

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Βάση αυτονομίας  
Συλλέκτης θερμικών εκπομπών

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ**

«ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ  
ΕΝΔΟΔΕΙΧΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ»

Βάση αυτονομίας  
Υδράκιμα θερμικών εκπομπών

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ**

Μενάγιας Κωνσταντίνος

ΑΜ : 3129

Πασά Ελένη

ΑΜ :

**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ**

Καθ. Δρ. Σ. Καπλάνης  
Υπεύθυνος καθηγητής Η.Μ.Ε.

Αχιλλέας Καστούλας  
Εργαστηριακός συνεργάτης



Πάτρα - 2003

Λιβίτσας  
Κουτσιαράς

Βοτση

Νομά Διοίκησης

Επιτομή κειμένου

Σελίδα 1 από 1

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7068
----------------------	------



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

Πρόλογος .....	1
Εισαγωγή.....	2

---

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

#### ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ-ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

1.1 Σκοπός και σπουδαιότητα της θερμομόνωσης.....	13
1.2.Θερμομόνωση σε κτιριακές κατασκευές.....	14
1.3. Θερμική αγωγιμότητα.....	14
1.4.Θερμοδιαφυγή.....	15
1.5. Συντελεστής θερμικής μεταβάσεως $\alpha$ .....	15
1.6. Συντελεστής θερμοπερατότητας $k$ .....	15
1.7. Βασικές αρχές θερμομόνωσης.....	16
1.8. Θερμομονωτική ικανότητα των στοιχείων κατασκευής.....	17
1.9.Θερμικές απώλειες χώρου.....	17
1.9.1.Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας ( $q_l$ ).....	18
1.9.2.Συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας και επιφανειών ( $z_d$ ).....	18
1.9.3. Συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού ( $z_h$ ).....	19
1.9.4.Προσαύξηση λόγω ύψους.....	19
1.9.5. Θερμικές απώλειες λόγω αερισμού ( $q_l$ ).....	19

## Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ f

2.1. Λεπτομερείες και προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού.....	21
2.2. Περιγραφή της μεθόδου των καμπυλών f.....	23
2.3. Συντελεστές διόρθωσης.....	25
2.3.1. Συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής ( $K_2$ ).....	25
2.3.2. Συντελεστής ζεστού νερού ( $K_3$ ).....	25
2.3.3. Συντελεστής εναλλάκτη φορτίου.....	26
2.4. Ανακεφαλαίωση-απλουστευτικά διαγράμματα.....	26
2.5. Αντιπηκτικά προσθετά.....	27
2.6. Βέλτιστη παροχή ρευμάτων.....	27
2.7. Εναλλάκτης θερμότητας.....	27
2.8. Η θέση του συλλέκτη.....	28
2.9. Υπολογισμός της ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.....	29
2.10. Βέλτιστη θέση του συλλέκτη.....	34
2.11. Υπολογισμός θερμικών φορτίων.....	35
2.11.1. Η έννοια της κάλυψης.....	35
2.11.2. Θέρμανση χωρών.....	35
2.11.3. Παραγωγή ζεστού νερού.....	36

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ - ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.1 Θερμική άνεση.....	40
3.2 Ανταλλαγή θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον.....	42
3.3 Περιβαλλοντικές Συνθήκες.....	46
3.4. Θερμοκρασία Επίδρασης (Effective Temperature, E.T.).....	47
3.5. Ζώνες Άνεσης.....	49
3.6. Δείκτες Θερμικής Άνεσης.....	52
3.6.1. Δείκτες μέσης ψήφου PMV (Predicted Mean Vote) και εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people) που προβλέπονται.....	52
3.6.2. Θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης.....	57
3.6.3 Εμπειρικά μοντέλα θερμικής άνεσης.....	59
3.6.4 Μοντέλα προσομοίωσης.....	61
3.7. Υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης PMV (Predicted Mean Vote) και PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people).....	62
3.7.1. Υπολογισμός P.M.V. (Predicted Mean Vote).....	62
3.7.2. Υπολογισμός εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων ατόμων (PPD) που προβλέπονται (Predicted Percentage of Dissatisfied).....	74

## ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

4.1. Εισαγωγή.....	76
4.1.1. Ενδοδαπέδια θέρμανση.....	76
4.2. Σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης REHAU.....	79

4.2.1. Πεδίο εφαρμογής.....	79
4.2.2. Θερμική θαλπωρή.....	80
4.2.2.1. Θερμοκρασία χώρου.....	80
4.2.2.2. Κατανομή της θερμοκρασίας.....	81
4.3. Διάταξη θερμοσωλήνων – Τρόποι τοποθέτησης.....	81
4.3.1. Υδραυλικές συνδέσεις/Σχέδιο εγκατάστασης.....	84
4.4. Δοχείο διαστολής .....	85
4.4.1.Κλειστά δοχεία διαστολής (ΚΔΔ).....	85
4.4.2.Εκλογή ΚΔΔ .....	85
4.4.3.Προπίεση.....	85
4.4.4.Ποσότητα νερού .....	86
4.4.5.Η συναρμολόγηση.....	86
4.5.Το πλέγμα στερέωσης σωλήνων RTM .....	88
4.5.1. Απαιτήσεις .....	88
4.5.2. Σκοπός .....	88
4.5.3. Ακραίοι κόμβοι .....	89
4.5.4.Πάχος σκυροδέματος .....	90
4.6. Κατασκευή του δαπέδου .....	90
4.7. Στεγανοποίηση των οικοδομών .....	92
4.8. Περιμετρική μονωτική ταινία .....	93
4.9.Θερμομόνωση και ηχομόνωση έναντι βηματισμών .....	93
4.9.1.Νομικές διατάξεις .....	93
4.9.2. Αρχές υπολογισμού .....	94
4.9.3. Υπερκείμενες κατασκευές μονωτικών στρωμάτων REHAU .....	95
4.10Επικάλυψη των μονωτικών στρωμάτων .....	95

4.10.1 Φύλλο επικάλυψης REHAU .....	95
4.11.Αρμοί διαστολής .....	96
4.11.1. Κινήσεις του δαπέδου .....	96
4.11.2. Σχέδιο αρμών .....	97
4.11.3. Διάταξη των αρμών .....	97
4.11.4. Κατασκευή των αρμών .....	98
4.11.5. Είδη αρμών διαστολής .....	99
4.12. Επιστρώσεις δαπέδου .....	104
4.13. Μελέτη και υπολογισμός .....	105
4.13.1. Θερμικές ανάγκες .....	105
4.13.2. Κατασκευή της εγκατάστασης .....	106
4.13.3. Θερμοκρασίες του αέρα .....	106
4.13.4. Βελτιστοποίηση της εγκατάστασης .....	106
4.13.5. Υπολογισμός των θερμικών αναγκών .....	107
4.13.6. Καθαρές θερμικές ανάγκες .....	108
4.13.7. Θερμότητας από την οροφή.....	109
4.13.8. Ειδική ανάγκη θερμότητας.....	109
4.13.9. Θερμική ισχύς της θέρμανσης δαπέδου .....	109
4.13.10 Απόδοση θερμότητας της επιφάνειας του δαπέδου .....	110
4.13.11.Ροή θερμότητας του θερμαινόμενου δαπέδου προς τα κάτω..	111
4.13.12. Μέγεθος κυκλώματος θέρμανσης.....	112
4.14. Διαστασιολόγηση του συστήματος .....	117
4.14.1. Προϋποθέσεις .....	117
4.14.2. Βασικές αρχές σχεδιασμού .....	118

4.14.3. Πρότυπα και κανονισμοί .....	119
4.14.4. Υπολογισμός του μέγιστου φορτίου .....	119
4.14.5. Ο υπολογισμός πτώσης πίεσης .....	122
4.15. Θερμοσωλήνες RAUTHERM S .....	124
4.15.1. Κάμψεις σωλήνων .....	124
4.15.2. Συνδέσεις σωλήνων .....	125
4.15.3. Δημιουργία των συνδέσεων σωλήνων στον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης .....	126
4.15.4. Στηρίγματα πλέγματος REHAU .....	128
4.16. Πλήρωση της εγκατάστασης και δομική πίεσης .....	129
4.16.1. Γενικά.....	129
4.16.2. Πλήρωση και έλεγχος στεγανότητας .....	130
4.16.3. Τρόπος διεξαγωγής του ελέγχου πίεσης .....	131
4.16.4. Προέλεγχος .....	131

---

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

---

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

5.1. Υπολογισμός των θερμικών απωλειών .....	132
5.2. Διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης με την μέθοδο f-chart .....	132
5.3. Διαστασιολόγηση ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης .....	138
5.4. Υπολογισμός των δεικτών άνεσης για τον χώρο .....	138



---

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

---

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....164

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας του ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ κατά την χρονική περίοδο 2002-2003 και έχει ως θέμα την :

➤ **Μελέτη της ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε μια κατοικία της περιοχής των Πατρών**

➤ **Την ενσωμάτωση σε αυτό της τεχνολογίας των ηλιακών συλλεκτών με ταυτόχρονη μελέτη της εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών ,καθώς και**

➤ **Τον προσδιορισμό των συνθηκών άνεσης μέσα στον ανωτέρω χώρο που μελετάτε**

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ενσωμάτωση των εφαρμογών Α.Π.Ε. σε κτήρια που στοχεύει στην μείωση της εξάρτησης των κτηρίων από τις συμβατικές πηγές ενέργειας με τελικό σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στους χώρους.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε, τους κ.κ. Δρ. Σ. Καπλάνη Υπεύθυνο Καθηγητή του Εργαστηρίου των Η.Μ.Ε. και Α. Κωστούλα Εργαστηριακό συνεργάτη , τόσο για την βοήθεια τους όσο και για τις υποδείξεις τους καθ' όλη την διάρκεια αποπεράτωσης της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κ. Μ. Χριστοδούλου Υπεύθυνη πωλήσεων της εταιρίας REHAU για τις πολύτιμες υποδείξεις της πάνω στην εφαρμογή της ενδοδαπέδιας θέρμανσης της εταιρίας της καθώς επίσης και για την εν γένει βοήθεια της.

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη, σε παγκόσμιο επίπεδο, κυρίως κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, στηρίχθηκε αλλά και συνέβαλλε σε επίσης ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Και μάλιστα ο ρυθμός αύξησης στη ζήτηση ενέργειας αυξανόταν διαρκώς (τουλάχιστον μέχρι το 1972). [1]

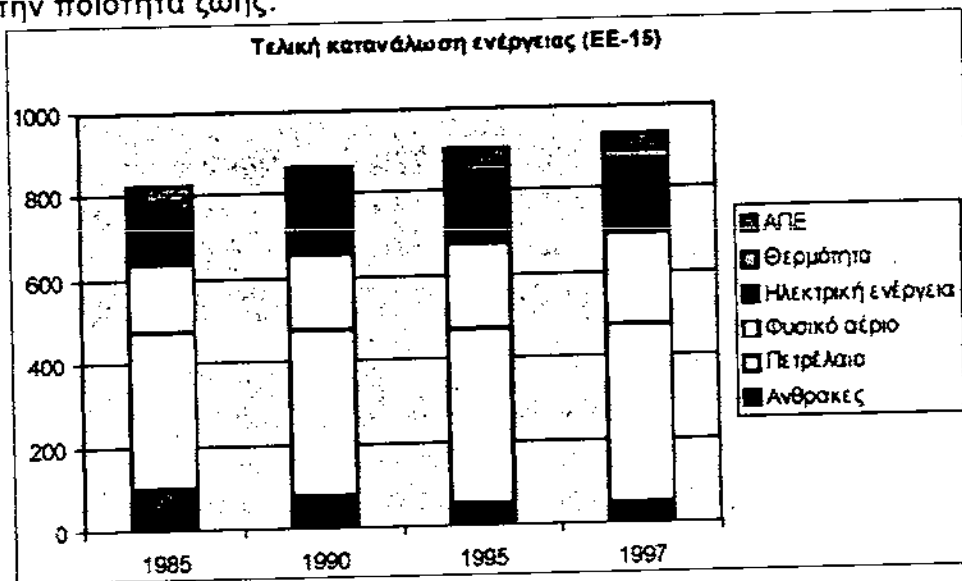
Εκτός, όμως, του προβλήματος της διαθεσιμότητας ενέργειας υπάρχει και το θέμα των αποτελεσμάτων της χρήσης της. Οι τεράστιες ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται επιβαρύνουν το περιβάλλον σε βαθμό που δεν μπορεί πάντα να προβλεφθεί και με συνέπειες που εκτείνονται χρονικά αρκετά μακριά στο μέλλον.

Ως σημαντικότερο πρόβλημα από την καύση ορυκτών καυσίμων θεωρείται πλέον το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η θεώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως μία δυνατότητα επίλυσης του προβλήματος της ενεργειακής επάρκειας αλλά και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ταυτόχρονα είναι αρκετά διαδεδομένη. Υπάρχουν, ωστόσο, και περιορισμοί, που δεν μπορούν να παραβλεπώνται όταν κανείς εξετάζει αυτήν τη λύση.



Όμως η αύξηση αυτή της ζήτησης προβλημάτισε την ανθρωπότητα τόσο για την μόλυνση του περιβάλλοντος σε ρύπους που προέρχονται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας όσο και τα αποθέματα αυτών των πηγών ενέργειας [πετρελαϊκή κρίση του 1972]. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την στροφή της επιστημονικής κοινότητας προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες ενέργειας

της ανθρωπότητας αλλά και να προστατεύσουμε το περιβάλλον όπως και την ποιότητα ζωής.

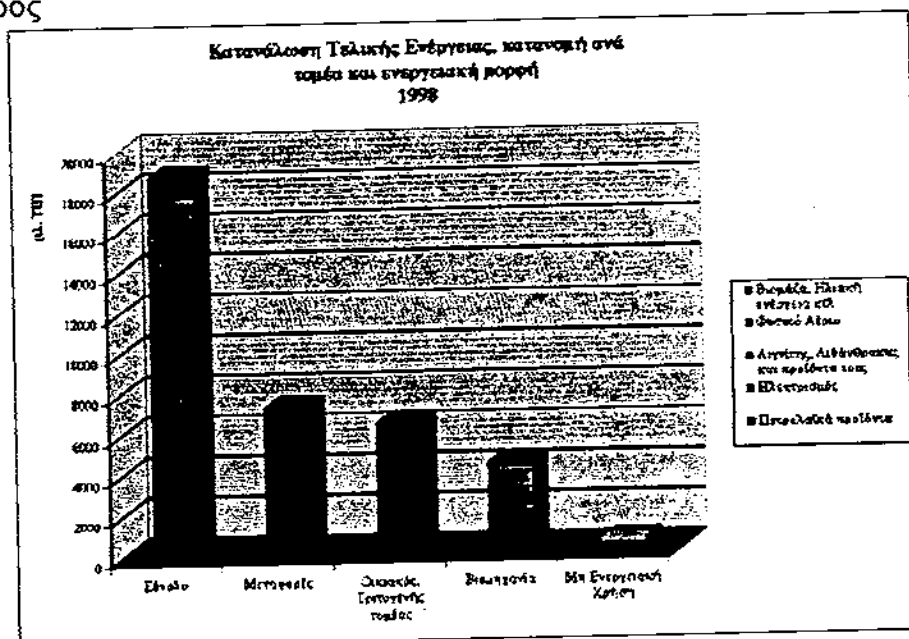


Σχήμα 1 : Κατανάλωση Ενέργειας ανά τομέα στην Ευρώπη

[ Πηγή: Eurostat]

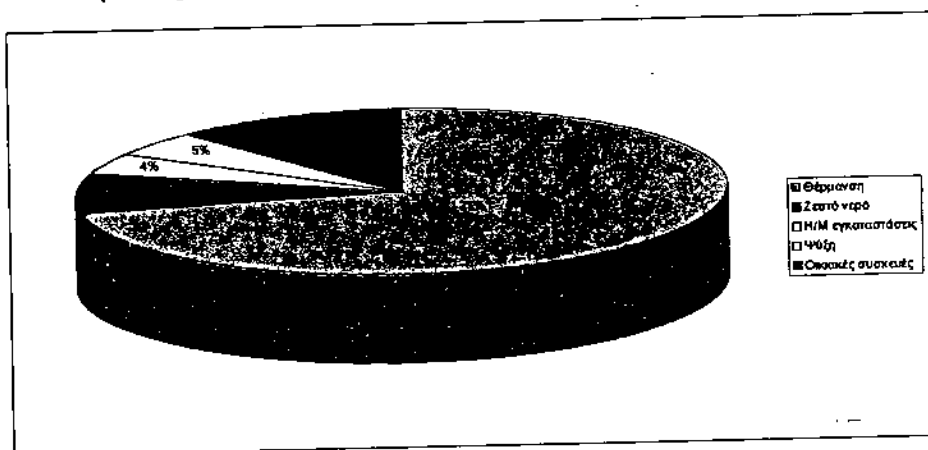
Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι οποίες διαμορφώθηκαν ήταν αναγκαίο οι επιστήμονες να προσπαθήσουν να ενσωματώσουν τις εφαρμογές των Α.Π.Ε. .

Το σχήμα που ακολουθεί βοηθά στην κατανόηση της ανάγκης για την ενσωμάτωση των εφαρμογών των Α.Π.Ε για την περίπτωση της Ελλάδος



Σχήμα 2 : Κατανομή κατανάλωσης τελικής ενέργειας ανά τομέα και ενεργειακή μορφή 1998. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.)]

Όπως έχει παρατηρηθεί ένα μεγάλο μέρος της **ενέργειας** που καταναλώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο είναι για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης των κτηρίων. Ειδικότερα, στην Ελλάδα τα στοιχεία τα οποία έχουν δημοσιευθεί από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία δείχνουν ότι η θέρμανση των κατοικιών αντιπροσωπεύει το 61% της συνολικής κατανάλωσης ενός κτηρίου. Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικότερα τις επιμέρους καταναλώσεις σε ένα κτήριο.



**Σχήμα 3 :** Κατανομή κατανάλωσης σε οικιακό τομέα  
[Πηγή : Εθνική Στατιστική Υπηρεσία]

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η επίτευξη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας από συμβατικά καύσιμα αλλά και η εξοικονόμηση ενέργειας από την μείωση των θερμικών απωλειών (Θερμομόνωση κτηρίων) θα οδηγήσει την Χώρα μας αλλά και τον κόσμο σε ένα καλύτερο περιβάλλον πιο φιλόξενο για τις επόμενες γενιές.

### Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΣ

Στην χώρα μας, τα προγράμματα ανάπτυξης των ΑΠΕ υποστηρίζονται και προωθούνται από πλευράς επίσημης πολιτείας, από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), που είναι ένα ειδικό τμήμα, της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) του Υπουργείου Βιομηχανίας, τα Περιφερειακά Ενεργειακά Γραφεία, την ΔΕΗ, τα Ιδρύματα Τεχνολογίας και Έρευνας, τα Πανεπιστήμια, τα Τεχνολογικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (ΤΕΙ), την Το Αυτοδιοίκηση κ.α.

