπλύτων**

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία υπόγειων συστημάτων για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων (απόπλυτα) αν και οι βασικές αρχές λειτουργίας είναι στα περισσότερα κοινές τα απόπλυτα συγκεντρώνονται σε μια δεξαμενή (βόθρο) όπου κατακάθονται τα στερεά σωματίδια. Στη συνέχεια, φιλτράρονται μέσα από ένα κατάλληλο σύστημα χαλικιών, άμμου και χώματος και με τη βοήθεια υπόγειων διάτρητων σωλήνων διατίθενται στο έδαφος, σε χώρο με φυτική κάλυψη, για πότισμα. Σε κάποια συστήματα χρησιμοποιούνται υδροχαρή φυτά για την ταχύτερη απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου. Η χρήση επιφανειακών σωλήνων για πότισμα δεν συνιστάται για λόγους υγειονομικούς.

Τα πιο συνηθισμένα συστήματα επαναχρησιμοποίησης αποπλύτων περιγράφονται συνοπτικά στην συνέχεια. Ο μιχανικός έχει την δυνατότητα να επιλέξει και να σχεδιάσει μια πληθώρα άλλων συστημάτων, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου και της τοποθεσίας.

**1. Επεξεργασία με χρήση «φυσικών συστημάτων»:** ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από μια σηπτική δεξαμενή (βόθρο) για την προεπεξεργασία (δηλ. την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων) και ένα σύστημα διανομής σε ένα ρηχό παρτέρι με άμμο και χαλίκια, φυτεμένο με υδροχαρή φυτά (Cattails, Canna lilies, Iris, Elephant ears, Ginger lily κτλ.) Κάτω από το παρτέρι τοποθετείται προστατευτικό κάλυμμα ή μια στρώση μη-διαπερατού χώματος (π.χ. αργιλικό) για την προστασία του υδροφόρου ορίζοντα. Συνήθως, το παρτέρι έχει ταυτόχρονα το ρόλο του φίλτρου και του χώρου της τελικής διάθεσης του νερού. Τα φυτά χρησιμοποιούνται «ρύπους» ως τροφή για την ανάπτυξή τους, ενώ το παρτέρι αποτελεί ταυτόχρονα χώρο ανάπτυξης μη παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι επίσης διασπούν τους ρύπους των αποβλήτων. Μια μέση οικογένεια τριών ατόμων χρειάζεται ένα παρτέρι 20 τ.μ

Στο σχήμα 5.5.1. παρουσιάζεται ένας συμπαγής τύπος τέτοιων συστημάτων, όπου αντί για παρτέρια στον κήπο χρησιμοποιούνται ζαρντινιέρες οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικούς ή ακόμα και σε εσωτερικούς χώρους. Λόγω του μικρότερου διαθέσιμου χώρου για την λειτουργία της εξατμισοδιαπνοής των φυτών, υπάρχει και εκροή των καθαρισμένων αποπλύτων τα οποία επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πότισμα ή για τα καζανάκια της τουαλέτας.

**2. Συστήματα ρηχής τάφρου:** Μετύ από την προεπεξεργασία σε σηπτική δεξαμενή, τα απόπλυτα οδηγούνται με κατάλληλο σύστημα σωληνώσεων σε μια ρηχή τάφρο, από όπου ποτίζονται υπόγεια οι ρίζες των φυτών. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε βάθος 20 cm μέσα σε

μια στρώση από χαλίκια και σε απόσταση ενός μέτρου ο ένας από τον άλλο. Εδώ δεν χρησιμοποιούνται παρτέρια με υδροχαρή φυτά για την γρήγορη απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου, αλλά το νερό διοχετεύεται για πότισμα μεγαλύτερων εκτάσεων.

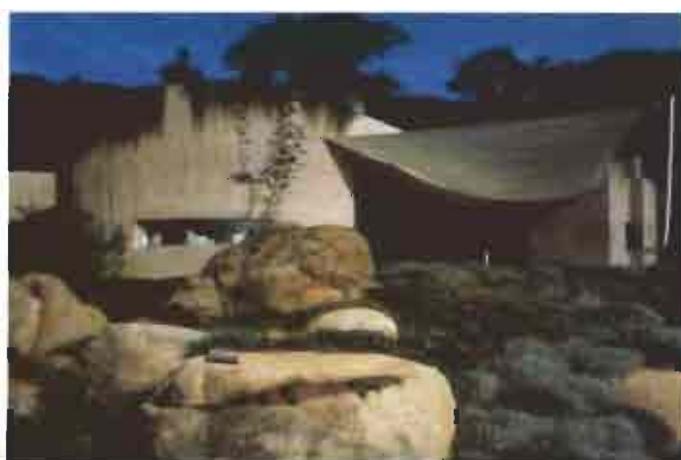
**3. Συστήματα χαμηλού προχώματος:** Σε αυτά δημιουργείται ένα χαμηλό πρόχωμα για την διάθεση των αποπλύτων, αποτελούμενο από άμμο και χώμα πάνω από το έδαφος του κήπου, το οποίο στη συνέχεια φυτεύεται. Έχει προηγηθεί η επεξεργασία των αποπλύτων σε σηπτική δεξαμενή. Η μέθοδος επεξεργασίας είναι η ίδια με τα συστήματα χαμηλής τάφρου, αλλά εδώ απαιτείται άντληση του νερού από τη δεξαμενή στο πρόχωμα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο όταν το υπάρχον έδαφος είναι ακατάλληλο για την διάθεση των λυμάτων.

### 3.6 Εξοικονόμηση νερού στους εξωτερικούς χώρους

Οι εξωτερικοί χώροι πρέπει να σχεδιάζονται και να διαμορφώνονται έτσι ώστε:

- Οι κήποι να χρειάζονται λιγότερο νερό, λιγότερη ενέργεια και λιπάσματα.
- Οι υπόλοιποι χώροι (γκαράζ, διάδρομοι) να απορριφούν το νερό της βροχής ώστε να εμπλουτίζεται ο υδροφόρος ορίζοντας.

Η διαμόρφωση κήπων φιλικότερων προς το περιβάλλον αρχίζει από το στάδιο του σχεδιασμού και λαμβάνει υπόψη τις τοπικές και τις μικροκλιματικές συνθήκες, την ήδη υπάρχουσα βλάστηση και τον προσανατολισμό του οικοπέδου. Ακολουθεί η επιλογή του χώματος, η βελτίωση του εδάφους με οργανικά υλικά, και η επιλογή φυτών προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες και με χαμηλές ανάγκες σε νερό (Σχήμα 6.6.1). Ο κήπος διαμορφώνεται σε ζώνες ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών σε νερό. Τέλος, επιλέγεται ένα αποδοτικό σύστημα ποτίσματος, ανάλογα με το μέγεθος του χώρου (για μεγαλύτερους, κοινόχρηστους κήπους συνιστάται το πότισμα στάγδην ή ένα υπόγειο σύστημα).