Εκτός αυτών, έντονη είναι ήδη η δραστηριότητα του ιδιωτικού τομέα, σ' όλο το φάσμα των εφαρμογών των ΑΠΕ, πρωτίστως δε της ανεμογεννήτριες. Η ανάπτυξη τους ενισχύεται από σχετικά

προγράμματα της ΕΕ, η οποία επιχορηγεί όχι μόνο την έρευνα, τώρα πια σε μικρότερο βαθμό αλλά στηρίζει, ιδιαίτερα το τελευταίο διάστημα, εφαρμογές μεγάλης ισχύος, σε βιομηχανικές μονάδες, ξενοδοχεία κ.α.. Σημαντικό βήμα προώθησης των ΑΠΕ στη χώρα μας, μέσα στην τελευταία δεκαετία, απετέλεσε η χάραξη συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής και η θεσμοθέτηση νομοθετικού πλαισίου εγκατάστασης και αξιοποίησής τους.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ και κυρίως της αιολικής και της Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας, προωθείται και ενισχύεται, με έντονους ρυθμούς, σ' όλο τον ανεπτυγμένο κόσμο. Αιτία: τα συσσωρευμένα οικολογικά προβλήματα που δημιούργησε η αλόγιστη χρήση, αφ' ενός των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ενέργειας (Θερμικά εργοστάσια που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή παράγωγά του), αφ' ετέρου της πυρηνικής ενέργειας (πυρηνικά ατυχήματα).

Η κύρια δυσκολία που συναντούν σήμερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να διεισδύσουν στην καθημερινή ζωή, είναι το σχετικά υψηλό κόστος της παραγόμενης kWh τους, σε σχέση με το κόστος της kWh πετρελαίου. Μεταξύ των δύο κύριων τρόπων παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, αιολικής και φωτοβολταϊκής, η αιολική εμφανίζεται οικονομικότερη και άρα περισσότερο προσιτή, με τη μορφή αιολικών πάρκων, συνδεδεμένων στο δίκτυο της ΔΕΗ.

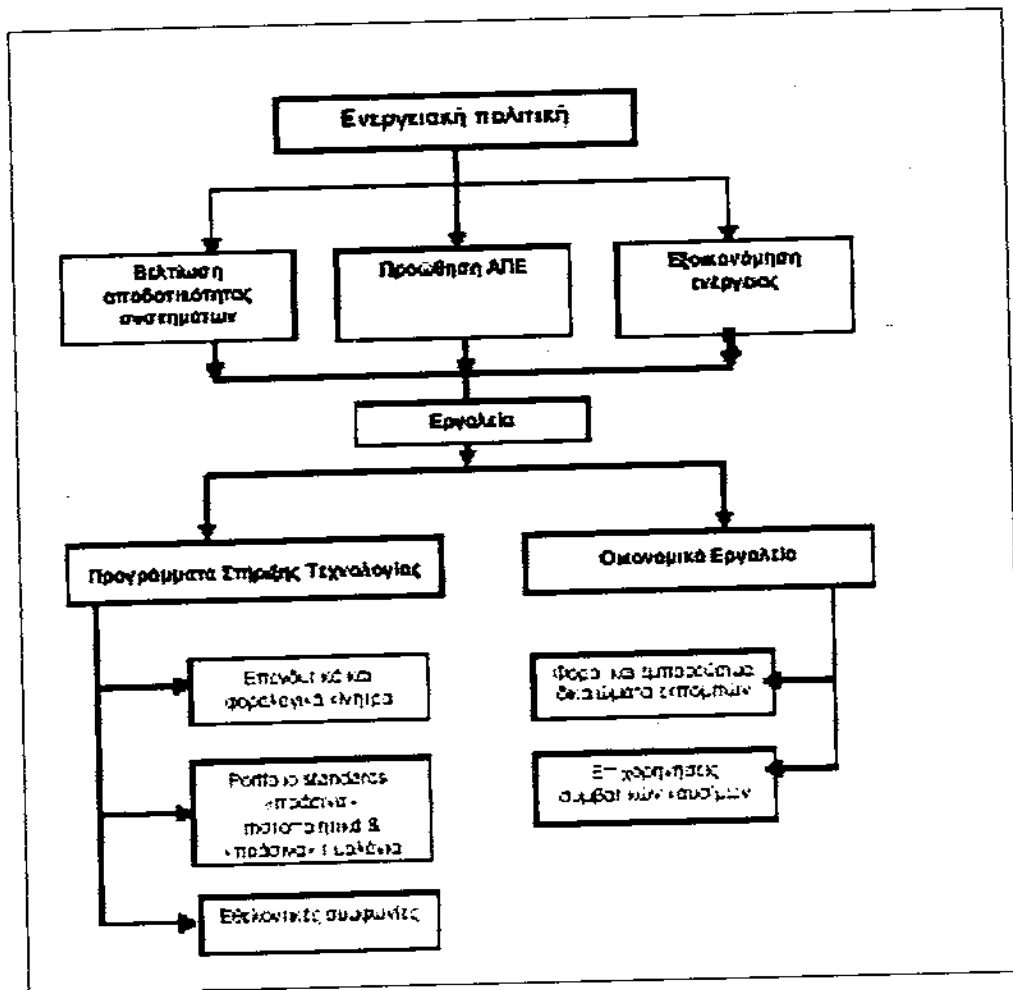
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους, όπως το ότι δεν έχουν κινούμενα μέρη, είναι αθόρυβα και μπορούν να εγκατασταθούν παντού όπου δεν σκιάζει, παρουσιάζουν ακόμα υψηλό κατασκευαστικό κόστος. Η διαφορά κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής κιλοβατώρας από πετρέλαιο και από πηγές ανανεώσιμης ενέργειας μειώνεται σταδιακά, ώστε σύντομα να είναι επιτρεπτή μια απ' ευθείας σύγκριση κόστους. Ήδη το κόστος εγκατάστασής τους εμφανίζεται ανταγωνιστικό απέναντι στη συμβατική παραγωγή ενέργειας, σε περιπτώσεις μη συνδεδεμένων με το δίκτυο περιοχών (Απομονωμένοι οικισμοί, νησιά κ.α.). Επί πλέον, έχει τεθεί ως θέμα προβληματισμού και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να εφαρμοστεί στο μέλλον, ο φόρος του CO<sub>2</sub>, δηλαδή ο καταλογισμός στην kWh πετρελαίου, του κόστους της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί το CO<sub>2</sub>, που παράγεται απ' την καύση του πετρελαίου (κοινωνικό κόστος).

Σε όλα τα αναπτυγμένα κράτη, προωθούνται, με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς, προγράμματα ανάπτυξης ευρείας εφαρμογής της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας (Γερμανία: πρόγραμμα 1000 στεγών, Ιαπωνία, 700 στεγών κ.α.). Στα πλαίσια ενίσχυσης του ρυθμού

διείσδυσης των φωτοβολταϊκών στο βιομηχανικό τομέα, η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί σχετικά προγράμματα (ΕΠΕ), με ισχυρά οικονομικά κίνητρα (χρηματοδότηση του 55% της επένδυσης).

Παρατηρείται λοιπόν, σήμερα, σε παγκόσμια κλίμακα, μια αυξημένη δραστηριότητα στον ευρύτερο τομέα των ΑΠΕ, που προοιωνίζει την αλματώδη ενσωμάτωσή τους στον ενεργειακό τομέα, μέσα στην πρώτη εικοσαετία του νέου αιώνα.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να δώσουμε ένα σχηματικό διάγραμμα της εφαρμογής της **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ** [2]



Σχήμα 4 : Σχηματικό διάγραμμα ενεργειακής πολιτικής [Πηγή: Α.Π.Θ.]

### Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Από το σύνολο των στοιχείων που παρατέθηκαν ως τώρα προκύπτει αρκετά καθαρά ότι απαιτείται η χάραξη μίας ενεργειακής πολιτικής που να διασφαλίζει μεσοπρόθεσμα την απαραίτητη επάρκεια,

να διαφυλάσσει όσο γίνεται περισσότερο τα υγρά καύσιμα και να μειώσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό - και μάλιστα σύντομα - την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Με βάση, λοιπόν, όλα τα προηγούμενα γίνεται αντιληπτό η επιτακτική ανάγκη χάραξης μίας διαφορετικής ενεργειακής, και όχι μόνο, πολιτικής που να συμπεριλάβει τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αυτές εξ' ορισμού πληρούν τις προϋποθέσεις μίας τέτοιας πολιτικής.

Η πρώτη ολοκληρωμένη πρόταση μίας τέτοιας ενεργειακής πολιτικής παρουσιάστηκε από τον πρωτοπόρο Amory Lovins τον Οκτώβριο του 1976. Ο Lovins την αποκάλεσε "The soft path" ("Ο ήπιος δρόμος") σε αντίθεση με την "Business as usual approach" ("Συμβατική οδό") που εφαρμόζεται συνήθως. Η πολιτική αυτή, όπως την ανέλυσε ο Lovins, θα βασιζόταν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην μεσοπρόθεσμη χρήση πυρηνικής ενέργειας και στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας [EREN]. Για την εξοικονόμηση ενέργειας δεν μπορεί να υπάρξει, και δεν έχει υπάρξει καμία αντίδραση ως τώρα, παρά μόνο απέναντι σε μερικές ακραίες τοποθετήσεις που διατυπώνονται συνήθως κατά την περίοδο αιχμής κάθε ενεργειακής κρίσης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όμως, αντιμετωπίστηκαν επί πολλά χρόνια με κάποια χροιά συγκατάβασης ως πεδίο εργασίας ελάχιστα ρεαλιστικών επιστημόνων ή ουτοπία περιθωριακών ομάδων οικολόγων. Στα χρόνια που μεσολάβησαν το κόμμα των «Πρασίνων-εναλλακτικών» (που ξεκίνησε ως περιθωριακό κίνημα) αναρριχήθηκε στην κυβέρνηση της Γερμανίας και η «Λευκή Βίβλος για την Ενέργεια» της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσδιόρισε υψηλούς στόχους για την ανάπτυξη των Α.Π.Ε. στην Ευρώπη [3]. Υπό αυτήν την έννοια το γενικότερο κλίμα είναι σαφώς θετικό. Τελείως συνοπτικά ως αναφερθεί στο σημείο αυτό ποιες μορφές ενέργειας ανήκουν στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.), ή ήπιων πηγών ενέργειας. Στις Α.Π.Ε. συγκαταλέγονται όλες αυτές οι μορφές που θεωρούνται, στα πλαίσια του ανθρώπινου χρονικού ορίζοντα, ανεξάντλητες: η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, οι υδατοπτώσεις, η ενέργεια των θαλασσών, η βιομάζα και η γεωθερμία. Υπάρχουν αρκετές δυνατότητες κατάταξής τους σε κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή τους, την πυκνότητά τους, το φορέα της ενέργειας. Χάριν συντομίας θα αρκεστούμε στην παρατήρηση ότι με εξαίρεση την παλιρροιακή ενέργεια των θαλασσών, που οφείλεται στην περιστροφή της Γης και την έλξη της από τους πλανήτες, όλες οι άλλες μορφές, έμμεσα ή άμεσα, αποτελούν παράγωγα της ηλιακής ενέργειας. Θα πρέπει επίσης να παρατηρήσουμε ότι η γεωθερμία δεν είναι πραγματικά



ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (αφού είναι πεπερασμένη), αλλά μπορεί να θεωρηθεί ως τέτοια σε σχέση με τον Ιστορικό χρόνο.

Η προβιομηχανική ανθρώπινη κοινωνία στηρίχτηκε στην αξιοποίηση των πηγών αυτών, μέσω της εμπειρικής κυρίως γνώσης (της "τέχνης"): η βιομάζα εξασφάλιζε θερμότητα, η αιολική ενέργεια μεταφορική ισχύ στα πλοία και μηχανικό έργο στους μύλους μαζί με το υδάτινο δυναμικό. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική ήξερε να εκμεταλλεύεται τον ήλιο για τη θέρμανση των οικιών.

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση, και τη διαθεσιμότητα της συγκεντρωμένης ισχύος των υδρογονανθράκων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παραμελήθηκαν, μένοντας πεδίο εργασίας μερικών επιστημόνων μετά το 1945, όπως ο Karl Boer, ο Fred Dubin, ο Felix Trombe, ο E.R.G. Eckert κ.α. Όταν μία ομάδα μηχανικών του MIT κατασκεύασε και παρουσίασε το πρώτο σύγχρονο ηλιακό σπίτι, στα μέσα της δεκαετίας του 1950 κανείς δεν το πρόσεξε. Το φάσμα της έλλειψης πετρελαίου το χειμώνα του 1973 επανέφερε στο φως της δημοσιότητας τις πηγές αυτές της ενέργειας και τους ανθρώπους που ασχολούνταν με αυτές.[2]

### **Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά το 1990 και οι ελληνικές προοπτικές**

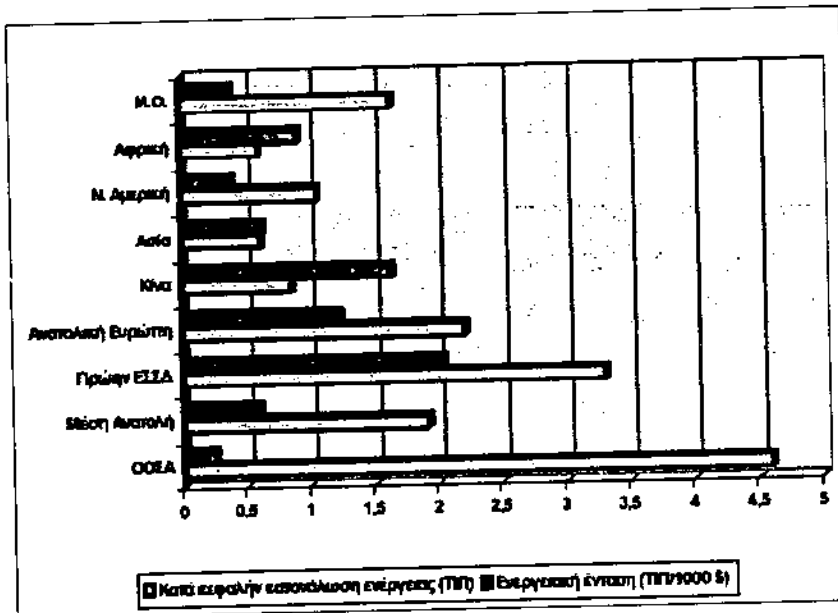
Η ελληνικά «αγορά» ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δείχνει πλέον σημεία σχετικής ωριμότητας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα (ηλιακοί συλλέκτες) αποτελούν δόκιμες, ευρύτατα διαδεδομένες λύσεις που συνεχίζουν να βελτιώνονται τεχνικά και να αυξάνουν τη συμμετοχή τους, έστω και με λιγότερο θεαματικά αποτελέσματα, από τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης στη δεκαετία του 1980-1990.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραμένουν σχετικά δαπανηρά, κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης, δεν θεωρούνται, όμως, πλέον ως «εξεζητημένη» τεχνολογία. Η αξιοποίηση της βιομάζας αποκτά, κυρίως σε ό,τι αφορά τη δυνατότητα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, αυξανόμενη σημασία. Τέλος, η αιολική ενέργεια είναι μία δόκιμη, αξιόπιστη και οικονομικά ελκυστική πρόταση, που προσελκύει επενδυτές ακόμη και στο καθεστώς απελευθερωμένων αγορών. Το κόστος των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί, ενώ χρησιμοποιούνται όλο και μεγαλύτερες Α/Γ, μειώνοντας το μοναδιαίο κόστος και τις απαιτήσεις σε χώρο εγκατάστασης.

Τελικά, είναι αρκετά εφικτή η ενσωμάτωση των εφαρμογών Α.Π.Ε. αρκεί να υπάρξει τόσο μια ενημέρωση του κόσμου όσο και πολιτική βούληση.

### Ενεργειακή πολιτική και ορθολογική χρήση ενέργειας

Στόχος μίας λογικής ενεργειακής πολιτικής δεν μπορεί να είναι παρά η ορθολογική χρήση της ενέργειας. Υπό αυτήν την έννοια, η ένδειξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας δεν αποτελεί κριτήριο μίας αναπτυγμένης οικονομίας, αλλά ενδεχομένως μίας «σπάταλης» ή τεχνολογικά υποανάπτυκτης. Το ζητούμενο είναι η ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μίας «μονάδας» εθνικού πλούτου, κατ' αντιστοιχία του βαθμού απόδοσης ενός κινητήρα. Εξετάζεται επομένως ο δείκτης της ενεργειακής έντασης, που αποτελεί την έκφραση του λόγου κατανάλωσης ενέργειας προς Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν. Είναι χαρακτηριστικό ότι, όπως φαίνεται στα στοιχεία του σχήματος που ακολουθεί, οι χώρες του ΟΟΣΑ (κατά τεκμήριο οι πιο προηγμένες) έχουν δείκτη ενεργειακής έντασης 4 έως 6 φορές μικρότερο από την Κίνα ή τις χώρες της πρώην ΕΣΣΔ, ενώ έχουν σαφώς υψηλότερη κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση.



Σχήμα 5: Κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας και δείκτης ενεργειακής έντασης.

## Ενέργεια και περιβάλλον

Ως τώρα έγινε αναφορά στην επάρκεια της ενέργειας και στον συσχετισμό της με την οικονομία, επισημαίνοντας τις υφιστάμενες, βαθιές, αμοιβαίες επιδράσεις των δύο αυτών εννοιών. Αυτό αποτελεί ωστόσο τη μία μόνο όψη του προβλήματος. Η άλλη αναφέρεται στο συσχετισμό μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί η κατανάλωση αυτή. Όπως η έλλειψη ενέργειας έτσι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της δεν αποτελούν φαινόμενα αποκλειστικά του 20ου αιώνα. [4]

Ο χρονικός ορίζοντας που πρέπει να συνοδεύει τις δύο θεωρήσεις, ενέργεια - οικονομία και ενέργεια - περιβάλλον, είναι διαφορετικός. Για τη χάραξη μίας ενεργειακής-οικονομικής πολιτικής μπορούμε, με αρκετή ασφάλεια, να θεωρήσουμε ένα περιθώριο 20 έως 30 ετών επάρκειας των υδρογονανθράκων αρκετό, και την πολιτική αυτή, κατά συνέπεια, μακροπρόθεσμη. Όταν όμως προσπαθήσουμε να εξετάσουμε την περιβαλλοντική άποψη της χρήσης τους εξετάζουμε φαινόμενα με μακράιωνες συνέπειες, που υπερβαίνουν κατά πολύ τον χρονικό ορίζοντα που συνήθως αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος και που προσεγγίζουν την ιστορική έννοια του χρόνου.

Σχεδόν η κάθε ανθρώπινη, εκμηχανισμένη, δραστηριότητα συνεπάγεται και μία μορφή ρύπανσης, όπως είναι η χημική, η θερμική, η ραδιενεργός και η παραγωγή στερεών και υγρών αποβλήτων. Η καύση των στερεών και υγρών καυσίμων οδηγεί αναπόφευκτα στην παραγωγή όλων αυτών των κατηγοριών ρύπων, πλην των ραδιενεργών. Οι επιπτώσεις της "αλόγιστης" ενεργειακής, αλλά και οικονομικής, ευμάρειας των δεκαετιών του 1950 και 1960, και η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, άρχισαν να γίνονται κοινή συνείδηση με αφορμή συμβάντα όπως η εμφάνιση της αιθαλομίχλης στο Λονδίνο της δεκαετίας του 1950 και του φωτοχημικού νέφους στο Λος Άντζελες στη δεκαετία του 1970. Η ευρύτερη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων συνέπεσε με τις δύο ενεργειακές κρίσεις στην δεκαετία του '70. Ως συνέπεια των πρώτων έντονων φαινομένων περιβαλλοντικής ρύπανσης θεσπίστηκαν τα πρώτα νομοθετικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών ρύπων, κυρίως του μονοξειδίου του άνθρακα και της αιθάλης, το "London's smog act" και το "State of California environmental protection law". Τα μέτρα αυτά αποτέλεσαν τα πρώτα συγκεκριμένα, θετικά βήματα προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος και υποχρέωσαν και τις υπόλοιπες χώρες να ακολουθήσουν. Στις δεκαετίες που είχαν προηγηθεί τα πρόβλημα της καύσης υδρογονανθράκων αντιμετωπίστηκε ως θέμα βελτιστοποίησής της. Στο βαθμό που αντιμετωπιζόταν το θέμα του περιορισμού των εκπομπών ρύπων, στόχος

ήταν η ελαχιστοποίηση της παραγωγής του μονοξειδίου του άνθρακα με την περαιτέρω οξειδωσή του σε διοξείδιο, ο περιορισμός της εκπομπής αιθάλης και οξειδίων του αζώτου και βέβαια η αύξηση του βαθμού απόδοσης της εκάστοτε συντελούμενης διεργασίας. Στη δεκαετία του 1980, ωστόσο, επήλθε μία σημαντική ποιοτική διαφοροποίηση του προβλήματος, με τη συνειδητοποίηση της καταστροφής των δασών και των μνημείων από την "όξινη βροχή", του "φαινομένου του θερμοκηπίου" και της "τρύπας του όζοντος". Η Ακαδημία των Επιστημών των Η.Π.Α. (US National Academy of Science) διαπίστωσε, ήδη από το 1977, ότι "ο βασικός περιοριστικός παράγοντας της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων (φυσικού αερίου, πετρελαίου και άνθρακα) στους επόμενους αιώνες θα είναι η επιρροή της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στις κλιματικές συνθήκες".

Η δεκαετία 1980-90 χαρακτηρίζεται αναμφίβολα από την ευρεία εξάπλωση των περιβαλλοντολογικών ανησυχιών, κινημάτων και συζητήσεων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις Η.Π.Α.. Η έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος έπαψε να αποτελεί πεδίο δραστηριότητας μεμονωμένων ατόμων και μικρών, συχνά περιθωριακών, ομάδων και εξελίχθηκε σε έναν σημαντικό παράγοντα στη λήψη αποφάσεων στο χώρο της βιομηχανίας, της οικονομίας και της πολιτικής. Ταυτόχρονα, το άνοιγμα των συνόρων προς τις χώρες-μέλη της πρώην ΚΟΜΕΚΟΝ αποκάλυψε ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος περιβαλλοντικά προβλήματα, που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα έχει γίνει αντιληπτό, ότι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων γίνεται σε μεγάλη κλίμακα, κατά πολλούς και περίπλοκους τρόπους και με μακρόχρονες, βαθιές και δύσκολα προβλέψιμες συνέπειες. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα αντιμετωπιστεί μόνο στο επίπεδο εκείνο, που σχετίζεται με τη χρήση των υδρογονανθράκων για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Η μετάβαση από το πετρέλαιο στην πυρηνική ενέργεια και η επιστροφή στον άνθρακα μπορεί να μειώνουν την εξάρτηση από τη μία αυτή πηγή, προκαλούν όμως σοβαρές περιβαλλοντολογικές ανησυχίες: Έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι το, καταρχήν, ακίνδυνο διοξείδιο του άνθρακα (ως το βέλτιστο προϊόν της καύσης των υδρογονανθράκων) αλλά και τα συμπαραγόμενα οξείδια του αζώτου συντελούν αποφασιστικά στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, με συνέπειες ενδεχομένως δραματικές, στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια. Τα οξείδια του θείου κρίθηκαν υπαίτια του θανάτου των δασών στη δυτική και κεντρική Ευρώπη και της καταστροφής των μνημείων στη νότιο Ευρώπη. Το ατύχημα του Τσερνόμπιλ στην Ε.Σ.Σ.Δ., και μία σειρά από μικρότερα ατυχήματα όπως του Three Mile Island στις Η.Π.Α. και του Sellafield στη Μ.Βρετανία, κατέστησαν απτούς τους κινδύνους της χρήσης της

**ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 11 ΕΝΔΟΔΑΤΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ**

πυρηνικής ενέργειας, υπογραμμίζοντας τον κίνδυνο αυτής της εναλλακτικής λύσης. Η παρατήρηση αυτών των φαινομένων οδήγησε σε μία σειρά από διαπιστώσεις και ανάλογους φόβους, σχετικά με τις πιθανές μελλοντικές κλιματικές και περιβαλλοντικές εξελίξεις. Το πρόβλημα δεν τίθεται πλέον μόνο στη βελτιστοποίηση των διεργασιών καύσης, αλλά και στον περιορισμό τους. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας κρίθηκε σκόπιμο να μην γίνει εκτενής αναφορά στο ευρύ αυτό φάσμα των προβλημάτων, επειδή κάτι τέτοιο απομακρύνεται από τους άμεσους στόχους της. Θα παρουσιαστεί, όμως, πιο εκτενώς το θέμα του διοξειδίου του άνθρακα, που παράγεται από τη χρήση των υδρογονανθράκων ως πηγής ενέργειας, και των συνεπειών του.

## ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ-ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

### 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Σύμφωνα με το ΦΕΚ αριθμός φύλλου 362/4-7-79 όλα τα κατοικούμενα κτίρια οφείλουν να κατασκευάζονται με ειδικούς κανονισμούς θερμομόνωσης. Μια καλή θερμική μόνωση εξασφαλίζει:

-Υγιεινή και ευχάριστη διαμονή των κατοίκων.

-Ορθολογική κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση του χειμώνα και κλιματισμό των χώρων.

-Οικονομία στις δαπάνες κατασκευής της κεντρικής θέρμανσης.

-Μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος από τα καυσαέρια.

Η ικανοποιητική θερμική μόνωση των κατοικούμενων χώρων είναι αναγκαία προϋπόθεση για την εξασφάλιση υγιεινής και οπωσδήποτε ανέτου παραμονής και μάλιστα υπό οικονομικές συνθήκες.

Η κατανάλωση ενέργειας και οι αντίστοιχες ετήσιες δαπάνες θέρμανσεως ή και κλιματισμού επηρεάζονται σημαντικότερα από την θερμική μόνωση του κτιρίου δηλαδή την αντίσταση σε διαφυγές θερμότητας που παρουσιάζουν τα περικλείοντα του κατοικήσιμου χώρου στοιχεία κατασκευής, ακόμη, από την μορφολογία του κτιρίου, καθώς και από τα ηλεκτρολογικά δεδομένα της περιοχής όπου πρόκειται να ανεγερθεί.

Άλλο πλεονέκτημα των μέτρων θερμομόνωσης είναι ότι έτσι αποφεύγονται φθορές που μπορούν να προκληθούν στα κτίρια όπως π.χ. θραύσεως σωληνώσεων από παγετό κλπ. Άρα έχουμε μείωση των εξόδων επισκευών και συντηρήσεως.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι τόσο μεγαλύτερες όσο περισσότερο είναι τούτο εκτεθειμένο στους ανέμους.[5]

Αντιθέτως, γειτονικά κτίρια ή άλλα εμπόδια που προφυλάσσουν το κτίριο απ' την άμεση επίδραση των ανέμων, μειώνουν κατά πολύ τις θερμικές απώλειες.

Σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας παίζει επίσης η διάταξη των χώρων, όπως π.χ. κατά την θέρμανση κατοικιών σε κτίρια που βρίσκονται σε σειρά.

Τα πολύ μεγάλα εξωτερικά παράθυρα αυξάνουν κατά πολύ τις θερμικές απώλειες ακόμη και αν κατασκευαστούν με διπλά υαλοστάσια. Σε γωνιακούς χώρους είναι προτιμότερο τα παράθυρα να διατάσσονται μόνο σ' ένα εξωτερικό τοίχο.

Καπνοδόχοι, σωληνώσεις παροχής θερμού και ψυχρού νερού καθώς και σωληνώσεις του δικτύου κεντρικής θέρμανσεως δεν πρέπει να τοποθετούνται επί εξωτερικών τοίχων, εκτός αν μονώνονται.

## 1.2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Θερμομόνωση σε κτιριακές κατασκευές καλείται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για την μείωση της μετάδοσης θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος.[6]

Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται:

α) Με θερμική αγωγή: μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή, καλείται η μετάβαση θερμότητας από μόριο σε στερεά, υγρά και αέρια σώματα.

β) Με θερμική μετάβαση: μετάβαση θερμότητας με θερμική μετάβαση, καλείται η μετάβαση θερμότητας με μετακίνηση θερμών μορίων ή αερίων δια μέσου του χώρου. Εκτός των χώρων ο αέρας μπορεί να μετακινείται με φυσικά κυκλοφορία των θερμότερων τμημάτων μαζών αυτού καθώς και με εξωτερικές δυνάμεις όπως π.χ. άνεμος, κίνηση ανθρώπων κλπ.

γ) Με θερμική ακτινοβολία: μετάβαση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία καλείται η ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ επιφανειών στερεών σωμάτων οι οποίες χωρίζονται μέσου του αέρα.

## 1.3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Ο εν λόγω συντελεστής έχει μεγάλη σημασία για την αξιολόγηση ενός μονωτικού υλικού. Εκφράζει το ποσό της θερμότητας (σε kcal.) το οποίο διέρχεται διαμέσου ενός τοιχώματος πάχους 1 μέτρου, ανά ( $m^2$ ) τοιχώματος, ανά ώρα και για διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta t = 1^\circ C$  μεταξύ των δύο πλευρών του τοιχώματος.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας συμβολίζεται με  $\lambda$  και έχει τις εξής μονάδες:  $kcal/m \cdot h \cdot ^\circ C$  ή  $W/mK$ .

#### 1.4. ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗ

Η θερμοδιαφυγή χαρακτηρίζει τη μετάδοση θερμότητας για μια στρώση υλικού π.χ. στην περίπτωση στοιχείων κατασκευής τοίχου, οροφής, πάχους  $d$  (σε  $m$ ).

Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής  $\Lambda = \frac{\lambda}{d}$  δίδει την ποσότητα θερμότητας

σε  $kcal$  ή  $Wh$

η οποία διαρρέει μια σταθερά κατάσταση ωριαίως, επιφάνειας  $1m^2$  της στρώσεως του υλικού υπό την επίδραση της καθέτου προς την στρώση αυτή θερμοκρασιακής πτώσεως, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας  $1^\circ C$  ή  $1k$ . Μονάδα μέτρησης είναι:  $kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$  ή  $W/m^2 \cdot k$ . Το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής =  $1/\Lambda$

#### 1.5. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΕΩΣ $\alpha$

Ο συντελεστής θερμικής μεταβάσεως  $\alpha$  από την επιφάνεια στοιχείου κατασκευής προς τον αέρα επαφής και αντιστρόφως, δίδει την ποσότητα θερμότητας σε  $kcal$  ή  $Wh$ , η οποία μεταδίδεται σε σταθερά θερμική κατάσταση, ανά ώρα μεταξύ  $1m$  της επιφάνειας του στοιχείου κατασκευής και του σε επαφή αέρος, όταν μεταξύ των υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας  $1^\circ C$  ή  $1k$ . Μονάδα μέτρησης είναι:  $kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$  ή  $W/m^2 \cdot k$ . Το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης ονομάζεται αντίσταση

θερμικής μετάβασης =  $1/\alpha$

#### 1.6. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $k$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $k$  καθορίζει την θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίδει την ποσότητα της θερμότητας σε  $kcal$  ή  $Wh$  η οποία μεταδίδεται σε σταθερά θερμικής κατάστασης ανά ώρα, δια μέσου επιφάνειας  $1m^2$  του στοιχείου κατασκευής όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο πλευρών του στοιχείου και του αέρα που βρίσκεται σε επαφή. Είναι  $1^\circ C$  ή  $1k$ . Το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας ορίζεται σαν αντίσταση θερμοπερατότητας.



Η σχέση που συνδέει τους διαφόρους συντελεστές μετάδοσης θερμότητας και για ομογενές τοίχωμα πάχους ( $\delta$ ) σε μέτρα είναι:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

όπου  $\lambda$ : ο εσωτερικός συντελεστής αγωγιμότητας του υλικού (ομογενές τοίχωμα).

$\alpha_1$  και  $\alpha_2$ : οι συντελεστές μετάδοσης θερμότητας, σχετικοί με την μετάδοση της θερμότητας μεταξύ των επιφανειών του τοιχώματος και του αέρα που το περιβάλλει.

Για τοιχώματα που αποτελούνται από πολλά στρώματα, ανομοιογενή, παχών  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots$  με αντίστοιχους συντελεστές  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$  ο συντελεστής  $k$  είναι:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}}$$

### 1.7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Ο τρόπος θερμομόνωσης ενός κτιρίου εξαρτάται από:

α) Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής που περιβάλλουν το χώρο. (τοίχοι, οροφές κλπ.)

β) Την διαπερατότητα του αέρα των στοιχείων κατασκευής και ιδιαίτερος των εξωτερικών τοίχων.

γ) Την θερμοχωρητικότητα των στοιχείων κατασκευής.

### 1.8. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η θερμομονωτική ικανότητα ενός στοιχείου κατασκευής χαρακτηρίζεται απ' αντίσταση θερμοδιαφυγής  $1/\lambda$ . Εξαρτάται απ' το είδος κατασκευής χρησιμοποιηθέντων υλικών, την περιεκτικότητα σε υγρασία και το πάχος των θερμομονωτική ικανότητα αυξάνει σύμφωνα με το πάχος των χρησιμοποιηθέντων υλικών κατασκευής.

Η θερμική αγωγιμότητα στα στερεά υλικά κατασκευής εξαρτάται κυρίως από:

α) Το ποσοστό του φαινομένου ολικού όγκου του στερεού το οποίο καταλαμβάνεται από κλειστό αέρα. Ο αέρας εφ' όσον ηρεμεί έχει μεγαλύτερη αντίσταση θερμοδιαφυγής από κάθε άλλο στερεό.

β) Το μέγεθος και την διανομή των κυψελίδων.

γ) Την θερμική αγωγιμότητα της ύλης, η οποία αποτελεί τον σκελετό του μονωτικού υλικού.

Επίσης εξαρτάται απ' την θερμοχωρητικότητα των στοιχείων κατασκευής. Η θερμοχωρητικότητα των τοίχων και των ορόφων συμβάλλει στο να εμποδίζεται, κατά δε το χειμώνα η γρήγορη ψύξη των χώρων μετά την διακοπή της θερμάνσεως κατά δε το καλοκαίρι η γρήγορη θέρμανσή των.

## 1.9.ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΟΥ

### ΓΕΝΙΚΑ

Σαν μέθοδος υπολογισμού των θερμικών απωλειών ενός χώρου, επιλέγεται η προβλεπόμενη απ' τους Γερμανικούς κανονισμούς (*DIN 4701*).

Για την διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου σε μια σταθερή τιμή, χρειάζεται να διοχετεύουμε –στον εν λόγω χώρο– συνεχώς, μια ποσότητα θερμότητας ίση με την ποσότητα θερμότητας η οποία αποβάλλεται δια μέσου των οικοδομικών στοιχείων προς το περιβάλλον και τους γειτονικούς του χώρους με μικρότερη θερμοκρασία.

Κατά συνέπεια για την θέρμανση ενός χώρου απαιτείται η εκτίμηση των λεγόμενων θερμικών του απωλειών.

Ο ακριβής υπολογισμός των εν λόγω θερμικών απωλειών είναι δυνατός εφ' όσον είναι γνωστά όλα τα στοιχεία που αφορούν τον προς την θέρμανση χώρο (δηλαδή οι διαστάσεις, το είδος των οικοδομικών στοιχείων, ο προσανατολισμός, η θερμοκρασία των παρακείμενων χώρων κ. α).

Με βάση λοιπόν τους Γερμανικούς κανονισμούς (*DIN 4701*), η ωριαία απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας ( $Q_h$ ) για την θέρμανση κάποιου χώρου αναφέρεται, στο άθροισμα της ποσότητας θερμότητας ( $Q_T$ ) που αποβάλλεται απ' τον χώρο διαμέσου των οικοδομικών του στοιχείων (τοίχοι, κουφώματα,

οροφές και δάπεδα) και της ποσότητας θερμότητας ( $Q_L$ ) η οποία είναι αναγκαία για την θέρμανση του εισερχόμενου αέρα. Δηλαδή  $Q_h = Q_T + Q_L$  (kcal/h)

### 1.9.1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ( $Q_T$ )

Οι απώλειες αυτές υπολογίζονται σύμφωνα με το DIN 4701 με την σχέση:

$$Q_T = Q_0 (1 + Z_D + Z_H) \text{ kcal/h ή KW.}$$

Όπου:  $Q_0 = \Sigma F \cdot K (\Delta t) = \Sigma F \cdot K (t_i - t_a) \text{ kcal/h ή KW.}$

Όπου:  $Q_0$  = θερμικές απώλειες χώρου χωρίς προσαυξήσεις.

$K$  (kcal/m<sup>2</sup> · h · °C) = συντελεστής θερμοπερατότητας.

$F$  (m<sup>2</sup>) = σύνολο των επιφανειών

$t_i$  (°C) = εσωτερική θερμοκρασία

$t_a$  (°C) = εξωτερική θερμοκρασία

$Z_D$  (°C) = συντελεστής λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας και επιφανειών

$Z_H$  (°C) = συντελεστής λόγω προσανατολισμού

### 1.9.2. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ( $Z_D$ )

Ο συντελεστής  $Z_D$  εξαρτάται απ' την τιμή  $D$  και από τις ώρες λειτουργίας της εγκατάστασης. Η τιμή  $D$  υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q = \frac{Q_0}{F_0 \cdot (t_i - t_a)} \text{ σε (kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C)}$$

όπου:  $Q_0$  = (kcal/h) = στατικές θερμικές απώλειες.