Σχ. 7. Οι κήποι μπορούν να προσαρμόστονται στο Μεσογειακό τοπίο με τη χρήση φυτών με χαμηλές ανάγκες σε υγρό και αντοχή στον ήλιο. Φωτο: σπίτι στην Κατελωνία της Ισπανίας

Στη διαμόρφωση των άλλων, εξωτερικών χωρών μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαπερατά υλικά, όπως χαλίκι, σπασμένες πέτρες και πλάκες με οπές, στις οποίες μπορεί να φυτευτεί γρασίδι. Έτσι το νερό της βροχής συγκρατείται στο έδαφος και συνεισφέρει στον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα. Πολλά διαπερατά υλικά αντέχουν στην διέλευση ιδιωτικών και φορτηγών οχημάτων χωρίς υφίστανται αλλοιώσεις και είναι κατάλληλα για χώρους σταθμεύσεων.

Αν και αυτές οι τεχνικές δεν είναι ιδιαίτερα συνηθισμένες στην Ελλάδα, πολλά από τεχνικά γραφεία που ειδικεύονται σι αρχιτεκτονική τοπίου είναι σε θέση να εφαρμόσουν. Φυτώρια και γεωπονικά καταστήματα παρέχουν επίσης συμβουλές, σχετικά με την επιλογή των κατάλληλων φυτών.

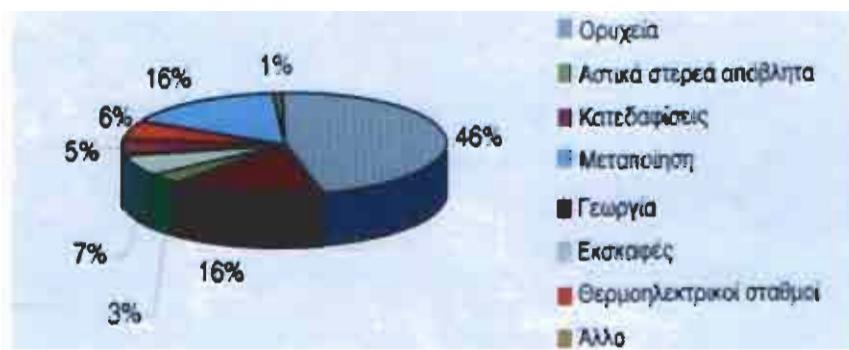
# **4. ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ**

- 4.1 Η οικολογία των αποβλήτων**
- 4.2 Κατασκευαστικά απόβλητα**
  - 4.2.1 Ορισμός και ταξινόμηση**
  - 4.2.2 Μέθοδοι διάθεσης και ποσότητες των κατασκευαστικών αποβλήτων**
  - 4.2.3 Εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης : Μείωση – Επαναχρησιμοποίηση – Ανακύκλωση**
  - 4.2.4 Πρακτικές οδηγίες για τα οικοδομικά απόβλητα**
- 4.3 Στερεά αστικά απόβλητα**

## 4. ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

### 4.1 Οικολογία των αποβλήτων

Στερεά απόβλητα είναι τα υλικά από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει ή είναι υποχρεωμένος να απαλλαγεί σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Δύο κύριες κατηγορίες στερεών αποβλήτων σχετίζονται με τα κτίρια: τα απόβλητα που παράγονται κατά την κατασκευή, ανακαίνιση και κατεδάφιση των κτιρίων (κατασκευαστικά απόβλητα), και τα απόβλητα που παράγονται κατά την χρήση των κτιρίων, δηλαδή κατά την διαμονή και την εργασία σε αυτά (στερεά αστικά απόβλητα - ΣΑΑ). Υπολογίζεται ότι στη Δυτική Ευρώπη παράγονται ετησίως πέντε δισεκατομμύρια τόνοι στερεών αποβλήτων από τους οποίους 5% είναι τα κατασκευαστικά απόβλητα και 3% τα στερεά αστικά απόβλητα (Σχήμα 1).



Σχ. 1. Παραγωγή στερεών αποβλήτων στη Δυτική Ευρώπη

Σε όλη την διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξη των πρώτων υλών και την διαδικασία παραγωγής μέχρι την χρήση του, παράγονται στερεά απόβλητα. Με την ολοκλήρωση της χρήσιμης διάρκειας ζωής του, το ίδιο το προϊόν θεωρείται άχρηστο και κατατάσσεται στην κατηγορία των αποβλήτων.

Στόχος της διαχείρισης των αποβλήτων δεν είναι μόνο η ασφαλής τους διάθεση αλλά η ολοκληρωμένη διαχείριση των φυσικών πόρων και η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον σε όλα τα στάδια παραγωγής.

Για τις κατασκευαστικές δραστηριότητες, όπως και για κάθε άλλη παραγωγική διαδικασία, αυτό σημαίνει ότι τα πρωτογενή υλικά πρέπει να παραμένουν στον παραγωγικό κύκλο όσο το δυνατόν περισσότερο και κατά προτίμηση στον ίδιο παραγωγικό κύκλο.

Βασικές επιλογές για την οικολογική δόμηση είναι:

- Η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων.
- Η χρήση δομικών στοιχείων με μεγάλο χρόνο ζωής και με υψηλό περιεχόμενο σε ανακυκλωμένα υλικά.
- Ο σχεδιασμός ευέλικτων κτιρίων κατάλληλο για πολλαπλές χρήσεις.
- Η ανακύκλωση μετά την κατεδάφιση.



**Σχ. 2.** Τα κατασκευαστικά απόβλητα αποτελούν σημαντικό τμήμα των στερεών αποβλήτων και συγχρόνως σίγατθεντιαί ανεξέλεγκτα

Η οικολογική δόμηση έχει στόχο την ελάττωση των πλέσεων στους μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους που μακροπρόθεσμα τείνουν να εξαντληθούν και τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον σε κάθε στάδιο της ζωής των υλικών και των προϊόντων που χρησιμοποιούνται σε ένα κτίριο.

Οι βασικές αρχές συνοψίζονται ως εξής:

- Αποφυγή χρήσης περιττών υλικών
- Αποδοτική χρήση υλικών
- Χρήση υλικών από ανανεώσιμες πηγές δευτερογενών (ανακυκλωμένων) υλικών.
- Επιλογή των υλικών με τις μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον

## 4.2 Κατασκευαστικά απόβλητα

### 4.2.1 Ορισμός και ταξινόμηση

Τα κατασκευαστικά απόβλητα παράγονται κατά την εκτέλεση διαφόρων κατασκευαστικών έργων όπως η ανέγερση, ανακαίνιση και κατεδάφιση κτιρίων, η κατασκευή και συντήρηση δρόμων, και η εκτέλεση δημοσίων έργων.