$F_0$  (m<sup>2</sup>) = εμβαδόν των επιφανειών που περιορίζουν το χώρο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ένα πολύ σημαντικό στοιχείο : ότι στην περίπτωση που μελετάμε, χρησιμοποιούμε το σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και συνεπώς δεν λαμβάνουμε υπ' όψιν τον συντελεστή

προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας  $Z_D$ , καθώς επίσης δεν υπολογίζουμε τις απώλειες από το δάπεδο.

### 1.9.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ( $Z_H$ )

Ο συντελεστής  $Z_H$  εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χώρου. Ανάλογα λοιπόν με τον προσανατολισμό που έχει ο χώρος, το  $Z_H$  παίρνει τις ακόλουθες τιμές:

Προσανατολισμός:	BA	B	BΔ	Δ	A	NA	N	NΔ
Προσαύξηση $Z_H$ :	+0,05	+0,05	+0,05	0	0	-0,05	-0,05	-0,05

### 1.9.4. ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ

Σε περίπτωση που το ύψος του χώρου είναι μεγαλύτερο από 4m, προσαυξάνουμε το  $Q_0$  κατά 2% για κάθε μέτρο πέραν των 4m. Η προσαύξηση αυτή δεν μπορεί να υπερβεί το 20%.

### 1.9.5. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ( $Q_L$ )

Η θερμική απώλεια αερισμού αναφέρεται στην ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας (στα επιθυμητά όρια), του εξωτερικού αέρα, ο οποίος εισέρχεται στον χώρο δια μέσου των χαραμάδων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.

Ο υπολογισμός της εν λόγω ποσότητας θερμότητας γίνεται με την σχέση:  
 $Q_L = \Sigma(\alpha l) \cdot R \cdot H(t_i - t_a) \cdot Z_r$  (kcal / h).

Όπου:  $\alpha$  ( $\text{cm}^3/\text{h}$ ) : συντελεστής διεισδύσεως αέρα, τιμές του οποίου παίρνουμε από πίνακα.

$l$  (m) : συνολικό μήκος χαραμάδων (από τα σχέδια).

$R$  (-) : συντελεστής διεισδυτικότητας, τιμές του οποίου παίρνουμε από πίνακα.

$H$  (-) : συντελεστής θέσεως και ανεμοπαύσεως, τιμές του οποίου παίρνουμε από πίνακα.

$Z_r$  (-) : συντελεστής γωνιακών παραθύρων.

$Z_r = 1,2$  για χώρους με γωνιακά παράθυρα.

$Z_T=1$  για τους υπόλοιπους χώρους.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ  $f$ 

## 2.1. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

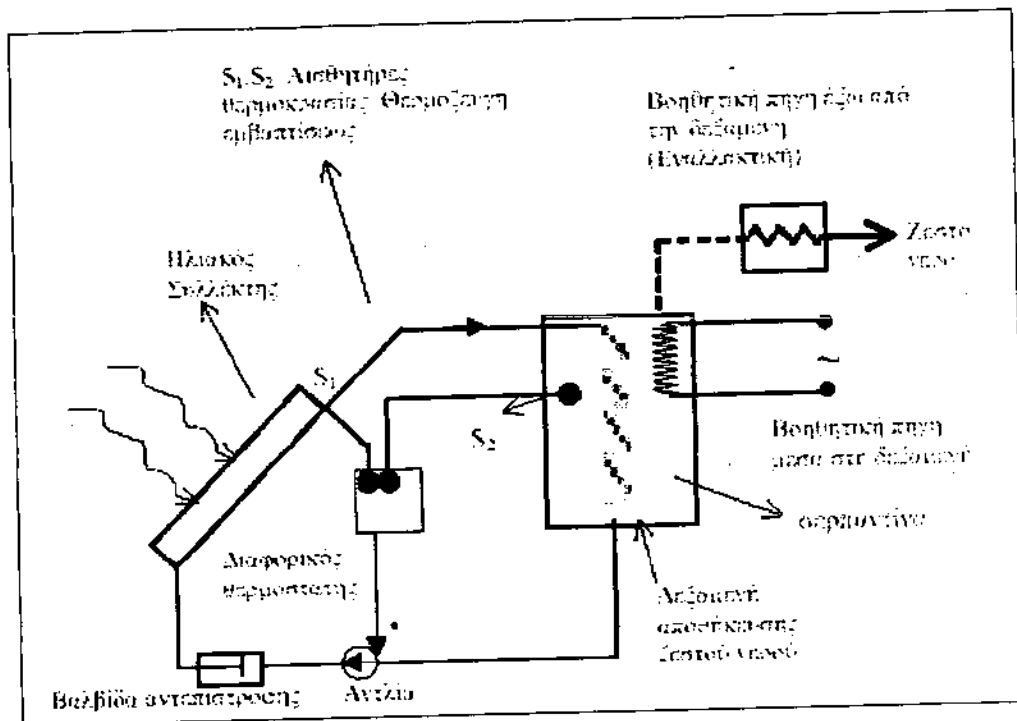
Για να γίνει η σχεδίαση ενός οικονομικά βιώσιμου ηλιακού συστήματος πρέπει να προηγηθεί ο υπολογισμός της θερμικής απόδοσης, δηλαδή ο προσδιορισμός της ωφέλιμης ενέργειας, που παρέχει το σύστημα αυτό.

Μια προσέγγιση στο πρόβλημα είναι προσομοίωση του συστήματος με μια σειρά μαθηματικών σχέσεων που αναπαριστούν τη λειτουργία των διαφόρων τμημάτων του συστήματος. Επειδή τα μετεωρολογικά δεδομένα ενός τόπου είναι συνήθως γνωστά το πολύ κάθε ώρα, ο υπολογισμός γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, ώρα προς ώρα [7].

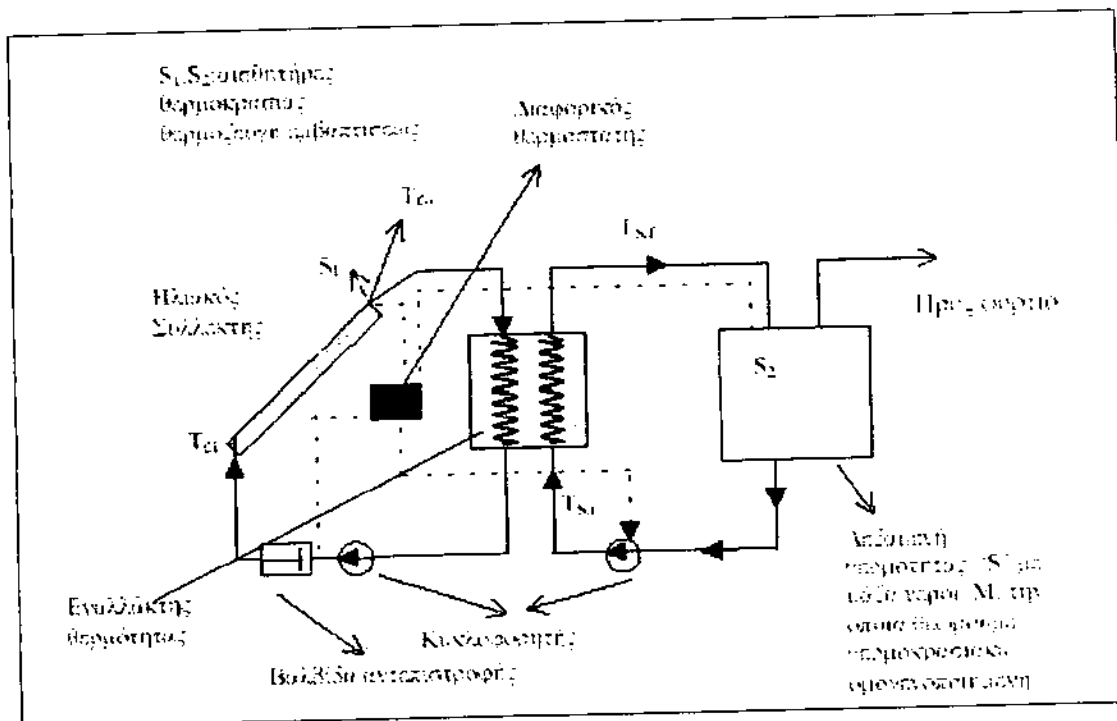
Εκτός της προσομοίωσης, που η εφαρμογή της προϋποθέτει την ευχέρεια χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή, έχουν αναπτυχθεί διάφορες προσεγγιστικές μέθοδοι που μειώνουν τον όγκο των υπολογισμών σημαντικά, αφού χρησιμοποιούν μόνο τα μέσα μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα για τον υπολογισμό της μακροχρόνιας απόδοσης του ηλιακού συστήματος.

Ο υπολογισμός ώρα προς ώρα εξακολουθεί βέβαια να παραμένει σπουδαίο εργαλείο για μεγάλα και όχι καθιερωμένα συστήματα, αλλά η πλατιά διάδοση των εφαρμογών απαιτεί απλές μεθόδους σχεδιασμού, ειδικά για τυποποιημένα συστήματα όπου το κόστος μιας λεπτομερούς προσομοίωσης δεν δικαιολογείται.

Η πιο γνωστή προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού είναι η **μέθοδος των καμπυλών  $f$**  που αναπτύχθηκε από τους Αμερικάνους S.Klein, W. Beckam and J.Duffie του πανεπιστημίου του Wisconsin [8]. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό κατά πρώτο λόγο **συστημάτων θέρμανσης**, ενώ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό **συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού**, ή για **συνδυασμό των δύο**.



**Σχήμα 2.1:** Σχηματική παράσταση ηλιακού συστήματος για ταυτόχρονη χρήση ζεστού νερού και θέρμανσης χώρου



**Σχήμα 2.2:** Σχηματική παράσταση ηλιακού συστήματος

Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζεται το σχηματικό διάγραμμα ενός τυπικού ηλιακού συστήματος για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρου, ενώ στο σχήμα 2.2 φαίνεται μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος που προορίζεται μόνο για θέρμανση νερού. Η μέθοδος των

καμπυλών  $f$  ισχύει για τις διατάξεις αυτές και μόνο. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται υγρό (νερό βασικά ή κάποιο αντιπηκτικό διάλυμα) σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας και νερό σαν μέσο αποθήκευσης της ενέργειας.[9]

Για την μετατροπή της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε θερμική ενέργεια χρησιμοποιούνται **επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες**. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται με μορφή αισθητής θερμότητας στη δεξαμενή αποθήκευσης και χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται, για να τροφοδοτήσει το φορτίο θέρμανσης και ζεστού νερού.

Γενικά μέσα από τους συλλέκτες κυκλοφορεί ένα αντιπηκτικό διάλυμα και μεταξύ συλλεκτών και δεξαμενής χρησιμοποιείται ένας εναλλάκτης, κάτι που είναι πιο οικονομικό από την εναλλακτική λύση, να χρησιμοποιείται δηλαδή αντιπηκτικό διάλυμα σαν μέσο αποθήκευσης.

Για τη μεταφορά θερμότητας από τη δεξαμενή αποθήκευσης στο κτίριο χρησιμοποιείται ένας εναλλάκτης υγρού-αέρα, που ονομάζεται εναλλάκτης φορτίου.

Ένας άλλος εναλλάκτης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμότητας στο σύστημα ζεστού νερού χρήσης που αποτελείται από μια δεξαμενή προθέρμανσης που τροφοδοτεί με προθερμασμένο νερό ένα συμβατικό θερμοσίφωνα.

Όταν η ενέργεια στη δεξαμενή αποθήκευσης δεν είναι επαρκής, χρησιμοποιείται μια συμβατική πηγή ενέργειας για να τροφοδοτήσει το φορτίο. Διάφοροι αυτοματισμοί, βαλβίδες ασφαλείας, κυκλοφορητές, σωληνώσεις συμπληρώνουν το σύστημα.

## 2.2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ $f$

Κατά την μέθοδο των καμπυλών  $f$ , το ποσοστό  $f$ , του μηνιαίου θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια (ή απλά κάλυψη) εκφράζεται εμπειρικά με τη βοήθεια δύο αδιάστατων συντελεστών  $X$  και  $Y$ .

$$X = F_R U_L \times (F'_R / F_R) \times (T_{ref} - \bar{T}_a) \times \Delta t \times (A_c / L) \times k_2 \times k_3 \quad (2.1)$$

$$Y = F_R (\tau_a) \eta \times (F'_R / F_R) \times (\bar{\tau}_a) / (\tau_a) \eta \times H_T \times (A_c / L) \times k_4 \quad (2.2)$$

όπου

$A_c$

Η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών ( $m^2$ )

$F'_R / F_R$

Ο διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη-εναλλάκτη



$$F_R U_L F_R (\tau a) n$$

	Χαρακτηριστικά μεγέθη του συλλέκτη, που προκύπτουν από την καμπύλη απόδοσής του
T <sub>ref</sub>	Θερμοκρασία αναφοράς που ορίζεται ίση με 100°C
$\bar{T}_a$	Η μέση μηνιαία θερμοκρασία ημέρας.
$\Delta t$	Η χρονική περίοδος κάθε μήνα(s)
L	Το μέσο μηνιαίο φορτίο (J)
$\bar{H}_T$	Η μέση μηνιαία ακτινοβολία που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη(J/m <sup>2</sup> -mo)
( $\tau a$ )/(ta)n	Διορθωτικός συντελεστής
K <sub>2</sub>	Συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής
K <sub>3</sub>	Συντελεστής ζεστού νερού
K <sub>4</sub>	Συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας φορτίου

Οι αδιάστατοι συντελεστές X και Y έχουν την εξής φυσική έννοια. Το Y αντιστοιχεί με το πηλίκο της ολικής ενέργειας που απορροφάται από την επιφάνεια των συλλεκτών προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα. Το X αντιστοιχεί με το πηλίκο των απωλειών του συλλέκτη προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα.

Για τον προσδιορισμό της κάλυψης  $f$ , δηλαδή του ποσοστού του θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια, πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν οι συντελεστές X και Y. Η τιμή του  $f$  προκύπτει από το διάγραμμα του σχήματος 2.2, που παριστάνει τις καμπύλες  $f$ . Παραδείγματος χάριν για X=4,0 και Y=1,0, ο  $f$  είναι ίσο με 0,57. Το  $f$  βρίσκεται χωριστά για κάθε μήνα του χρόνου. Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι γινόμενο του  $f$  επί το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο, L για κάθε μήνα. Η μέση ετήσια κάλυψη είναι το άθροισμα των  $f \times L$  διαιρεμένο με το μέσο ετήσιο φορτίο.

Η σχέση μεταξύ των X, Y και  $f$  του σχήματος 6.2 εκφράζεται επίσης και με εξίσωση

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,24Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (2.3)$$

για  $0 < Y < 3$  και  $0 < X < 18$

## 2.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ

### 2.3.1. Συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής ( $K_2$ )

Αποδεικνύεται ότι αύξηση της δεξαμενής πάνω από 50 λίτρα νερού ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας βελτιώνει ελαφρά την ετήσια απόδοση του συστήματος. Αν ληφθεί υπόψη και το κόστος της δεξαμενής αποδεικνύεται ότι η βέλτιστη χωρητικότητα βρίσκεται μεταξύ 50 και 100 λίτρων νερού ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας.

Οι καμπύλες  $f$  έχουν αναπτυχθεί για χωρητικότητα δεξαμενής  $75 \text{ lt/m}^2$ , μπορούν όμως και να χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό συστημάτων με άλλη χωρητικότητα δεξαμενής με τη βοήθεια του συντελεστή  $K_2$ , που δίνεται από την εξίσωση (2.4).

$$K_2 = (M/75)^{0,25} \quad (2.4)$$

όπου  $M$  είναι η χωρητικότητα της αποθήκης σε λίτρα ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτών. Για  $M=75$ , είναι φανερό ότι  $K_2=1$ .

### 2.3.2. Συντελεστής ζεστού νερού ( $K_3$ )

Η μέθοδος των καμπυλών  $f$  έχει αναπτυχθεί για ηλιακά συστήματα που καλύπτουν ανάγκες θέρμανσης και ζεστού νερού, με την προϋπόθεση όμως ότι το φορτίο για τη θέρμανση νερού είναι μικρό ποσοστό του φορτίου για θέρμανση χώρου. Στην περίπτωση αυτή είναι  $K_3 = 1$ .

Όταν το θερμικό φορτίο οφείλεται κυρίως ή αποκλειστικά στη θέρμανση νερού, τότε υπολογίζεται ο συντελεστής  $K_3$ , που εξαρτάται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του κρύου νερού  $T_m$ , και την επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού  $T_w$ . Ο συντελεστής ζεστού νερού  $K_3$  υπολογίζεται από την εξίσωση 2.5.

$$K_3 = (11,6 + 1,18T_w + 3,86T_m - 2,34T_a) / (100 - T_a) \quad (2.5)$$

Η μέθοδος των καμπυλών  $f$  για τον υπολογισμό εγκαταστάσεων ζεστού νερού, ισχύει υπό ορισμένες προϋποθέσεις:

Η κατανομή αυτή κατανάλωσης είναι η μέση για κατοικίες. Άλλα κτίρια μπορεί να έχουν διαφορετική ημερήσια κατανομή κατανάλωσης. Πάντως η κατανομή του θερμικού φορτίου στη διάρκεια της ημέρας δεν έχει σοβαρή επίδραση στην απόδοση του ηλιακού συστήματος, όταν η δεξαμενή αποθήκευσης είναι γύρω στα  $75 \text{ lt/m}^2$  ή μεγαλύτερη. Άλλη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ότι θεωρείται χαμένη η ηλιακή ενέργεια, που

χρησιμοποιείται για να αναθερμανθεί το νερό της δεξαμενής πάνω από τη θερμοκρασία  $T_w$ . Στην πραγματικότητα βέβαια κάτι τέτοιο δεν είναι απόλυτα σωστό. Διότι μια ποσότητα ζεστού νερού θερμοκρασίας υψηλότερη από την  $T_w$ , αναμειγνυόμενη με κρύο νερό δίνει μεγαλύτερη ποσότητα νερού θερμοκρασίας  $T_w$ . Παρά τους περιορισμούς αυτούς όμως η μέθοδος των καμπυλών  $f$  παραμένει πολύ χρήσιμη για τον υπολογισμό της απόδοσης συστημάτων σαν αυτό του σχήματος 2.2.

### 2.3.3. Συντελεστής εναλλάκτη φορτίου.

Το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του ηλιακού συστήματος. Όταν μειώνεται το μέγεθος του εναλλάκτη η θερμοκρασία της δεξαμενής πρέπει να αυξηθεί για να μπορεί να παρέχει το ίδιο ποσό ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα υψηλότερη θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες πράγμα που μειώνει την απόδοσή τους. Ένα μέτρο του μεγέθους του εναλλάκτη που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο κτίριο δίνεται από τον αδιάστατο παράγοντα  $\epsilon_L C_{min}/(UA)_b$  όπου  $\epsilon_L$  είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσης του εναλλάκτη του φορτίου.  $C_{min}$  είναι η ελάχιστη θερμοχωρητική παροχή στον εναλλάκτη, που συμπίπτει συνήθως με αυτή του αέρα.  $(UA)_b$  είναι το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας επί την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου.

Η βέλτιστη τιμή του συντελεστή  $\epsilon_L C_{min}/(UA)_b$  από θερμικής σκοπιάς είναι απεριόριστα μεγάλη. Αν λάβουμε όμως υπόψη το κόστος του εναλλάκτη, οι πιο οικονομικές τιμές του συντελεστή πρακτικά κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3. Η μέθοδος  $f$  έχει αναπτυχθεί για  $\epsilon_L C_{min}/(UA)_b = 2$ . Για άλλες τιμές του συντελεστή, η απόδοση του συστήματος υπολογίζεται με τη βοήθεια του παράγοντα  $K_4$ .

$$K_4 = 0,39 + 0,65 \exp[-0,139 / \epsilon_L C_{min}/(UA)_b] \quad (2.6)$$

Ο βαθμός εκμετάλλευσης ενός εναλλάκτη είναι το πηλίκο της ισχύος που μεταφέρει, προς τη μέγιστη ισχύ που θα μπορούσε να μεταφέρει. Η μέγιστη αυτή ισχύ ισούται με το γινόμενο της μικρότερης από τις θερμοχωρητικές παροχές των δύο ρευμάτων επί τη διαφορά των θερμοκρασιών εισόδου των δύο ρευμάτων.

$$\text{Μέγιστη μεταφερόμενη ισχύς} = C_{min} \times (T_h - T_c) \quad (2.7)$$

## 2.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Η μέθοδος των καμπυλών  $f$  είναι μια προσεγγιστική μέθοδος για να βρίσκουμε την απόδοση ηλιακών συστημάτων όπως αυτά των σχημάτων 2.1 και 2.2. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιούνται μέσα μηνιαία

μεγέθη και υπολογισμοί, προκειμένου να προσδιοριστεί η κάλυψη όταν είναι δεδομένη η συλλεκτική επιφάνεια, περιορίζονται σε ένα για κάθε μήνα.

Το πρόβλημα του προσδιορισμού της συλλεκτικής επιφάνειας αναγκάσει ώστε η μέση ετήσια κάλυψη να είναι δεδομένη είναι πολυπλοκότερη. Η επίλυση του γίνεται με δοκιμές. Δίνονται, δηλαδή, διαδοχικές τιμές, στη συλλεκτική επιφάνεια, και υπολογίζεται κάθε φορά η κάλυψη. Κατασκευάζεται έτσι μια καμπύλη που παριστάνει την κάλυψη σε συνάρτηση με τη συλλεκτική επιφάνεια. Με τη βοήθεια της καμπύλης αυτής προσδιορίζεται η ζητούμενη επιφάνεια συλλεκτών.

Όμως οι υπολογισμοί με τη χρήση της μεθόδου των καμπυλών / είναι πολλοί κι αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση μιας προγραμματιζόμενης υπολογιστικής μηχανής γραφείου, ή με τη βοήθεια έτοιμων διαγραμμάτων.

## 2.5. ΑΝΤΙΠΗΚΤΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Η προπυλενογλυκόλη είναι το αντιπηκτικό, που χρησιμοποιείται συνηθέστερα στα κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών, διότι δεν είναι τοξική και έτσι δεν δημιουργείται κίνδυνος, αν από κάποια αστοχία της εγκατάστασής, αναμειχθεί το περιεχόμενο του κλειστού κύκλωματος με το νερό χρήσης.

## 2.6. ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Η βέλτιστη παροχή του ρευστού στο κύκλωμα των συλλεκτών είναι άπειρα μεγάλη. Όμως η εξάρτηση της απόδοσης του συστήματος από την παροχή συλλεκτών είναι ασυμπτωτική: μόνο ο συντελεστής θερμικής απολαβής  $F_R$  αυξάνεται ελαφρά (και μαζί με το θερμικό κέρδος), όταν η θερμοχωρητική παροχή (παροχή  $\times$  ειδική θερμότητα) αυξάνεται πάνω από την τιμή  $50 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$  συλλεκτών, που αντιστοιχεί σε παροχή αντιπηκτικού διαλύματος περίπου  $0,015 \text{ l/m}^2\text{s}$ . Μικρή παροχή οδηγεί σε σημαντική μείωση του θερμικού κέρδους, επειδή μειώνεται η τιμή του συντελεστή  $F_R$ .

Όταν χρησιμοποιείται το σύστημα των δύο ρευμάτων (εναλλάκτης εκτός της δεξαμενής), η θερμοχωρητική παροχή πρέπει να είναι μεγαλύτερη στο κύκλωμα της δεξαμενής (νερό) από αυτή στο κύκλωμα των συλλεκτών (αντιπηκτικό διάλυμα).

## 2.7. ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ο συντελεστής συναλλαγής της θερμότητας, στην περίπτωση εναλλάκτη μέσα στη δεξαμενή είναι της τάξης των  $350\text{-}400 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ . Ο ίδιος συντελεστής στην περίπτωση του ανεξάρτητου εναλλάκτη έχει τιμές από 500 μέχρι  $700 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ .

Ο βαθμός εκμετάλλευσης  $\epsilon_l$  του εναλλάκτη δίνεται σε διαγράμματα ανάλογα με το είδος του εναλλάκτη (ομοροή αντιρροή, κ.λ.π.) και σαν συνάρτηση των παραμέτρων  $C_{min}/C_{max}$  και  $UA_e/C_{min}$ .

$$\text{Συνήθως } C_{min} = A_c G_c C_{pc} \text{ και } C_{max} = A_c G_T C_{pT}$$

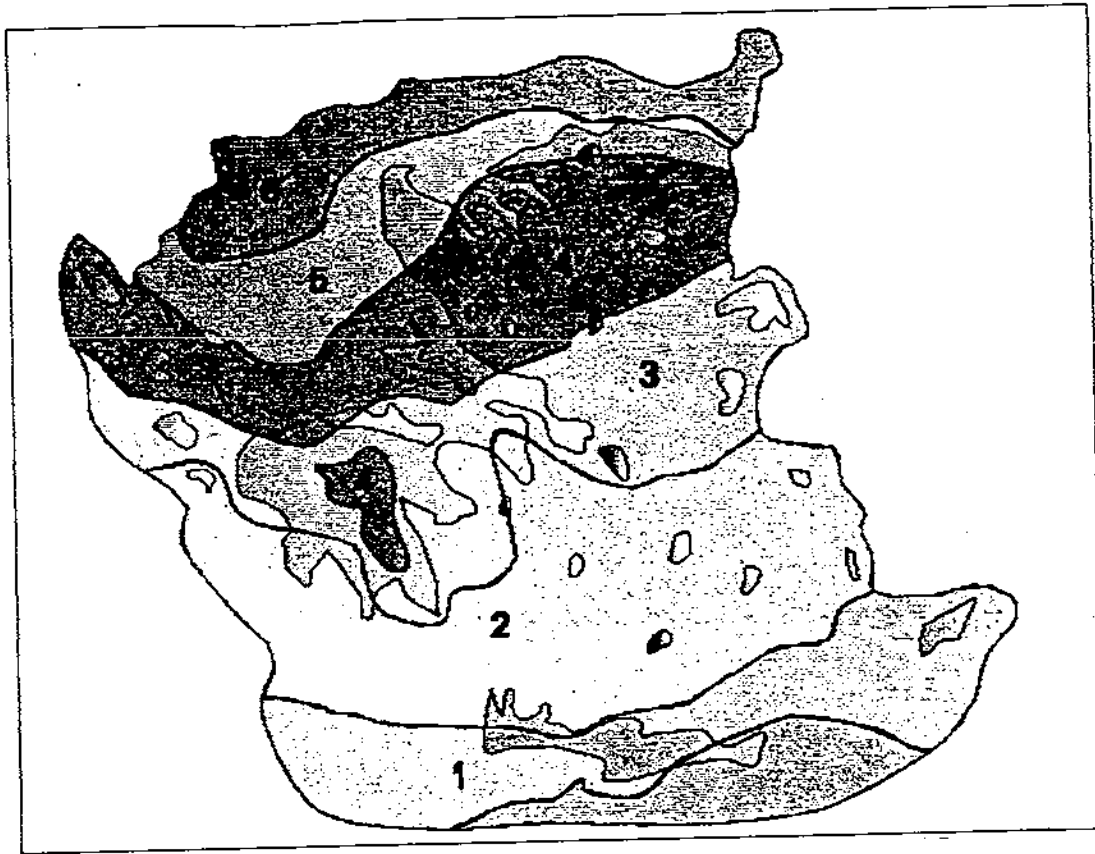
Στην πράξη η εκλογή του είδους του εναλλάκτη είναι συνυφασμένη με το είδος της δεξαμενής που θα χρησιμοποιηθεί. Γενικά μπορούμε ότι για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις (μέχρι 400-600 m<sup>2</sup> επιφ. συλλεκτών) χρησιμοποιούνται οι παρασκευαστήρες θερμού ύδατος κατά DIN 4821 και 4802, τα γνωστά boiler με σερπαντίνα, που έχουν ενσωματωμένο τον εναλλάκτη. Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις ή σε περιπτώσεις που οι συνθήκες επιβάλλουν άλλου είδους δεξαμενή, χρησιμοποιείται εναλλάκτης εκτός δεξαμενής.

## 2.8. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

### ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι διάφοροι μετεωρολογικοί σταθμοί μετρούν συνήθως είτε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο (σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας) είτε το ποσό ηλιοφάνειας.

Υπάρχουν προσεγγιστικές μέθοδοι, όπως αυτοί του Angstrom (1956) βάσει των οποίων υπολογίζεται η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο συναρτήσει της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας και της ηλιοφάνειας. Έχουν δημοσιευθεί κατά καιρούς μελέτες που δίνουν την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα. Στα επόμενα κεφάλαια παράλληλα με τις λεπτομερείς υπολογιστικές μεθόδους που απαιτούν την ακριβή γνώση των μετεωρολογικών στοιχείων κάθε τόπου, δίνονται πίνακες και διαγράμματα που σκοπό έχουν να βοηθούν το μελετητή (να τον απαλλάξουν από μεγάλο όγκο υπολογισμού). Όταν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια υπολογισμών για να περιοριστεί ο υπολογισμός των πινάκων αυτών και των διαγραμμάτων, η χώρα χωρίζεται σε έξι ζώνες. Οι πόλεις που βρίσκονται στην ίδια ζώνη χαρακτηρίζονται από παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες. Ο χωρισμός της χώρας σε ζώνες φαίνεται στο σχήμα 2.3, ενώ στον πίνακα 6.1 κατατάσσονται οι κυριότερες πόλεις ανάλογα με τη ζώνη που ανήκουν.



Σχήμα 2.3 : Χωρισμός του Ελλαδικού χώρου σε κλιματικές ζώνες

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : Οι κυριότερες πόλεις της Ελλάδος χωρισμένες σε ζώνες

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Αρτα	Θεσσαλονίκη	Ιωάννινα
Ιεράπετρα	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτηνή
Ρόδος	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Κόνιτσα
Σητεία	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Σέρρες
Χανιά	Σύρος	Χίος	-	-	-

## 2.9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Οι διάφοροι μετεωρολογικοί σταθμοί λαμβάνουν μετρήσεις της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Για τον υπολογισμό της μέσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο έχει αναπτυχθεί μια μέθοδος από τους Liu και Jordan (1962).

Η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο  $\bar{H}_T$  εκφράζεται ως εξής :

$$\bar{H}_T = \bar{R}\bar{H} \quad (2.8)$$

όπου  $\bar{H}$  η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

$\bar{R}$  ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}d/\bar{H})\bar{R}b + \bar{H}d/\bar{H}(1 + \cos s)/2 + r(1 - \cos s)/2 \quad (2.9)$$

όπου

$\bar{H}d$  η μέση μηνιαία έμμεση ακτινοβολία

$\bar{R}b$  ο λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο

$s$  η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο

$r$  ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0,2 μέχρι 0,7 (η τιμή 0,7 για κάλυψη του εδάφους με χιόνι).

Στην εξίσωση 2.9 ο πρώτος όρος εκφράζει τη συμμετοχή της άμεσης ακτινοβολίας, ο δεύτερος όρος τη συμμετοχή της έμμεσης ακτινοβολίας και ο τρίτος όρος τη συμμετοχή της ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος πάνω στον συλλέκτη.

Ο λόγος  $\bar{H}d/\bar{H}$  εκφράζεται σαν συνάρτηση του συντελεστή αιθριότητας  $\bar{K}_T$ , που είναι ο λόγος της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο προς αυτή που θα έφθανε σε οριζόντιο επίπεδο αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. Μέσες μηνιαίες τιμές αυτής της ακτινοβολίας δίνονται στον πίνακα 2.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΤΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ (MJ/m<sup>2</sup>-mo)**

Γεωγραφικό πλάτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
35	561	653	908	1965	1228	1236	1249	1147	945	772	576	518
40	468	573	843	1029	1218	1242	1249	1122	891	691	489	422

Η σχέση μεταξύ  $\bar{H}d/\bar{H}$  και  $\bar{K}_T$  δίνεται από την εμπειρική σχέση των Liu και Jordan (1960).

$$\bar{H}d/\bar{H} = 1,39 - 4,03\bar{K}_T + 5,53\bar{K}_T^2 - 3,11\bar{K}_T^3 \quad (2.10)$$

Η  $\bar{R}b$ , για επιφάνειες που είναι στραμμένες ακριβώς προς Νότο, δίνεται σαν συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους  $\phi$  και της κλίσης της επιφάνειας  $s$  από την σχέση 2.11.

$$\bar{R}b = \frac{\cos(\phi - s) \cos \delta \sin \omega_s' + \pi/180 \omega_s' \sin(\phi - s) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \pi/180 \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (2.11)$$

όπου :

$\omega_s$  η ωριαία γωνία που δίνει ο ήλιος σε οριζόντιο επίπεδο.

$$\omega_s = \arccos[-\tan \phi \tan \delta] \quad (2.12)$$

$\omega_s'$  η ωριαία γωνία που δίνει ο ήλιος στην κεκλιμένη επιφάνεια

$$\omega'_s = \text{MIN}\{\omega_s, \arccos(-\tan(\varphi - s) \tan \delta)\} \quad (2.13)$$

$\delta$  η ηλιακή απόκλιση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3: ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ  $\bar{R}$

(α) ΖΩΝΗ 1										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.60	1.61	1.59	1.52	1.42
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.35	1.29	1.29	1.21	1.10
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.16	1.14	1.09	1.01	0.92	0.80
Α	1.00	1.03	1.04	1.02	0.99	0.93	0.85	0.76	0.65	0.53
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.70	0.60	0.49	0.38
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42	0.32
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.84	0.75	0.66	0.55	0.44	0.33
Α	1.00	1.01	1.01	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.57	0.45
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.08	1.02	0.93	0.82	0.70
Ο	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.34	1.32	1.26	1.17	1.06
Ν	1.00	1.18	1.34	1.47	1.56	1.62	1.63	1.60	1.53	1.42
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

(β) ΖΩΝΗ 2										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.19	1.36	1.49	1.59	1.65	1.67	1.65	1.59	1.49
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.36	1.38	1.37	1.32	1.24	1.13
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.14	1.10	1.02	0.93	0.81
Α	1.00	1.03	1.03	1.02	0.99	0.93	0.86	0.77	0.66	0.55
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.88	0.80	0.71	0.61	0.51	0.40
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.74	0.65	0.54	0.44	0.33
Ι	1.00	0.99	0.96	0.91	0.85	0.77	0.67	0.57	0.46	0.35
Α	1.00	1.02	1.01	0.99	0.95	0.88	0.80	0.70	0.58	0.46
Σ	1.00	1.06	1.11	1.12	1.11	1.08	1.02	0.93	0.83	0.71
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.06
Ν	1.00	1.19	1.35	1.49	1.58	1.64	1.66	1.63	1.56	1.46
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56



(γ) ΖΩΝΗ 3										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.20	1.37	1.51	1.62	1.69	1.71	1.69	1.63	1.53
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.37	1.39	1.38	1.33	1.25	1.15
Μ	1.00	1.08	1.13	1.17	1.17	1.15	1.11	1.03	0.94	0.83
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.72	0.62	0.52	0.41
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.55	0.45	0.34
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.95	0.85	0.72
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.33	1.28	1.20	1.08
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.62	1.56	1.45
Δ	1.00	1.21	1.39	1.55	1.66	1.74	1.77	1.76	1.70	1.60

(δ) ΖΩΝΗ 4										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.61	1.62	1.60	1.54	1.44
Φ	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.28	1.21	1.11
Μ	1.00	1.07	1.13	1.15	1.16	1.14	1.09	1.02	0.93	0.82
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.73	0.63	0.52	0.41
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.56	0.45	0.35
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.94	0.84	0.72
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.07
Ν	1.00	1.17	1.32	1.44	1.53	1.59	1.59	1.57	1.50	1.40
Δ	1.00	1.19	1.37	1.51	1.61	1.68	1.71	1.69	1.64	1.54

(ε) ΖΩΝΗ 5										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.17	1.32	1.44	1.52	1.57	1.59	1.56	1.50	1.41
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.35	1.36	1.35	1.30	1.22	1.12
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.15	1.10	1.03	0.94	0.83
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	1.00	0.95	0.88	0.79	0.69	0.57
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42
Ι	1.00	0.98	0.95	0.91	0.84	0.76	0.67	0.57	0.47	0.37
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.86	0.78	0.69	0.59	0.49	0.38
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.96	0.90	0.82	0.72	0.61	0.49
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.13	1.09	1.04	0.96	0.86	0.74
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.27	1.19	1.08
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.63	1.57	1.46
Δ	1.00	1.20	1.37	1.52	1.63	1.70	1.73	1.72	1.66	1.57

(ζ) ΖΩΝΗ 6										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.18	1.34	1.48	1.57	1.64	1.66	1.64	1.58	1.49
Φ	1.00	1.13	1.23	1.31	1.36	1.38	1.37	1.32	1.25	1.15
Μ	1.00	1.08	1.13	1.17	1.18	1.16	1.11	1.04	0.96	0.85
Α	1.00	1.03	1.04	1.04	1.01	0.96	0.89	0.80	0.70	0.59
Μ	1.00	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.74	0.65	0.55	0.44
Ι	1.00	0.98	0.96	0.91	0.85	0.77	0.68	0.58	0.48	0.38
Ι	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50	0.39
Α	1.00	1.02	1.02	1.01	0.97	0.91	0.83	0.73	0.62	0.51
Σ	1.00	1.07	1.11	1.14	1.13	1.10	1.05	0.97	0.87	0.75
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.34	1.29	1.21	1.10
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.64	1.66	1.64	1.58	1.48
Δ	1.00	1.22	1.41	1.57	1.70	1.78	1.82	1.81	1.76	1.67

$$\delta = 23.45 \sin \{360 \times (284 + n) / 365\} \quad (2.14)$$

n η ημέρα του έτους (n = 1 για την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου).