Τα υλικά που περιλαμβάνονται στα κατασκευαστικά απόβλητα

ποικίλουν ανάλογα με το είδος και την περιοχή του έργου, καθώς υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις μεθόδους και τα υλικά κατασκευής από χώρα σε χώρα ή και από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα οι κατοικίες στην Ευρώπη κατασκευάζονται κυρίως από σκυρόδεμα, τούβλα και πέτρες ενώ στην Βόρεια Αμερική χρησιμοποιείται ευρύτατα το ξύλο.



**Σχ. 3.** Κίνητη μονάδα επεξεργασίας οικοδόμηκαν αποβλήτων για την παραγωγή δευτερογενών αδρανών υλικών

Τα απόβλητα που παράγονται κατά την κατασκευή ενός κτιρίου περιλαμβάνουν χώμα και πέτρες από τις χωματουργικές εργασίες για την διαμόρφωση του οικοπέδου και σε μικρότερες ποσότητες, οικοδομικά υλικά που καταστράφηκαν ή περίσσεψαν. Κατά την κατεδάφιση ενός κτιρίου τα απόβλητα που παράγονται περιλαμβάνουν σκυρόδεμα, τούβλα, πέτρες, χώματα, άμμο, χαλίκια, ξύλα, μέταλλα, γυαλί, πλαστικά, χαρτιά και υφάσματα. Στα υλικά κατεδαφίσεως περιλαμβάνονται επίσης καλώδια, ηλεκτρικές συσκευές, σωλήνες και είδη υγιεινής.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η συνηθέστερη ταξινόμηση των κατασκευαστικών απόβλητων ανάλογα με την προέλευση τους. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/442/EOK περί στερεών αποβλήτων, τα **Απόβλητα από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις** ταξινομούνται ως ακολούθως:

- Σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια, κεραμικά και υλικά με βάση τον γύψο
- Ξύλο, γυαλί και πλαστικό
- Άσφαλτος, πίσσα και προϊόντα πίσσας
- Μέταλλα (και τα κράματά τους)
- Χώματα και μπάζα εκσκαφών
- Μονωτικά υλικά (εκτός από όσα περιέχουν αμίαντο)
- Απόβλητα μικτών κατασκευών και κατεδαφίσεων

<b>Υλικά Εκσκαφών</b>	Μητρικά χώματα εκσκαφών, άμμος, πετρώματα, άργιλος, ίλις, και οποιαδήποτε άλλα υλικά παράγονται από εκσκαφές. Υλικά που προέρχονται από φυσικά φαινόμενα - υπεργιαλίσεις χειμάρρων, κατολισθήσεις κλπ.
<b>Υλικά Οδονομίας</b>	Άσφαλτος και οποιαδήποτε άλλα υλικά οδοστρωμάτων, βάσεων, Υποβάσεων δηλ. χαλίκια, άμμος, σκύρα και τα υλικά που προκύπτουν Από την ανακατασκευή και την ανακαίνιση οδών, καθώς και από έργα Υπόγειων υδραυλικών και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στις πόλεις.
<b>Υλικά Καπνοδομιών</b>	Χώματα, χαλίκι, υλικά στρωγγυτηρίων και εξυγιαντικές στρώσεις, θραύσματα, κομμάτια ή στοιχεία από σκυρόδεμα, επιχρύσματα, τούβλα, πλάκια, πλακάκια, πουρί, γύψος, άμμος, λαξευμένες πέτρες, ειδή υγιεινής και θραύσματά τους.
<b>Εργοταξιακά Απόβλητα</b>	Ξύλο, πλαστικό, χαρτί και χαρτόνι, γυαλί, μέταλλα, καλώδια, χρώματα, βερνίκια, κόλλες, στοιχεία επικαλύψεων προσόψεων και γενικά όλα τα απορρίμματα που προέρχονται από την λειτουργία εγκαταστάσεων κατασκευής, κατεδάφισης, αποκαίνισης, ενίσχυσης, προσθήκης, επέκτασης, και ανακαίνισης.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση των κατασκευαστικών απόβλητων ανάλογα με την προέλευσή τους

#### **4.2.2 Μέθοδοι διάθεσης και ποσότητες των κατασκευαστικών αποβλήτων**

Τα κατασκευαστικά απόβλητα είναι ογκώδη, βαριά και αδρανή. Δεν είναι κατάλληλα για καύση ούτε για επεξεργασία σε συνήθεις εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής και ανακύκλωσης υλικών. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος για την διάθεση τους είναι η υγειονομική ταφή και η απόθεση σε εγκεκριμένους και μη χώρους. Στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής (XYTA), τα κατασκευαστικά απόβλητα θεωρούνται συχνά χρήσιμα υλικά, καθώς χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση των πρανών, την κατασκευή εσωτερικών δρόμων και την ημερήσια κάλυψη των απορριμμάτων. Οι XYTA χρειάζονται για την λειτουργία τους ορισμένες ποσότητες αδρανών υλικών και αν δεν δεχτούν κατασκευαστικά απόβλητα θα αγοράσουν πρωτογενή αδρανή υλικά (χώμα, άμμο, χαλίκι), αυξάνοντας τόσο το λειτουργικό τους κόστος όσο και την κατανάλωση φυσικών πόρων. Ωστόσο, οι ποσότητες των κατασκευαστικών απόβλητων που καταλήγουν στους XYTA είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερες από αυτές που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών τους. Συχνά τα κατασκευαστικά απόβλητα καταλαμβάνουν ένα σημαντικό μέρος του ωφέλιμου -και ακριβού -χώρου ενός XYTA. Η Ευρωπαϊκή και η Ελληνική νομοθεσία προβλέπουν την δυνατότητα δημιουργίας XYTA αποκλειστικά για κατασκευαστικά απόβλητα (XYTA αδρανών), οι οποίοι οφείλουν να πληρούν ελαστικότερες προδιαγραφές από τους XYTA αστικών απόβλητων (ΚΥΑ 114218/97, ΦΕΚ 1016(B) 17/ 11/97), καθώς τα κατασκευαστικά απόβλητα επιβαρύνουν λιγότερο το περιβάλλον.

Η απόσταση των χώρων ταφής απόβλητων από τις πόλεις αυξάνεται. Αυτό οφείλεται στην αυξανόμενη έλλειψη κατάλληλων χώρων και η αντίθεση του κοινού. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση του οικονομικού και του περιβαλλοντικού κόστους για την μεταφορά και την διάθεση των απόβλητων.