Ο τρόπος αυτός υπολογισμού ισχύει για επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, μπορεί δε να εφαρμοσθεί χωρίς μεγάλο λάθος και για επιφάνειες με προσανατολισμό που αποκλίνει μέχρι 15° από τον Νότο.

Ο υπολογισμός της ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο είναι επίπονος και απαιτεί αρκετούς υπολογισμούς. Τα πράγματα απλοποιούνται με τη χρήση των πινάκων 6.4 α, β που δίνουν μέσους συντελεστές  $\bar{R}$  για τις διάφορες ζώνες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.α : Μέσες ημές  $(\bar{\tau}_a)/(\tau_a)_n$  για 1 τζάμι

ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	0.79	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
Φ	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.91
Μ	0.88	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91	0.89	0.86
Α	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.88	0.84	0.78
Μ	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.84	0.78	0.71
Ι	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.86	0.81	0.81	0.75	0.67
Ι	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.87	0.82	0.76	0.68
Α	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.89	0.86	0.81	0.74
Σ	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90	0.88	0.83
Ο	0.86	0.89	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.89
Ν	0.80	0.85	0.89	0.92	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
Δ	0.77	0.83	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.94

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.β: Μέσες ημές  $(\bar{\tau}_a)/(\tau_a)_n$  για 2 τζάμι

ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	0.74	0.81	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91
Φ	0.80	0.85	0.88	0.90	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.91	0.88
Μ	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.89	0.87	0.83
Α	0.89	0.91	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.85	0.80	0.74
Μ	0.92	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.65
Ι	0.92	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.83	0.88	0.70	0.61
Ι	0.92	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.87	0.84	0.78	0.71	0.61
Α	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.87	0.83	0.77	0.69
Σ	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.88	0.85	0.79
Ο	0.82	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.87
Ν	0.75	0.82	0.87	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.91
Δ	0.72	0.80	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92

## 2.10.ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Χρησιμοποιώντας τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω μπορεί να υπολογισθεί η μακροχρόνια απόδοση ενός ηλιακού συστήματος για διάφορες θέσεις του συλλέκτη και να βρεθεί η βέλτιστη θέση, αυτή δηλαδή που το ηλιακό σύστημα καλύπτει το μέγιστο ποσοστό του ετήσιου θερμικού φορτίου.

Αυτή η θέση του συλλέκτη δεν αντιστοιχεί οπωσδήποτε με τη θέση που η προσπίπτουσα ετήσια ακτινοβολία στον συλλέκτη είναι μέγιστη. Αυτό οφείλεται

στο ότι η κατανομή του φορτίου μέσα στον χρόνο δεν συμπίπτει με την κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Για θέρμανση χώρων η βέλτιστη θέση του συλλέκτη είναι : κλίση  $10^\circ$  έως  $15^\circ$  μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος με προσανατολισμό απευθείας προς Νότο. Για την Ελλάδα η κλίση αυτή αντιστοιχεί με  $45^\circ$ - $55^\circ$ .

Για συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, με σταθερή κατανάλωση ζεστού νερού όλο τον χρόνο, η βέλτιστη κλίση είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος (γύρω στις  $40^\circ$ ), με νότιο πάντα προσανατολισμό.

## 2.11.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

### 2.11.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ

Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης (με πετρέλαιο ή ηλεκτρισμό) υπολογίζονται ώστε να καλύπτουν το μέγιστο πιθανό φορτίο, που ονομάζεται και φορτίο υπολογισμού. Αντίθετα ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης συνήθως καλύπτει ένα ποσοστό του ολικού ετήσιου φορτίου. Το ποσοστό αυτό ονομάζεται κάλυψη και χαρακτηρίζει το μέγεθος ενός ηλιακού συστήματος. Η απόδοση και τα οικονομικά του ηλιακού συστήματος εξαρτώνται-βασικά από την κάλυψη. Η εκλογή της κάλυψης και επομένως του μεγέθους της εγκατάστασης γίνεται με οικονομικά κριτήρια.

Ο υπολογισμός των μέσων μηνιαίων φορτίων αποτελεί το πρώτο βήμα της μελέτης ενός ηλιακού συστήματος, και μπορεί να γίνει με την βοήθεια λεπτομερών ή προσεγγιστικών μεθόδων.

Οι λεπτομερείς μέθοδοι συνίσταται στον ώρα προς ώρα υπολογισμό των φορτίων με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Είναι μέθοδοι ακριβείς αλλά δύσχρηστοι, γι'αυτό έχουν αναπτυχθεί άλλες προσεγγιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν μέσα μηνιαία μεγέθη. Μερικές από αυτές τις μεθόδους θα περιγραφούν παρακάτω.

### 2.11.2. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

Για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων φορτίων στην περίπτωση θέρμανσης χώρων χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών (degree-days). Η μέθοδος στηρίζεται στη διαπίστωση ότι το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για διατήρηση άνεσης σε ένα χώρο εξαρτάται βασικά από τη διαφορά των θερμοκρασιών χώρου και περιβάλλοντος.

Το μηνιαίο φορτίο  $L$  για τη θέρμανση του χώρου είναι ανάλογο του αριθμού των βαθμομερών στη διάρκεια του μήνα.

$$\rightarrow L = 24(UA)_n Df_o \quad (2.14)$$

όπου

$D$  ο αριθμός βαθμοημερών του μήνα  
 $(UA)_b$  το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας και της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου  
 $f_e$  ο συντελεστής εξοικονόμησης ενέργειας. Ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και για διακοπή λειτουργίας 8-16 ωρών ημερήσια, είναι :

$$f_e = 0,70 - 0,85$$

Ο αριθμός των βαθμοημερών μιας ημέρας είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναφοράς και της μέσης θερμοκρασίας αυτής της μέρας. Ο αριθμός βαθμοημερών του μήνα είναι άθροισμα των βαθμοημερών όλων των ημερών του μήνα. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι συνήθως 18 °C.

Ο παράγοντας  $(UA)_b$  προκύπτει σαν πηλίκο των θερμικών απωλειών του κτιρίου, χωρίς προσαύξηση για διακοπτόμενη λειτουργία, προς τη θερμοκρασιακή διαφορά υπολογισμού.

### 2.11.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για την παραγωγή ζεστού νερού απαιτείται ενέργεια αφ' ενός για ν' ανέβει η θερμοκρασία του κρύου νερού μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία και αφ' ετέρου για να καλυφθούν οι απώλειες δικτύου διανομής του ζεστού νερού.

$$L = L_w + L_p \quad (2.15)$$

Το μέσο μηνιαίο φορτίο για θέρμανση νερού,  $L_w$ , υπολογίζεται ως εξής :

$$L_w = N \cdot V_w \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_w - T_m) \quad (2.16)$$

όπου

$N$  ο αριθμός ημερών του μήνα

$V_w$  η μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού θερμοκρασίας  $T_w$  (lt)

$\rho$  το ειδικό βάρος του νερού (1 kg/lt)

$C_p$  η ειδική θερμότητα του νερού (4190 J/kg<sub>p</sub> - °C)

$T_w$  η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού

$T_m$  η θερμοκρασία του κρύου νερού

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού εξαρτάται από το είδος του κτιρίου (κατοικία, ξενοδοχείο κ.λπ.), από το μέγεθος του κτιρίου (αριθμός ενοίκων, αριθμός κλινών) και από τον τρόπο ζωής αυτών που χρησιμοποιούν το νερό.

Στον πίνακα 2.5 δίδονται τιμές της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού για διάφορα είδη κτιρίων.

Η κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία  $T_w$  του ζεστού νερού χρήσης στις περισσότερες περιπτώσεις λαμβάνεται ίση με 40 °C.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 : ΧΡΗΣΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Είδος κτιρίου	Μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά άτομο (lt)
Οικοτροφεία	50
Σχολεία	5
Κατοικίες : Στάθμη μέση	50
υψηλή	100
Νοσοκομεία	60
Ξενοδοχεία : Κατηγορία	
LUX	100
Α' και Β'	80
Γ'	60
Γραφεία	6
Αθλοπαιδιές	40
Κουζίνες : Πλήρη γεύματα	9 lt/γεύμα
Πρόχειρο φαγητό	2,5 lt/γεύμα

Όταν το δίκτυο διανομής του ζεστού νερού είναι μεγάλο (π.χ. μεγάλα ξενοδοχεία), η θερμοκρασία  $T_w$  λαμβάνεται μεγαλύτερη (π.χ. 45 °C) για να καλύπτεται η πτώση θερμοκρασίας μέσα στο δίκτυο.

Ας σημειωθεί ότι η κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού που προορίζεται για χρήση σε κουζίνες, εστιατόρια, κ.λπ., για πλύση συσκευών, είναι 50-60 °C.

Η θερμοκρασία του κρύου νερού,  $T_m$ , εξαρτάται από την προέλευση του νερού. Αν το νερό διανέμεται μέσα σε ένα εκτεταμένο υπόγειο δίκτυο, όπως γίνεται στις μεγάλες πόλεις, η θερμοκρασία του κρύου νερού είναι περίπου ίση με τη θερμοκρασία του εδάφους στο βάθος που εκτείνεται στο δίκτυο. Στον πίνακα 2.6 δίδεται (κατ' εκτίμηση) η μέση μηνιαία θερμοκρασία του κρύου νερού για τις διάφορες ζώνες, για την περίπτωση εκτεταμένου υπόγειου δικτύου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΡΥΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΜΕΓΑΛΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ**

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1, 2	12	12	14	16	19	22	24	24	22	19	16	14
3, 4	10	10	12	15	19	21	24	24	22	19	15	12
5, 6	8	8	10	13	17	19	22	22	20	17	13	10

Σε πολλές περιπτώσεις το κρύο νερό αντλείται από φρεάτια και με τη βοήθεια πιεστικών συγκροτημάτων στέλνεται στην κατανάλωση. Στην περίπτωση αυτή το κρύο νερό έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία χειμώνα - καλοκαίρι γύρω στους 15-18 °C.

Όταν η απόσταση των υποδοχέων από τη δεξαμενή είναι αρκετά μεγάλη (μεγαλύτερη από 30 μέτρα), προβλέπεται δίκτυο ανακυκλοφορίας ώστε να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ζεστό νερό διαθέσιμο κοντά σε όλους τους υποδοχείς.

Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητο να υπολογισθούν οι μέσες μηνιαίες απώλειες του δικτύου,  $L_p$ .

$$L_p = N \cdot t \cdot S (U_d \cdot l_d) \quad (2.17)$$

$$\text{ή } L_p = N \cdot t \cdot \bar{U} \cdot L \quad (2.17a)$$

όπου

$N$  ο αριθμός ημερών κάθε μήνα

$t$  η ημερήσια διάρκεια χρήσης του δικτύου (s)

$U_d$  συντελεστής απωλειών σωλήνων ονομαστικής διαμέτρου  $d$  (W/m)

$l_d$  μήκος σωλήνων με ονομαστική διάμετρο  $d$  (m)

$\bar{U}$  ο μέσος συντελεστής απωλειών σωλήνων (W/m)

$L$  το συνολικό μήκος του δικτύου (m)

Η μέση ημερήσια διάρκεια χρήσης του δικτύου εξαρτάται από το είδος του κτιρίου και το πνεύμα οικονομίας του ιδιοκτήτη. Για τα ξενοδοχεία πολυτελείας είναι  $t = 24$  h ενώ για άλλες περιπτώσεις η διάρκεια χρήσης του δικτύου κυμαίνεται συνήθως από 8 έως 16 ώρες ημερησίως. Η διάρκεια χρήσης του δικτύου καθορίζεται από τον τρόπο λειτουργίας του κυκλοφορητή επιστροφών, που μπορεί να ελέγχεται από ένα χρονοδιακόπτη ώστε να μη λειτουργεί ορισμένες ώρες, όπως π.χ. τις νυκτερινές.

Ο συντελεστής απωλειών του δικτύου  $U_d$  εξαρτάται από τη διατομή των σωλήνων, το είδος της μόνωσης, αν υπάρχει, και τις θερμοκρασίες.

Στον πίνακα 5.5 δίνονται οι απώλειες γυμνών και μονωμένων σωλήνων σε W ανά τρέχον μέτρο και βαθμό Κελσίου. Οι τιμές του  $U_d$  είναι το γινόμενο των τιμών του πίνακα αυτού και της διαφοράς θερμοκρασίας σωλήνα και περιβάλλοντος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**  
(W/m °C)

	Σωλήνες γυμνοί	Σωλήνες μονωμένοι $\lambda = 0,035$ W/m °C πάχος μόνωσης 13 m
1/2"	0,66	0,37
3/4"	0,81	0,42
1"	0,98	0,49

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 38 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

1 1/4"	1,20	0,57
1 1/2"	1,34	0,62
2"	1,62	0,73
2 1/2"	1,99	0,87
3"	2,28	0,98
4"	2,84	1,21

Όταν δεν είναι γνωστές οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του δικτύου, υποθέτουμε ότι το δίκτυο είναι κατασκευασμένο από σωλήνα ενιαίας διαμέτρου, συνήθως 1 1/4".

Προκειμένου για τα ξενοδοχεία το μήκος του δικτύου είναι περίπου 8-10 m ανά δωμάτιο.



### Θερμική άνεση - Τρόποι ανταλλαγής θερμότητας σώματος με το περιβάλλον

#### 3.1 Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση δεν είναι ένα απλό θερμικό ισοδύναμο, καθώς οφείλει να συμπεριλαμβάνει και κάποιες σύνθετες ψυχολογικές διεργασίες. Το συναίσθημα της άνεσης περνάει από διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο πριν οδηγήσει σε μια έκφραση ή επιλογή. Η θερμική άνεση είναι ένα υποκειμενικό συναίσθημα το οποίο διαφέρει από άτομο σε άτομο, εξαρτάται και επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων. [10]

Ως θερμική άνεση ορίζονται εκείνες οι συνθήκες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή, ήτοι ούτε πιο κρύο ούτε πιο ζεστό περιβάλλον.

(ASHARE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1989).[5]

Το σώμα τότε διατηρεί την θερμική του ισορροπία και αποβάλλει θερμότητα με τον ίδιο ρυθμό που την παράγει, χωρίς να καταφεύγει σε ακραία φυσιολογικά μέσα, όπως η εφίδρωση και το ρίγος. Είναι φανερό πως σε περιβάλλον που δίνει θερμική άνεση τα άτομα δεν δοκιμάζουν καμία ένταση από ζέστη ή κρύο και δεν υπόκεινται σε καμία κόπωση, επομένως εργάζονται περισσότερο αποδοτικά.

Η θερμική ουδετερότητα, όπου ο καθένας δεν επιθυμεί ούτε θερμότερο ούτε ψυχρότερο περιβάλλον, είναι μια αναγκαία συνθήκη για θερμική άνεση.

Πάντως, η επίτευξη της θερμικής ουδετερότητας δεν εξασφαλίζει αναγκαστικά και την άνεση. Για παράδειγμα, ένα άτομο που είναι εκτεθειμένο σε ένα ασύμμετρο ακτινοβολο πεδίο, μπορεί να βρίσκεται σε θερμική ουδετερότητα, αλλά είναι αμφίβολο αν θα αισθάνεται άνετα. Στις περισσότερες πάντως περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται στα κτίρια, οι δύο συνθήκες θα πρέπει να συμπίπτουν.

Επειδή είναι πάρα πολύ σημαντικό να αποκτήσουμε ένα ευχάριστο θερμικά περιβάλλον στα κτίρια, έχουν γίνει πολλές έρευνες, για να διαπιστωθούν εκείνες οι συνθήκες που ικανοποιούν τους περισσότερους ανθρώπους.

Μολονότι ο ορισμός της θερμικής άνεσης είναι αρκετά υποκειμενικός, γιατί άλλο είναι εκείνο που μπορεί να μετρηθεί και άλλο εκείνο που αισθανόμαστε, εν τούτοις πολλές πειραματικές έρευνες πάνω σε άτομα διαφορετικής ηλικίας και φύλου έδωσαν αποτελέσματα τα οποία καθορίζουν τις καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης του περιβάλλοντος όπως αυτό προσδιορίστηκε προηγουμένως.

Ωστόσο, υπάρχουν έξι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.

- Η θερμοκρασία του αέρα,
- η υγρασία,
- η θερμοκρασία επιφάνειας και
- η κίνηση του αέρα,

είναι περιβαλλοντικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζονται από τις αποφάσεις του αρχιτέκτονα στο σχεδιασμό των κτιρίων, καθώς και από τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης αυτού.

Εκτός όμως από τις παραπάνω περιβαλλοντικές μεταβλητές, η άνεση επηρεάζεται και από προσωπικές μεταβλητές όπως είναι

- Η δραστηριότητα και
- η ένδυση,

παράγοντες άνεσης δηλαδή που προσδιορίζονται από τους ανθρώπους.

Καθένας απ' αυτούς τους παράγοντες επηρεάζει μοναδικά τον τρόπο με τον οποίο το σώμα θα ανταλλάξει τη θερμότητα.[11]

Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες όπως για παράδειγμα η δυνατότητα προσαρμογής του ατόμου, προσωπικές προσδοκίες και ο τρόπος συμπεριφοράς του.

Η επίτευξη των συνθηκών θερμικής άνεσης μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα με την υπάρχουσα τεχνολογία των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού. Τουλάχιστον στις περισσότερες εφαρμογές δεν υπάρχουν αξεπέραστα τεχνικά εμπόδια, αν και έχει ιδιαίτερη σημασία για την

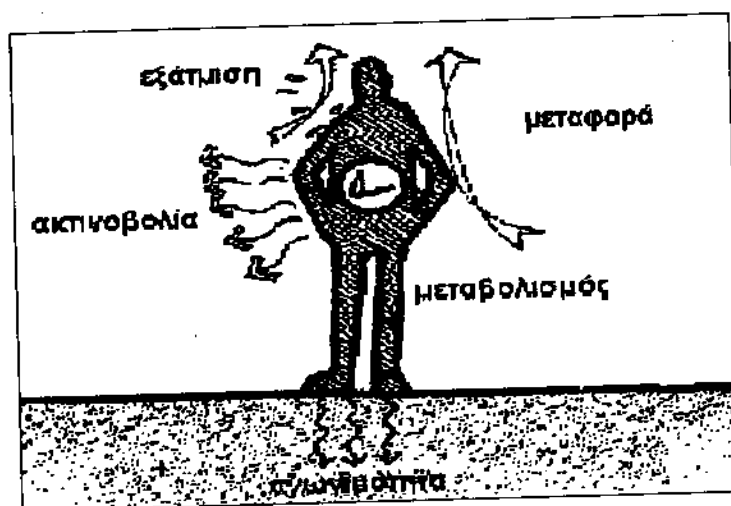
επιτυχία του συστήματος η σωστή διαστασιολόγηση και επιλογή του συστήματος, η προσεκτική εγκατάσταση, η καλή λειτουργία και ο έλεγχος επιμέρους συστημάτων και τέλος η συστηματική συντήρηση.

Αυτό που έχει τα τελευταία χρόνια αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία είναι η επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών με την ορθολογική χρήση ενέργειας, δηλαδή εξοικονόμηση ενέργειας. Το πρόβλημα συνεπώς μετατίθεται στο να επιτευχθούν, διατηρηθούν και ελεγχθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση ενέργειας.

Όμως, εάν τα επίπεδα θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο δεν είναι τα ιδανικά, τότε θα πρέπει να γνωρίζουμε πόσο απέχουν από τα ιδανικά, ή μέσα σε ποια όρια θα πρέπει να διατηρήσουμε την θερμοκρασία και την υγρασία ώστε να επιτύχουμε ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης.

### 3.2 Ανταλλαγή θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον

Επειδή η θερμοκρασία του σώματος πρέπει να παραμείνει σταθερή, η θερμότητα που παράγεται από το μεταβολισμό πρέπει να απελευθερωθεί στο περιβάλλον, μέσω της επιφάνειας του δέρματος και της διαδικασίας της αναπνοής. Έτσι λοιπόν το σώμα μας ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον, όπως και κάθε άλλο φυσικό σώμα, με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία



Σχήμα 3.1: Τρόποι ανταλλαγής θερμότητας του ανθρωπίνου σώματος με το περιβάλλον

Προκειμένου να καταφέρει το ανθρώπινο σώμα να ρυθμίσει τις απώλειες ή το κέρδος θερμότητας από το περιβάλλον, αυτομάτως ενεργοποιεί μια πλειάδα φυσιολογικών αλλαγών. Η ανάγκη για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία στο σώμα, εξασφαλίζεται από το **θερμορυθμιστικό σύστημα**.

Το **θερμορυθμιστικό σύστημα** δεν είναι παρά ένας τρόπος άμυνας του ανθρώπινου σώματος προκειμένου να καταφέρει να αποβάλλει το ποσό θερμότητας που πρέπει, ώστε η εσωτερική του θερμοκρασία να παραμείνει σταθερή, ακόμα και στην περίπτωση που οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι καθόλου ευνοϊκές, όπως για παράδειγμα πολύ ζέστη ή κρύο, υψηλή υγρασία κ.τ.λ. [12]

Η σειρά των διαδικασιών που ακολουθεί το θερμορυθμιστικό σύστημα είναι η ακόλουθη:

Με διαστολή των αγγείων επιταχύνεται η ροή του αίματος προς το δέρμα και αυξάνεται η θερμοκρασία των άκρων (χεριών και ποδιών), σχεδόν στη θερμοκρασία του εσωτερικού του σώματος, γιατί έτσι με κανονική μέση θερμοκρασία του δέρματος στους 30 °C έως 36 °C, το σώμα μπορεί με επιτυχία να αποβάλλει θερμότητα σ' ένα ψυχρότερο περιβάλλον.

Εάν όμως οι κλιματολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι τέτοιες, ώστε το μέσον αυτό να μην επαρκεί, π.χ. όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του σώματος, ή το σώμα δέχεται θερμότητα από θερμή πηγή ή ακόμα όταν το άτομο εκτελεί βαριά εργασία κ.τ.λ., τότε το σώμα βάζει σε λειτουργία τον πιο αποτελεσματικό μηχανισμό ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του, που δεν είναι άλλος παρά η ψύξη μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα.

Για να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του μηχανισμού αυτού, αναφέρουμε πως για να εξατμιστούν 30 gr ιδρώτα απορροφούνται περίπου 16 kcal και ακόμα ότι η εξάτμιση του ιδρώτα είναι ικανή και σε ένα κεκορεσμένο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό εξατμίζεται με βάση τη διαφορά πίεσεως των υδρατμών και όχι τη διαφορά μεταξύ 100% υγρασίας του ιδρώτα πάνω στην επιφάνεια του δέρματος και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

Εάν π.χ. η θερμοκρασία του δέρματος είναι 35 °C, ο ιδρώτας πάνω στο δέρμα θα έχει την ίδια θερμοκρασία και η πίεση των υδρατμών του θα είναι 42 mmHg, ενώ η πίεση των υδρατμών του αρκετά ψυχρότερου αέρα, ακόμα κι αν έχει 100% υγρασία, θα είναι αισθητά χαμηλότερη.

Όταν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι αντίθετες προς τις προηγούμενες, δηλαδή το άτομο βρίσκεται σε πολύ ψυχρό περιβάλλον, τότε η διαφορά

θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του δέρματός του και της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών του περιβάλλοντος είναι μεγάλη και οι απώλειες θερμότητας του σώματος αυξημένες.

Για να περιορίσει τις απώλειες αυτές το σώμα συστέλλει, μέσω του θερμορυθμιστικού του συστήματος τα αγγεία και ελαττώνει τη ροή θερμότητας προς το δέρμα, με αποτέλεσμα την ελάττωση της θερμοκρασίας αρχικά των άκρων και κατόπιν γενικά της εξωτερικής επιφάνειας του σώματος.

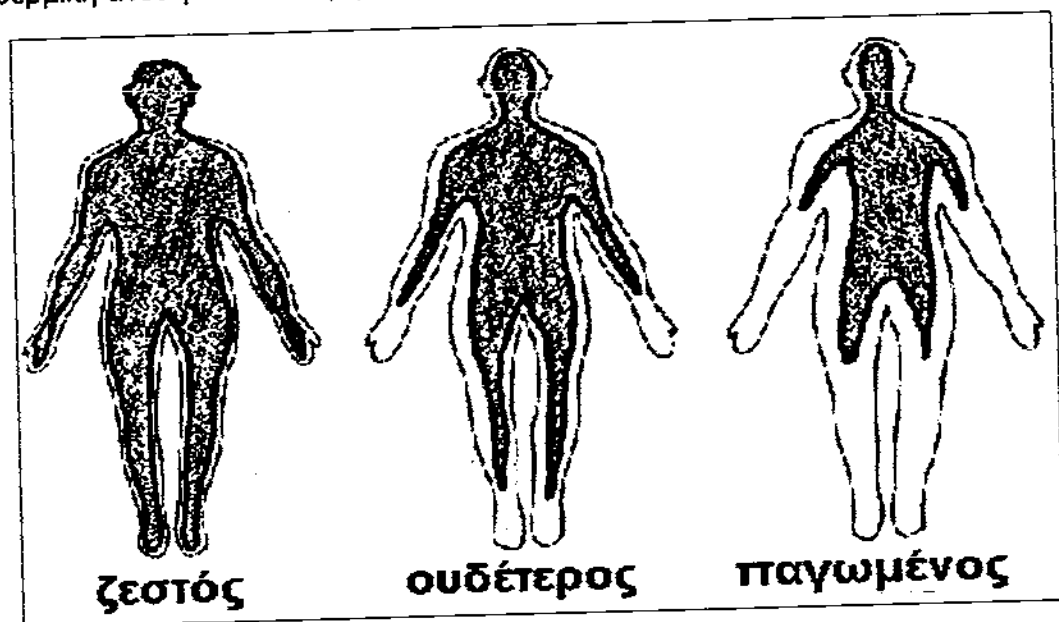
Εάν και με αυτόν τον τρόπο δεν αποκατασταθεί η θερμική ισορροπία, δηλ. το ποσό της θερμότητας που παράγεται μέσα στο σώμα είναι μικρότερο από τις θερμικές του απώλειες προς το περιβάλλον, τότε βαθιοί ιστοί ενεργοποιούνται και αρχίζει να λειτουργεί ο μηχανισμός του ρίγους (τρεμούλιασμα) που είναι μια ακούσια φυσική δραστηριότητα που αυξάνει το μεταβολισμό και την εσωτερική παραγωγή θερμότητας. Αυτή είναι μια προσπάθεια του σώματος να εμποδίσει την παραπέρα πτώση της θερμοκρασίας του, και προκαλεί μια επιπρόσθετη παραγωγή ενέργειας, περίπου 400 W



**Σχήμα 3.2** :Ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας από το μεταβολισμό μπορεί να αυξηθεί ακόμα και έξι φορές από τον κανονικό, κατά τη διάρκεια του τρεμουλιίσματος σε κρύο περιβάλλον.

Όταν η θερμοκρασία των χεριών και των ποδιών ελαττωθεί σημαντικά, θα περίμενε κανείς ότι ο θερμορυθμιστικός μηχανισμός θα δοκίμαζε να στείλει περισσότερο αίμα σ' αυτά, αντίθετα τα αγγεία των άκρων συστέλλονται και κυκλοφορεί σ' αυτά λιγότερο αίμα: Αυτός ο «θερμικός διαχωρισμός» (ή μετανάστευση αίματος) είναι μια απ' τις πιο σημαντικές στρατηγικές ώστε το σώμα να ελαττώσει τις απώλειες θερμότητας.

Ο οργανισμός, προκειμένου να οικονομήσει ζεστό αίμα για άλλα μέρη του σώματος, πιο ζωτικά για την επιβίωσή του, εγκαταλείπει τα άκρα και αυτή είναι η αρχή του κρυσπαγήματος γιατί τον οργανισμό του ανθρώπου πριν από τη θερμική άνεση τον ενδιαφέρει η επιβίωση.



**Σχήμα 3.3 :** Αποδημία του αίματος, προκειμένου το ανθρώπινο σώμα να ανταποκριθεί σε θερμά και κρύα περιβάλλοντα. Ο πυρήνας (σκιασμένη περιοχή) διατηρείται σε σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Η εξωτερική θερμοκρασία αλλάζει, και εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες.

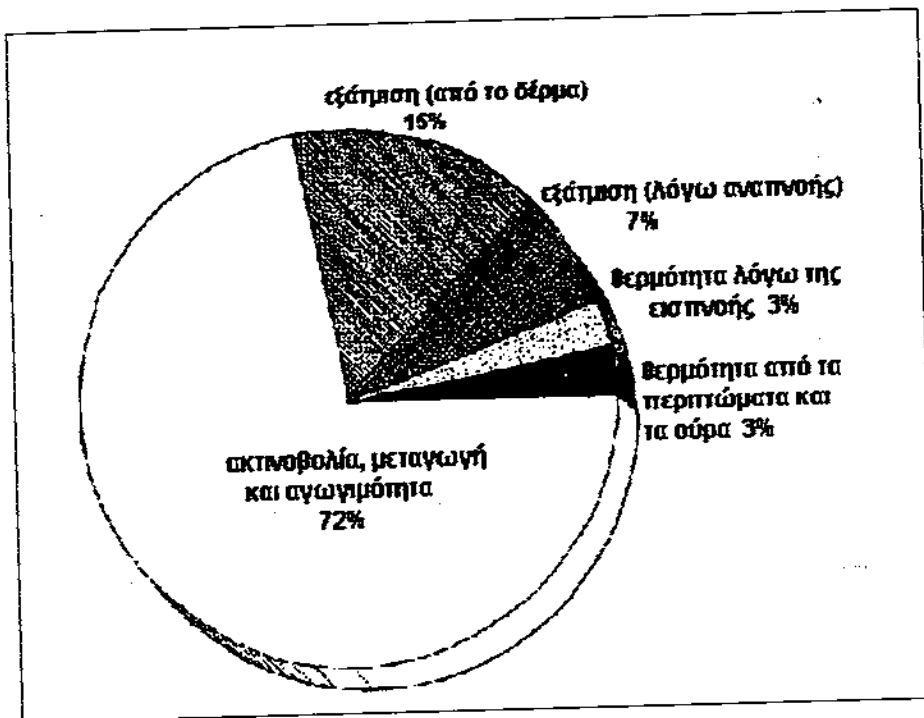
Σκοπός λοιπόν του θερμορυθμιστικού συστήματος του σώματος είναι να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία μέσα στο σώμα στη μέση τιμή των 36-38 °C περίπου. Αυτό, όπως ήδη αναφέρθηκε, κατορθώνεται με την κυκλοφορία του αίματος που φέρνει θερμότητα σε όλα τα μέρη του σώματος.

Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος κυμαίνεται μεταξύ 23 και 36 °C, για άτομο ντυμένο που βρίσκεται κάτω από συνθήκες θερμικής άνεσης.

Γενικά είναι παραδεκτό ότι μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος 33 °C περίπου ανταποκρίνεται στις συνθήκες άνεσης. Η θερμοκρασία αυτή είναι η μέση δέκα θερμοκρασιών οι οποίες λαμβάνονται από αντίστοιχα μέρη της επιφάνειας του σώματος, όπως το μέτωπο, ο αυχέννας, το πίσω και το μπρος μέρος της παλάμης, ο αγκώνας, το στήθος, η πλάτη κ.λ.π.

Στις ακραίες περιπτώσεις πάντως, το κρύο είναι πιο υποφερτό από τη ζέση, π.χ. ένα άτομο δεν μπορεί να εργαστεί με ασφάλεια περισσότερο από μισή ώρα σε συνθήκες θερμοκρασίας 55-60°C και 30% σχετική υγρασία.

Εάν ο αέρας είναι κεκορεσμένος, τότε η θερμοκρασία που μπορεί να υπομείνει ένα άτομο υπό σκιά είναι μόνο 33°C περίπου και εάν εργάζεται κάτω από τις ηλιακές ακτίνες σ' ένα περιβάλλον μόνο 20°C και 100% σχετική υγρασία, μπορεί να πάθει καρδιακή προσβολή. [13]

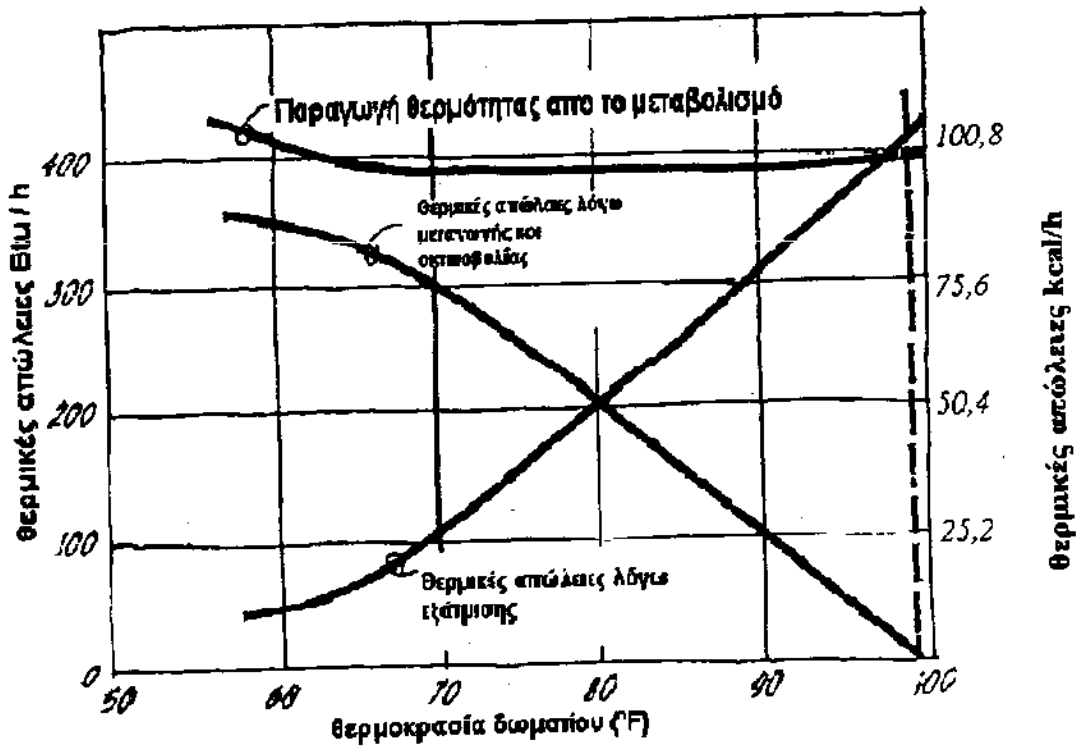


Σχήμα 3.4 : Κατανομή των θερμικών απωλειών του σώματος στη θερμοκρασία των 70°F = 21°C.

### 3.3 Περιβαλλοντικές Συνθήκες.

α. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος από μόνη της επηρεάζει τη διάδοση θερμότητας του σώματος με μεταφορά και είναι πολύ σημαντική για τη θερμική ισορροπία και την άνεση ενός ανθρώπου. Είναι πολύ σημαντικό να εξετάσουμε τη θερμοκρασία μέσα και λίγο κάτω από τα όρια άνεσης όπου διαφέρει από τη θερμοκρασία του δέρματος.

β. Η υγρασία επηρεάζει μόνο την απώλεια θερμότητας του σώματος η οποία επιτυγχάνεται μέσω της εφίδρωσης. Παράλληλα η υγρασία παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στις υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα και της επιφάνειας του δέρματος, όπου οι απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας και μεταγωγής μειώνονται. Αυτό οφείλεται στη μικρή διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει ανάμεσα στη θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος και αυτής του αέρα.