Ηδη, το κόστος αυτό αποτελεί υπολογίσιμο μέρος του συνολικού κόστους ενός οικοδομικού έργου, ιδιαίτερα αν πρόκειται για κατεδάφιση. Το κόστος που απαιτεί η μεταφορά και η διάθεση των κατασκευαστικών απόβλητων αναμένεται να αυξηθεί καθώς, σε όλες τις βιομηχανικές χώρες, αυξάνεται το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος των XYTA. Σε πολλές χώρες, όπως η Γερμανία, η Δανία, η Βρετανία, επιβάλλονται ήδη φόροι υγειονομικής ταφής.

Η παραγωγή αδρανών υλικών (άμμος, χαλίκι, αργιλικά) που απαιτούνται σε όλα τα κατασκευαστικά έργα από πρωτογενείς πηγές έχει το δικό της οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών απόβλητων για την παραγωγή δευτερογενών αδρανών υλικών μπορεί να μειώσει την πίεση και στα δύο αυτά συστήματα. Ήδη, σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες και στις ΗΠΑ εφαρμόζονται εκτεταμένα προγράμματα

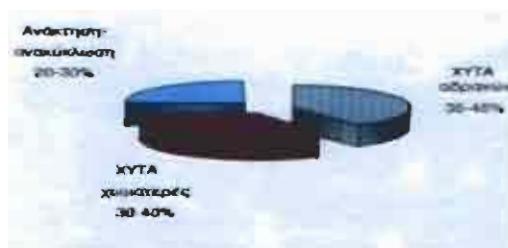
για την ανακύκλωση των κατασκευαστικών αποβλήτων σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασία. Το υψηλό κόστος της ταφής και οι περιβαλλοντικοί φόροι στην ταφή και τα πρωτογενή αδρανή συμβάλλουν στην ανάπτυξη της ανακύκλωσης.

Το 1996 τα απόβλητα που σχετίζονται με την κατασκευή, ανακαίνιση και κατεδάφιση κτιρίων στις ΗΠΑ ανήλθαν σε 123 εκατομμύρια τόνους. Η μισή περίπου από αυτή την ποσότητα προέρχεται από κατεδαφίσεις, 8% από την κατασκευή νέων κτιρίων και το υπόλοιπο από ανακαίνισεις (Πίνακας 2).

Προϊόντη	Κτίρια κατασκευής		Κτίρια άλλων χρήσεων		Σύνολο	
	Χ.1000 τόνοι	%	Χ.1000 τόνοι	%	Χ.1000 τόνοι	%
Κατασκευή	5950	11	3870	6	9820	8
Ανακαίνιση	28900	55	25400	36	54300	44
Κατεδάφιση	17900	34	40900	51	58800	48
<b>Σύνολο</b>	<b>52750</b>	<b>100</b>	<b>70170</b>	<b>100</b>	<b>122920</b>	<b>100</b>
<b>Ποσοστό %</b>	<b>43</b>		<b>57</b>			<b>100</b>

Πίνακας 2. Εκτιμώμενες ποσότητες κατασκευαστικών αποβλήτων από οικοδομές στις ΗΠΑ το 1996

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των κατασκευαστικών αποβλήτων ανά μέθοδο διάθεσης για την ίδια χρονική περίοδο.



Σχήμα 4. Ποσοστιαία κατανομή των κατασκευαστικών αποβλήτων ανά μέθοδο διάθεσης στις ΗΠΑ

Τα μέταλλα παρουσιάζουν το υψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης ανάμεσα στα κατασκευαστικά απόβλητα και ακολουθούν το μπετόν, τα ασφαλτικά υλικά και το ξύλο. Στον Πίνακα 3. αναφέρονται οι ποσότητες των κατασκευαστικών αποβλήτων που παράγονται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με στοιχεία διαφορετικών οργανισμών. Η δυσκολία συγκέντρωσης έγκυρων και συγκρίσιμων δεδομένων είναι εμφανής.

Χώρα	Πληθυσμός χιλιομέτρων	Κατ. Απόβλητα 1990 – 1993 (δρχ / κάτοικο)	Κατ. Απόβλητα χωρίς τη Υλική παραγωγή 1993 (δρχ/κάτοικο)	Κατ. Απόβλητα 1995 (δρχ / κάτοικο) Επεξεργασμένα ύλα
<b>Αυστρία</b>	<b>7978</b>	<b>2495,7</b>	<b>902,5</b>	<b>2750</b>
<b>Βέλγιο</b>	<b>10093</b>	<b>279,5</b>	<b>901,6</b>	<b>2600</b>
<b>Γαλλία</b>	<b>57856</b>	<b>432,1</b>	<b>432,1</b>	<b>1724</b>
<b>Γερμανία</b>	<b>81207</b>	<b>1501,0</b>	<b>800,4</b>	<b>2710</b>
<b>Δανία</b>	<b>5207</b>	<b>455,9</b>	<b>825,8</b>	<b>2884</b>
<b>Ισπανία</b>	<b>39577</b>	<b>555,9</b>	<b>181,9</b>	<b>561</b>
<b>Ιταλία</b>	<b>57177</b>	<b>601,2</b>	<b>145,2</b>	<b>601</b>
<b>Μ.Βρετανία</b>	<b>58005</b>	<b>1034,4</b>	<b>775,8</b>	<b>1200</b>
<b>Ολλανδία</b>	<b>15382</b>	<b>1943,2</b>	<b>897,2</b>	<b>818</b>

Πίνακας 3. Ποσότητες κατασκευαστικών αποβλήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με στοιχεία διαφορετικών οργανισμών.

Στη Δανία, ο υψηλός φόρος ταφής (16500 δρχ/ τόνο) σε συνδυασμό με μια ήπια φορολόγηση των πρωτογενών αδρανών υλικών (220 δρχ/τόνο) έχει δημιουργήσει τα απαραίτητα κίνητρα για τους κατασκευαστές για την χρήση ανακυκλωμένων υλικών. Σήμερα στη Δανία ανακυκλώνεται το 90% των κατασκευαστικών αποβλήτων. Μέσα σε λιγότερο από μία δεκαετία το ποσοστό που καταλήγει σε XYTA μειώθηκε από 84% σε 1% (Πίνακας 4). Στο ίδιο διάστημα, το ποσοστό των ανακυκλωμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές αυξήθηκε από 1% σε 25%.

Μέθοδος	1990	1992	1994	1996
<b>Ταφή</b>	<b>84</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Κανση</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>
<b>Ανακύκλωση</b>	<b>16</b>	<b>82</b>	<b>87</b>	<b>90</b>

Πίνακας 4. Ποσοστιαία κατανομή των κατασκευαστικών αποβλήτων σε μέθοδο διάθεσης στη Δανία κατά την χρονική περίοδο 1988 – 1996.

Ωστόσο, δεν αρκεί η εισαγωγή περιβαλλοντικών φόρων για την εκτροπή των αποβλήτων από την ταφή. Τα οικονομικά μέτρα πρέπει να συνοδεύονται από την ανάπτυξη επαρκούς υποδομής επεξεργασίας των αποβλήτων, αλλιώς θα θεωρηθούν ως ένα ακόμη μέσο για την αύξηση των εσόδων του κρατικού προϋπολογισμού και μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση των παράνομων χωματερών. Στην Κοπεγχάγη, για παράδειγμα, λειτουργεί από το 1996 στο χώρο

του νέου XYTA ένα κέντρο επεξεργασίας και ανακύκλωσης κατασκευαστικών αποβλήτων ετήσιας δυναμικότητας 700.000 τόνων. Τα τέλη εισόδου αντανακλούν την δυσκολία και το κόστος της επεξεργασίας και κυμαίνονται από 2900 δρχ/τόνο για καθαρό σκυρόδεμα και 4000 δρχ/τόνο για ενισχυμένο σκυρόδεμα, έως 18000 δρχ/τόνο για γυψοσανίδες και 31200 δρχ/τόνο για ανάμεικτα υλικά (Wastes Management, April 1999, p. 32-34).

Στην Ελλάδα η έλλειψη στατιστικών στοιχείων και μετρήσεων για τα κατασκευαστικά απόβλητα δυσχεραίνει τον προσδιορισμό της ποσότητας τους. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία η ποσότητα των κατασκευαστικών απόβλητων που καταλήγουν σε χοίρους ελεγχόμενης ταφής αποτελεί το 3% των συνολικών απόβλητων που δέχονται οι χώροι αυτοί, δηλαδή 180.000 - 200.000 τόνους ανά έτος ή 18-20 kg/κάτοικο ανά έτος. Η ποσότητα αυτή βρίσκεται σε πλήρη ασυμφωνία με τα δεδομένα για άλλες χώρες, όπου υπάρχουν καλύτερα οργανωμένα συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής. Στην Αγγλία αντιστοιχούν 1.194 χλιόγραμμα κατασκευαστικών απόβλητων ανά κάτοικο και ανά έτος, ενώ στις ΗΠΑ μόνο από την οικοδομική δραστηριότητα αντιστοιχούν 465 kg ανά κάτοικο και ανά έτος. Η ασυμφωνία οφείλεται στην παράνομη απόθεση των κατασκευαστικών απόβλητων σε κοίτες χειμάρρων, σε ρέματα, σε άκτιστα οικόπεδα, παραπλεύρως των εθνικών και επαρχιακών δρόμων και οπουδήποτε άλλού διευκολύνεται ο οδηγός του οχήματος μεταφοράς.

Σε μια πρόσφατη μελέτη (Αλαβέρας και Παπαχρήστου, 1999) εκτιμάται ότι η ποσότητα των κατασκευαστικών απόβλητων από οικοδομικές δραστηριότητες στην Ελλάδα θα πρέπει να είναι περίπου 1.100.000 τόνοι ανά έτος. Το σύνολο των κατασκευαστικών απόβλητων (συμπεριλαμβανομένων και των υλικών εκσκαφής) είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί, καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία και μετρήσεις. Σύμφωνα με διαφορετικές εκτιμήσεις, η συνολική ποσότητα κυμαίνεται από 1.500.000 τόνους ανά έτος έως 8.500.000 τόνους ανά έτος, δηλαδή από 7,5% έως 30,8% του συνόλου των στερεών απόβλητων που παράγονται στην Ελλάδα .

#### **4.2.3 Εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης:**

##### **4.2.3.1 Μείωση - Επαναχρησιμοποίηση - Ανακύκλωση**

Για την αποτελεσματική μείωση και ανακύκλωση των οικοδομικών απόβλητων απαιτείται καλός σχεδιασμός και μια στρατηγική για την διαχείριση της ροής των υλικών πριν από την έναρξη των εργασιών. Βέβαια, ο καλύτερος τρόπος για την μείωση των απόβλητων από κατεδαφίσεις είναι να επιμηκυνθεί η διάρκεια ζωής των κτιρίων. Αυτό απαιτεί καλή κατασκευή σεβασμό των διαχρονικών αισθητικών αξιών, και καλό σχεδιασμό του κτιρίου ώστε να είναι ευέλικτο και να μπορεί εύκολα να αλλάξει (π.χ. από γραφεία σε κατοικία).



Σχ. 5. Στα απόβλητα κατεδάφισης υπάρχει ποικιλία υλικών που μπορούν να αξιοποιηθούν

Κατά τον σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου θα πρέπει οι παραγγελίες των υλικών να υπολογίζονται με ακρίβεια και να χρησιμοποιούνται τυποποιημένα μεγέθη και προκατασκευασμένα στοιχεία. Έτσι αποφεύγονται τα επί τόπου κοψίματα και δημιουργία αποβλήτων, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι κατά την κατασκευή αυτών των προϊόντων λαμβάνεται υπόψη η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών και υλικών εισροών. Η χρήση υψηλής ποιότητας υλικών μειώνει τις απώλειες και την δημιουργία αποβλήτων, εξοικονομώντας πόρους και χρήματα για τον κατασκευαστή και τον ιδιοκτήτη. Η ανάπτυξη οικοδομικών προϊόντων, δομικών στοιχείων και κτιρίων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και με χρήση λιγότερων υλικών, είναι νέοι τομείς έρευνας που εξετάζονται σήμερα εντατικά σε ερευνητικά ίνστιτούτα και στη βιομηχανία.

Οι συσκευασίες των υλικών που χρησιμοποιούνται στην οικοδομή συνήθως δεν επιστρέφονται και συνεισφέρουν στην αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων στο εργοτάξιο. Τα συμβόλαια με τους προμηθευτές μπορούν να περιλάβουν συμφωνίες για την ελαχιστοποίηση και την επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών. Τέλος, η καλή διαχείριση του εργοταξίου και η προσεκτική εκτέλεση των εργασιών μειώνουν τις απώλειες, το κόστος και την ποσότητα των αποβλήτων.

#### 4.2.3.2 Επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων

Με κατάλληλο διαχωρισμό ένα μεγάλο μέρος των αποβλήτων από τις κατεδαφίσεις και τις ανακυνίσεις είναι δυνατόν να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί. Στην Ελλάδα αυτό γίνεται άτυπα από μαστόρους και πλανόδιους εμπόρους που μαζεύουν υλικά υψηλής σχετικά αξίας, όπως δομικά στοιχεία αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος, πόρτες, παράθυρα, περισσεύματα υλικών, συσκευές και συσκευασίες, και τα πωλούν σε μάντρες ή σε επιχειρήσεις ανακύκλωσης. Είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια η ποσότητα των κατασκευαστικών αποβλήτων που ανακτώνται με αυτόν τον τρόπο, αλλά γενικά πρόκειται για μικρό ποσοστό του συνόλου των παραγομένων αποβλήτων. Σε άλλες χώρες έχουν αναπτυχθεί κατάλογοι και δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών στο internet, για την προσφορά

και ζήτηση υλικών από κατεδαφίσεις για ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση.

Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση υλικών και αντικειμένων είναι δυνατόν να διευκολυνθούν με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός κτιρίου. Στο πλαίσιο αυτό, θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σύνθετων υλικών που δεν μπορούν να διαχωριστούν στο τέλος του κύκλου ζωής τους, καθώς και η τοποθέτηση και συγκόλληση στοιχείων έτσι ώστε να μην μπορούν να αποσυναρμολογηθούν χωρίς να καταστραφούν. Ολόκληρο το κτίριο πρέπει να σχεδιάζεται με την λογική της αποσυναρμολόγησης και όχι της κατεδάφισης στο τέλος της ζωής του.

#### 4.2.3.3 Ανακύκλωση των υλικών



**Σχ. 6:** Η κατασκευή του κτιρίου του BRE στη Μ. Βρετανία αποτελεί ένα πρότυπο έργο επιδείξης για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση κατασκευαστικών αποβλήτων. Στο οικόπεδο υπήρχε προγενέστερο οίκημα το οποίο κατεδαφίστηκε. Η ανακύκλωση των υλικών του έφθασε στο 96%. Το έτοιμο σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε στο κτίριο του BRE παρασκευάστηκε από 100% ανακυκλωμένα αδρανή. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν πλαίσια και 80.000 τούβλα που ανακτήθηκαν από κατεδαφίσεις άλλων κτιρίων. Οι εμπειρίες και τα συμπεράσματα από την κατασκευή του κτιρίου περιλαμβάνονται στον οδηγό: Demonstration of reuse and recycling – BRE Environmental building IP 3/97. BRE 1997

Ένα μεγάλο ποσοστό των κατασκευαστικών αποβλήτων μπορεί να ανακυκλωθεί και ήδη ανακυκλώνεται σε πολλές βιομηχανικές χώρες. Από τις διάφορες κατηγορίες των κατασκευαστικών αποβλήτων, τα υλικά οδοποιίας είναι τα ευκολότερα να ανακυκλωθούν και μάλιστα με οικονομικό όφελος. Στη Γερμανία ανακυκλώνεται ήδη το 90% των υλικών οδοποιίας. Στην Αγγλία ανακυκλώνεται περίπου το 30% από την συνολική ποσότητα των 70 εκατομμυρίων τόνων κατασκευαστικών αποβλήτων τον χρόνο, ενώ ο στόχος της Εθνικής Στρατηγικής για την Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων είναι το ποσοστό ανακύκλωσης να φτάσει το 75% μέχρι το έτος 2006. Στην Ολλανδία και το Βέλγιο το 25% περίπου των αδρανούν στο προκατασκευασμένο μπετόν προέρχονται από ανακυκλωμένα αδρανή.



**Σχ. 7.** Κομμάτια ανακυκλωμένου ξύλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή δομικών στοιχείων

Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος των ανακυκλωμένων κατασκευαστικών αποβλήτων θρυμματίζεται και χρησιμοποιείται σε χαμηλής αξίας χρήσεις, όπως επιχωματώσεις και διαμόρφωση χώρων. Ένας σημαντικός τομέας έρευνας είναι η ανάπτυξη μεθόδων και τεχνολογιών για την ανακύκλωση οικοδομικών αποβλήτων σε νέα, οικοδομικά κυρίως, υλικά υψηλής αξίας, όπως επίσης και η ανάπτυξη προτύπων και κανονισμών σχετικά με τις δυνατές χρήσης για κάθε κατηγορία κατασκευαστικών αποβλήτων.



**Σχ. 8.** Δομικά στοιχεία από ανακυκλωμένο ξύλο μπορούν να έχουν μια ποικιλία εφαρμογών σε σκέπες, δάπεδα και διαχωριστικά

Ήδη υπάρχουν αρκετά παραδείγματα κατασκευής δομικών στοιχείων από ανακυκλούμενα υλικά.

Ο διαχωρισμός των υλικών κατά κατηγορία και μέγεθος μέσα στο ίδιο το εργοτάξιο είναι η σημαντικότερη παράμετρος για την αποτελεσματική ανακύκλωση οικοδομικών αποβλήτων, καθώς η εκ των υστερών επεξεργασία ανάμεικτων υλικών είναι συνήθως οικονομικά ασύμφορη. Ο επί τόπου διαχωρισμός απαιτεί κατ' αρχήν κατάρτιση των προσωπικού και οπωσδήποτε μια επιπλέον προσπάθεια.



**Σχ. 9.** Ανακυκλωμένο πλαστικό μπορεί να χρησιμοποιήθει αντί ξύλου σε διάφορες κατασκευές (πάνω πάγκος σε ζωολογικό κήπο)

Όταν όμως ενσωματωθεί στις εργασιακές συνήθειες έχει ελάχιστο ή και μηδενικό πρόσθετο κόστος. Η βελτιωμένη διαχείριση και ο σχεδιασμός για την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα, καθώς αποφεύγει η παραγγελία περιττών υλικών. Τέλος, καθώς πολίτες εναισθητοποιούνται όλο και περισσότερο σε θέματα περιβάλλοντος, ο κατασκευαστής που θα εφαρμόσει ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης βελτιώνει την εικόνα του απέναντι στον πελάτη.



Διακοσμητικό στοιχείο από ανακυκλωμένο γυαλί



Ηχοαπορροφητικά πανέλα με περιεκτικότητη

96% σε ανακυκλωμένο γυαλί

#### 4.2.4 Πρακτικές Οδηγίες για τα οικοδομικό απόβλητα

- Πριν ξεκινήσετε το διαχωρισμό των οικοδομικών αποβλήτων εξετάστε ποιοι αγοράζουν ή δέχονται το κάθε υλικό. Στην Ελλάδα μπορείτε να βρείτε αγοραστές κυρίως για μέταλλα, υλικά συσκευασίας και δομικά στοιχεία σε καλή κατάσταση.
- Τοποθετείστε στον χώρο του εργοταξίου κάδους ανακύκλωσης για κάθε υλικό ευδιάκριτη σήμανση και σύντομες οδηγίες. Το προσωπικό πρέπει να ενημερωθεί για το πρόγραμμα διαχωρισμού και να του δοθούν απλές οδηγίες.

##### □ Οικοδομικά υλικά:

- Υπολογίστε προσεκτικά τις ανάγκες σας σε οικοδομικά υλικά για να αποφύγετε περισσεύματα που θα καταλήξουν στα σκουπίδια.
- Κατά την κατασκευή, αποθηκεύστε σε κατώγι σημείο τα υλικά και καλύψτε τις

προμήθειες (τούβλα, τσιμέντο, άμμος κλπ) για να αποφύγετε τις ζημιές και την καταστροφή τους.

- Τα "καθαρά" μπάζα, χωρίς ξένες προσμίξεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο εργοτάξιο για το κλείσιμο των εκσκαφών με τις εργασίες θεμελίωσης.
- Τούβλα, πέτρες, κεραμίδια, πλακάκια και άλλα οικοδομικά υλικά από κατεδαφίσεις και ανακατασκευές μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Υπάρχουν μάντρες που αγοράζουν τέτοια υλικά.
- Εξετάστε αν μπορείτε να επιστρέψετε οικοδομικά υλικά που περισσεύουν βρίσκονται σε καλή κατάσταση.

**Μεταλλικά στοιχεία και συσκευές:**

- Κατά την ανακαίνιση ή την κατεδάφιση ξεχωρίστε τα μεταλλικά στοιχεία του κτιρίου (καλοριφέρ, σωλήνες, σχάρες, αλουμίνια, κουφώματα) για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση.
- Στο εργοτάξιο ξεχωρίστε τα μέταλλα για ανακύκλωση. Ειδικά ο μόλυβδος δεν πρέπει να καταλήγει σε χώρους ταφής απορριμμάτων γιατί μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα.

**Στοιχεία ξηρής δόμησης (π.χ. γυψοσανίδες):**

- Παραγγείλετε τα στοιχεία ξηρής δόμησης σε κατάλληλες διαστάσεις ώστε να έχετε τα ελάχιστα δυνατά υπολείμματα από το κόψιμο. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να βασίζεται στις τυποποιημένες διαστάσεις των εμπορικά διαθέσιμων στοιχείων ξηρής δόμησης.
- Κομμάτια που περισσεύουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για "γέμισμα" σε διάφορα σημεία της οικοδομής (π.χ. ντουλάπες).
- Τα υπολείμματα μπορούν να ανακυκλωθούν σε νέα προϊόντα όπως τηχομονωτικά πετάσματα, στόκος, διακοσμητικές βαφές, υλικά πυρασφαλείας κλπ., αλλά οι τεχνολογίες αυτές δεν είναι ακόμη διαθέσιμες στην Ελλάδα.

**Ξυλεία:**

Αποθηκεύστε την ξυλεία σε ένα υπερυψωμένο επίπεδο, κάτω από υπόστεγο για να αποφύγετε την καταστροφή της από το νερό και την υγρασία.

- Αν χρησιμοποιείτε ξύλινα κουφώματα, σχεδιάστε τα με βάση τις τυποποιημένες διαστάσεις που κυκλοφορούν στο εμπόριο, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα κοψίματα και τα απορρίμματα.
- Κομμάτια που περισσεύουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για "γέμισμα" σε διάφορα σημεία της οικοδομής.
- Σε κατεδαφίσεις και ανακαίνισεις εξετάστε προσεκτικά αν ορισμένα ξύλινα στοιχεία

μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν (π.χ. πατώματα, ντουλάπια, κουφώματα).

- Ροκανίδια από ανεπεξέργαστο ξύλο (χωρίς βερνίκια, χρώματα και συντηρητικά) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λιπασματοποίηση ή για απ' ευθείας κάλυψη του χώματος σε κήπους.

**□ Χαρτί, χαρτόνι, πλαστικά:**

- Αποφύγετε τα υλικά που έχουν υπερβολική συσκευασία. Ωστόσο βεβαιωθείτε ότι η συσκευασία είναι επαρκής για να αποφευχθεί βλάβη του προϊόντος.
- Διαχωρίστε τα χαρτόνια, τακτοποιήστε τα σε στοίβες και φυλάξτε τα σε ξηρό μέρος.
- Επικοινωνήστε με εμπόρους παλιόχαρτου για την ανακύκλωση τους.
- Οι πλαστικές σακούλες και τα πλαστικά φύλλα μπορούν να ανακυκλωθούν.
- Ενημερωθείτε από τις αρμόδιες δημοτικές υπηρεσίες αν υπάρχει πρόγραμμα ανακύκλωσης πλαστικού ή εργοστάσιο επεξεργασίας.

**□ Μονωτικά υλικά:**

- Αν δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα περισσεύματα της μόνωσης σε κάποια άλλη δουλειά χρησιμοποιήστε τα για γέμισμα σε κενά των τοίχων και της σκεπής.
- Αν περισσέψει ασφαλτόπανο από την μόνωση ταράτσας χαρίστε το σε κάποιον που θα το χρησιμοποιήσει.
- Οι παλιές μονώσεις ενδέχεται να περιέχουν αμιάντο, υλικό που είναι αποδεδειγμένα καρκινογόνο. Οι εργασίες για την αφαίρεση ή το κόψιμο του αμιάντου πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποφεύγεται η εισπνοή και η ρύπανση από ίνες αμιάντου.

**□ Χρώματα, βερνίκια, διαλυτικά:**

- Χρησιμοποιήστε τα υλικά που περίσσεψαν στην επόμενη δουλειά σας ή χαρίστε τα σε κάποιον που μπορεί να τα χρησιμοποιήσει (π.χ. σε σχολεία, προσκόπους, τοπικούς συλλόγους).
- Πολλά βερνίκια και διαλυτικά ανήκουν στην κατηγορία των επικίνδυνων αποβλήτων απαιτούν ειδική κατά περίπτωση μεταχείριση.

Στην Ελλάδα σήμερα δεν υπάρχει ουσιαστικά η δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν τα μπάζα, αν και ορισμένες εταιρείες που διαχειρίζονται απόβλητα έχουν εξετάσει αυτή την προοπτική και επιθυμούν να την εφαρμόσουν. Υπάρχει η δυνατότητα να εξασφαλιστεί συγχρηματοδότηση από Ευρωπαϊκά και Εθνικά προγράμματα, για δοκιμές σε πιλοτική κλίμακα. Ωστόσο, σε ευρεία κλίμακα, η πιο φιλική προς το περιβάλλον αντιμετώπιση αυτών των αποβλήτων είναι προς το παρόν η ανάθεση της μεταφοράς και τελικής τους διάθεσης σε

εταιρείες που διαθέτουν νόμιμη άδεια από τις κατά τόπους Νομαρχίες. Ζητείστε από την Νομαρχία τον κατάλογο των μεταφορέων με νόμιμη άδεια, καθώς υπάρχουν πολλοί παράνομοι μεταφορείς που αδειάζουν μπάζα οπουδήποτε, με σημαντικό κόστος για το περιβάλλον.

### **Στερεά αστικά απόβλητα**

Μέσα στην τελευταία εικοσαετία η παραγωγή Στερεών Αστικών Αποβλήτων (ΣΑΑ) στις βιομηχανικές χώρες αυξήθηκε σημαντικά, τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και σε ποσότητα κατά άτομο. Η παραγωγή ΣΑΑ συσχετίζεται άμεσα με την οικονομική ανάπτυξη και αυξάνεται με την αύξηση του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ).

Η τάση αυτή υποδεικνύει ότι το πρόβλημα των ΣΑΑ αντιμετωπίζεται δυσκολότερα και ανθίσταται περισσότερο σε πολιτικές και μέτρα περιβαλλοντικής διαχείρισης σε σχέση με άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα τελευταία χρόνια στις βιομηχανικές χώρες ο λόγος των συνολικών αέριων εκπομπών προς το ΑΕΠ μειώνεται σταθερά, ως αποτέλεσμα καινοτομικών εφαρμογών στις ενεργειακές τεχνολογίες. Ωστόσο, οι αέριες εκπομπές από την οικιακή κατανάλωση και τις μη σημειακές πηγές (π.χ. αυτοκίνητο), οι οποίες, όπως και τα ΣΑΑ εξαρτώνται από την ατομική καταναλωτική συμπεριφορά, εξακολουθούν να αυξάνουν.

Τα ΣΑΑ παράγονται από τους χρήστες του κτιρίου κατά την λειτουργία του, και σε αντίθεση με άλλα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως η κατανάλωση ενέργειας και σε μικρότερο βαθμό η κατανάλωση νερού, δεν επηρεάζονται ουσιαστικά από τον σχεδιασμό και την κατασκευή του κτιρίου. Η επιλογή καταναλωτικών συνηθειών που να ελαχιστοποιούν την ποσότητα των απορριμάτων και η υιοθέτηση της ανακύκλωσης εξαρτώνται από τον χρήστη του κτιρίου και τα τοπικά προγράμματα διαχείρισης απορριμάτων. Στην Ελλάδα το βασικό πρόβλημα είναι ότι στους περισσότερους Δήμους δεν υπάρχουν προγράμματα ανακύκλωσης, και γι αυτά που υπάρχουν ο σχεδιασμός και η διαχείριση είναι συνήθως ανεπαρκείς.



**Σχ. 10. Η ανεξέλεγκτη διάθεση πον αστικών απόβλητων υποβαθμίζει το περιβάλλον**

Στον σχεδιασμό του κτιρίου πρέπει να προβλέπονται χώροι και κατασκευές που να διευκολύνουν τον διαχωρισμό και την προσωρινή αποθήκευση των ανακυκλώσιμων υλικών

μέσα στο σπίτι:

- Το πρώτο μέρος του σπιτιού όπου παράγονται και διαχωρίζονται τα απορρίμματα είναι η κουζίνα. Ένα εντοιχισμένο ντουλάπι μπορεί να διαμορφωθεί έτσι ώστε να έχει θέση για 2 ή 3 κάδους για διαφορετικά υλικά, με τον ίδιο τρόπο που πολλές κουζίνες έχουν θέση έναν κάδο απορριμμάτων.
- Η ύπαρξη βιοηθητικών αποθήκευτικών χώρων σε ένα σπίτι επίσης διευκολύνει την ανακύκλωση και έχει αποδειχθεί ότι συσχετίζεται θετικά με το ποσοστό συμμετοχής των πολιτών σε προγράμματα ανακύκλωσής. Είναι προτιμότερο να βρίσκεται ο βιοηθητικός χώρος κοντά στην κουζίνα.
- Στον κοινόχρηστο χώρο του κτιρίου και κατά προτίμηση σε σκιερό και δροσερό σημείο, μπορεί να προβλεφθεί χώρος για την προσωρινή αποθήκευση υλικών προς ανακύκλωση (σε δέματα, σακούλες ή κάδους) ειδικά όταν η συλλογή αυτών των υλικών από τον Δήμο πραγματοποιείται σε αραιά χρονικά διαστήματα.
- Ακόμη, τόσο σε μονοκατοικίες όσο και σε ορισμένες πολυκατοικίες μπορεί να προβλεφθεί σε μια γωνία του κήπου χώρος για κομποστοποίηση του οργανικού μέρους των απορριμμάτων. Κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη, αερόβια λογική αποδόμηση οργανικών αποβλήτων όπως τα κλαδέματα των κήπων, το γρασίδι και τα σκουπίδια της κουζίνας, με έναν τρόπο που μιμείται τις διεργασίες που συμβαίνουν αυθόρμητα στη φύση και που οδηγεί στην παραγωγή ενός πλούσιου φυτοχώματος για τον κήπο. Η κομποστοποίηση στο σπίτι απαιτεί πρόσθετη προσπάθεια και ενασχόληση με τον κήπο, την οπία ο Έλληνας πολίτης και ειδικά ο κάτοικος της πολυκατοικίας συνήθως δεν είναι προετοιμασμένος να την καταβάλει. Ωστόσο η απομόνωση μιας μικρής έκτασης ( $1-3 m^2$ ) σε μια γωνία του κήπου με την υπόδειξη ότι αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον συγκεκριμένο σκοπό μπορεί να συμβάλλει στην ενημέρωση και την εναισθητοποίηση του πολίτη σε θέματα βιώσιμης διαχείρισης των απορριμμάτων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- ❖ Περιβαλλοντικός σχεδιασμός κτιρίων. Ομάδα εκτέλεσης έργου Ε. Α. Π.,  
**Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2000**
- ❖ Βιοκλιματικός σχεδιασμός – Καθαρές τεχνολογίες δόμησης, Έλλη Γεωργιάδου,  
**Θεσσαλονίκη 1996**
- ❖ Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Ελένη Ανδρεάκη – Χρονάκη, Θεσσαλονίκη 1985
- ❖ Ενεργειακός σχεδιασμός και Παθητικά Ήλιακά Συστήματα κτιρίων,  
**Παπαδόπουλος Μ., Αξαρλή Κ., Θεσσαλονίκη 1982**
- ❖ Θέρμανση, Αερισμός, Κλιματισμός, Λέγγα Σ.Ν, Παρίκου Ν. Ι, Αθήνα 1990
- ❖ Τεχνικά Χρονικά, Εκδόσεις Τ. Ε. Ε.  
**Εξοικονόμηση ενέργειας, τεύχη 7, 8, 9, 10, 11, 12, / 1989**  
Αναβάθμιση αστικού περιβάλλοντος, τεύχη 4, 5, / 1990  
Ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογικών περιβάλλοντος, τεύχη 1, 2, / 1992  
Φυσικό αέριο και αστική κατανάλωση στην Ελλάδα, τεύχη 4, 5, / 1998  
Περιβαλλοντική διαχείριση και οικολογικός έλεγχος, τεύχος 6 / 1998