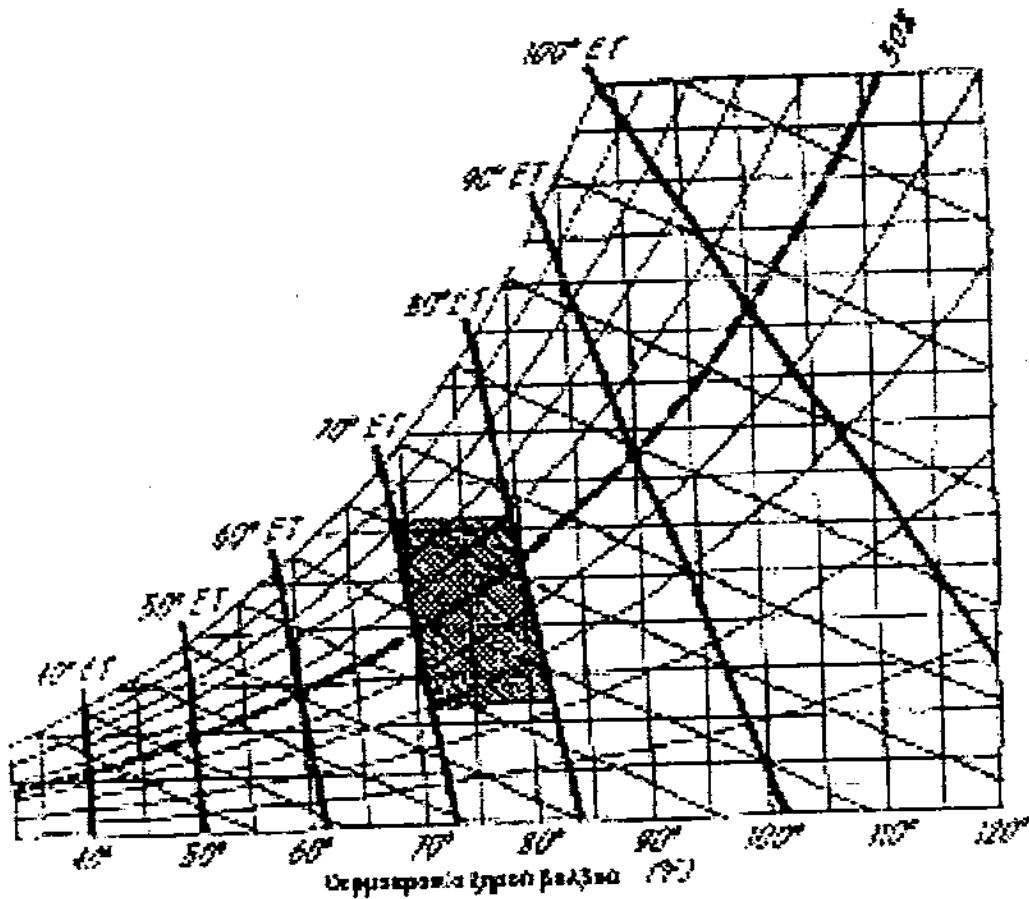
Σχήμα 3.5 : Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες, κυριαρχούν οι απώλειες θερμότητας από μεταγωγή και ακτινοβολία, ενώ σε θερμοκρασίες πάνω των 80°F οι θερμικές απώλειες λόγω εξάτμισης αρχίζουν να κυριαρχούν. (Flynn and Segil, 1970).


### 3.4. Θερμοκρασία Επίδρασης (Effective Temperature, E.T.).

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους υπολογισμού του θερμικού περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία επίδρασης (E.T.). Λαμβάνει υπ' όψιν της την από κοινού επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της υγρασίας για την επίτευξη της άνεσης.

Γραμμές σταθερής θερμοκρασίας επίδρασης, μπορούν να παρασταθούν στο ψυχομετρικό χάρτη παρουσιάζοντας γραφικά τις συνθήκες άνεσης. (Υποθέτουμε ότι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας και η ταχύτητα του αέρα είναι σταθερές).





 **Επιθυμητός ζώνης θερμότητας, ταχύτητας και υγρασίας**

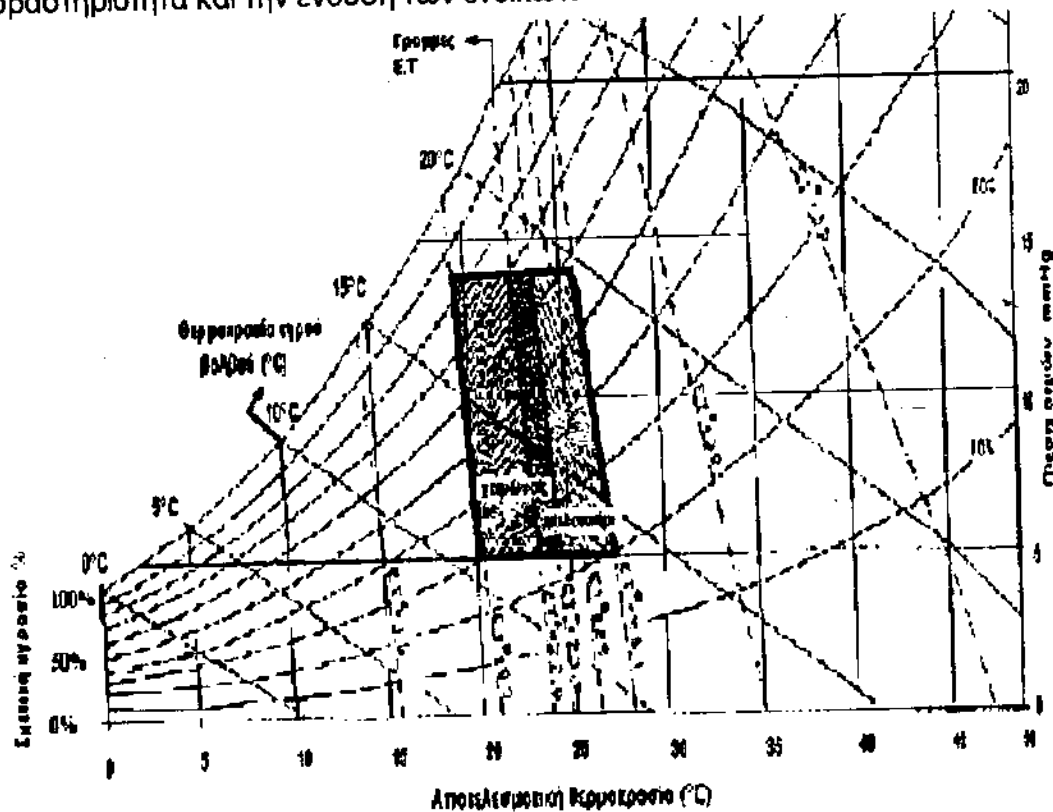
**Σχήμα 3.6:** Γραμμές σταθερής θερμοκρασίας επίδρασης (ET) στον ψυχομετρικό χάρτη. Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας και η ταχύτητα του αέρα είναι σταθερές. (Πηγή: ASHRAE, 1989).

Παρατηρούμε ότι η κάθε ευθεία θερμοκρασίας επίδρασης, έχει κατεύθυνση από κάτω δεξιά προς τα πάνω αριστερά και τέμνει την ευθεία που απεικονίζει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού στο μέσον της αντίστοιχης ευθείας της υγρασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι καθώς η υγρασία αυξάνεται, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειώνεται (για την πλειοψηφία τουλάχιστον των ανθρώπων). Επίσης παρατηρούμε ότι στις χαμηλές θερμοκρασίες οι ευθείες της θερμοκρασίας επίδρασης είναι σχεδόν κάθετες, επειδή σε χαμηλές θερμοκρασίες η υγρασία έχει σχετικά χαμηλή επίδραση στην άνεση. Καθώς όμως η θερμοκρασία αυξάνεται, η επίδραση της υγρασίας στην άνεση είναι μεγαλύτερη και οι γραμμές θερμοκρασίας επίδρασης παίρνουν μεγαλύτερη κλίση.

Αυτό αντικατοπτρίζει τη φυσιολογική αντίδραση του σώματος να εξαρτάται βαθμιαία από την εξάτμιση για να χάσει θερμότητα καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

### 3.5. Ζώνες Άνεσης.

Οι δείκτες ή κλίμακες θερμικής άνεσης αξιολογούν και προσδιορίζουν τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον, με βάση τις μετρήσεις θερμοκρασιών ξηρού και υγρού θερμομέτρου και την ταχύτητα κίνησης του αέρα. Για τον καθορισμό των μέγιστων και ελάχιστων ορίων της θερμικής άνεσης, μιά και θεσμοθετημένοι κανονισμοί δεν υπάρχουν, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετικές υποδείξεις ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, τη δραστηριότητα και την ένδυση των ενοίκων.



Σχήμα 3.7: Χειμερινή και θερινή ζώνη άνεσης. (Πηγή: ASHRAE, 1981).

$22.8^{\circ}\text{C} < \text{E.T.} < 26.1^{\circ}\text{C}$  για το καλοκαίρι

$20.0^{\circ}\text{C} < \text{E.T.} < 23.9^{\circ}\text{C}$  για το χειμώνα.

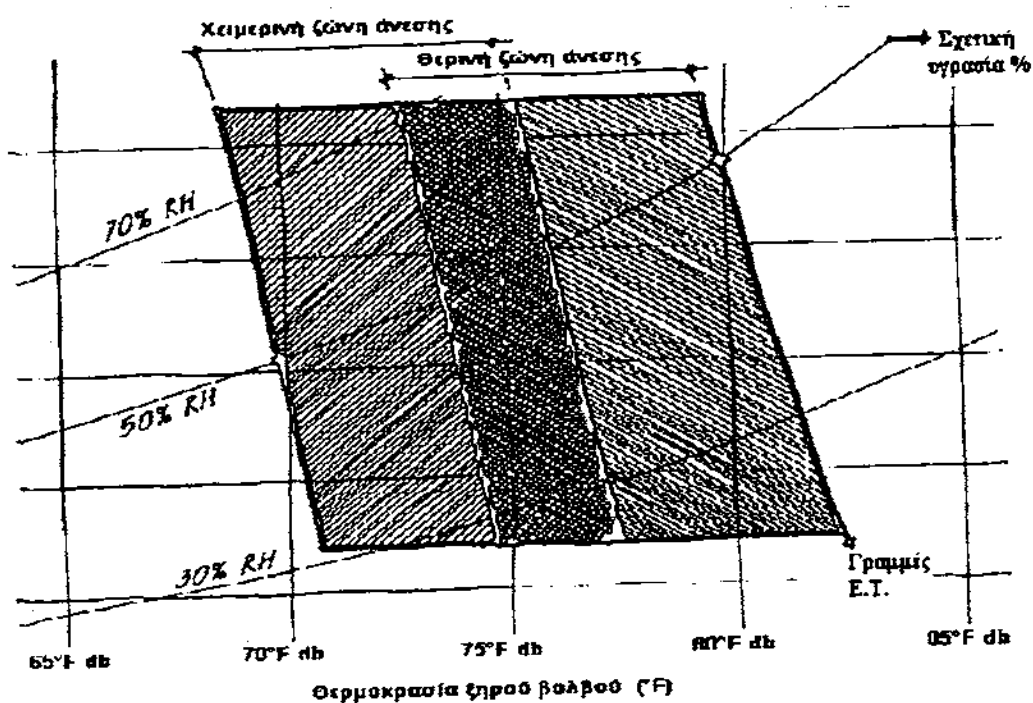
Οι ζώνες άνεσης προορίζονται να παρέχουν το αποδεκτά θερμικό περιβάλλον για τους ανθρώπους που φορούν τυπική ενδυμασία και η δραστηριότητά τους είναι στατική.

Το αποδεκτά θερμικό περιβάλλον είναι εκείνο το περιβάλλον στο οποίο τουλάχιστον το 80% των ατόμων που βρίσκονται μέσα σ' αυτό, αισθάνεται θερμικά ουδέτερο. [14]

Στο παρακάτω σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι χειμερινές και θερινές συνθήκες απεικονίζοντας την επίδραση του διαφορετικού τρόπου ένδυσης σε εσωτερικούς χώρους (ανοιχτόχρωμα ρούχα και κοντομάνικα μπλουζάκια το καλοκαίρι, ενώ σκουρόχρωμα και μακρυμάνικες μπλούζες το χειμώνα).

Καθώς η άνεση εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων, όπως είναι η ταχύτητα του αέρα, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Μ.Θ.Α.), η δραστηριότητα και η ένδυση, όλες οι ζώνες άνεσης οριοθετούνται από ένα ανώτατο όριο υγρασίας της τάξεως των 0,012 μονάδων g/kg (επίπεδο στο οποίο η μούχλα γίνεται πρόβλημα) και ένα χαμηλότερο όριο υγρασίας της τάξης των 0,0043 μονάδων g/kg (επίπεδο στο οποίο η αναπνευστική δυσλειτουργία όπως ο βήχας και η καταρροή οφείλονται στην ξηρότητα του αέρα).

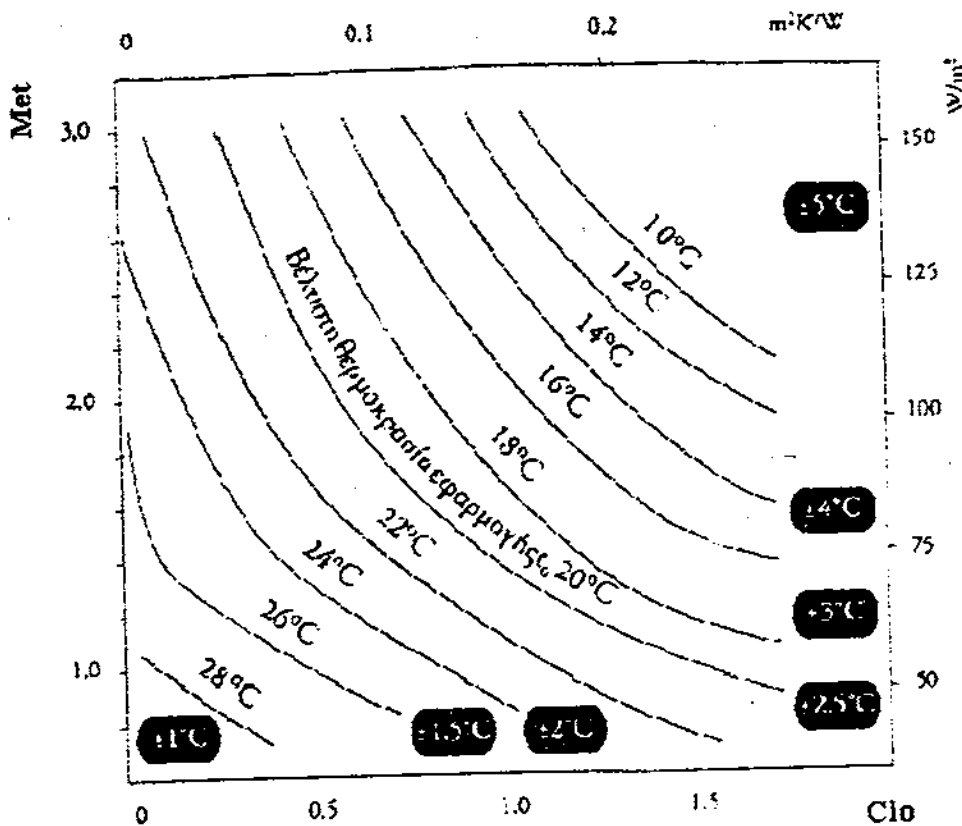
Τα όρια αυτά καθορίζονται από τις γραμμές θερμοκρασίας επίδρασης Ε.Τ. (η θερμοκρασία του περιβάλλοντος συμβάλλει στην επίδραση της υγρασίας στην άνεση). [13]



**Σχήμα 3.8 :** Χειμερινές και θερινές ζώνες άνεσης, για ελαφριά δραστηριότητα με τυπικά εποχιακά ντυσίματα (το χειμώνα 0,9 Clo, ενώ το καλοκαίρι 0,5 Clo), με ελάχιστη ταχύτητα του αέρα (λιγότερο από 0,15 m/s το χειμώνα και 0,25 m/s το καλοκαίρι) όπου η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα και η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας είναι σταθερές. (ASHRAE, 1981).

Το παρακάτω σχήμα 3.9 δείχνει τη βέλτιστη θερμοκρασία εφαρμογής για διάφορους τύπους δραστηριότητας και ένδυσης. <sup>(13)</sup>[15]

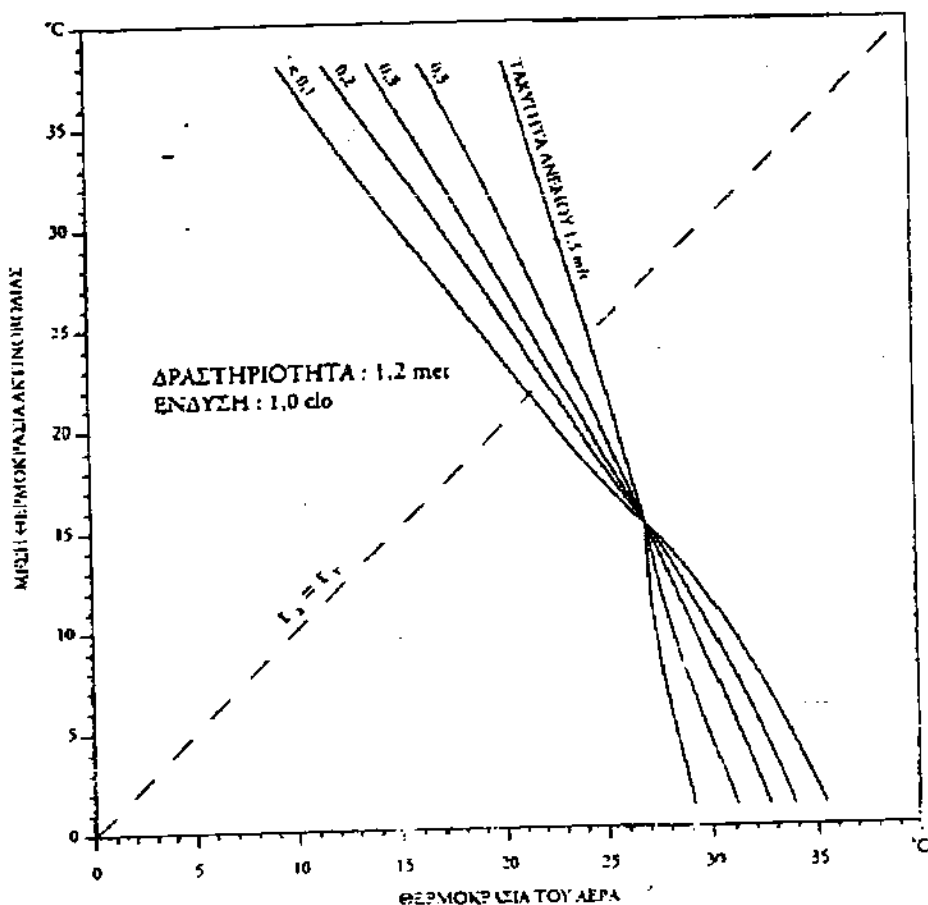
Το χειμώνα, για παράδειγμα, μια κοινή κατάσταση που συνιστάται σε κτίρια, γραφεία κ.τ.λ., είναι αυτή κατά την οποία ένα άτομο κάνει βασικά καθιστικές εργασίες (1.2 Met) και έχει στάθμη ένδυσης 1 Clo.



Σχήμα 3.9: Η βέλτιστη θερμοκρασία εφαρμογής ως συνάρτηση της δραστηριότητας και της ένδυσης. Οι σκιασμένες ή ασκίαστες ζώνες δείχνουν τις περιοχές άνεσης ( $\pm \Delta t$ ) γύρω από τη βέλτιστη θερμοκρασία, στις οποίες το 80% και παραπάνω των ενοίκων αναμένεται να βρει τις θερμικές συνθήκες παραδεκτές (η σχετική υγρασία είναι 50%).

Από το σχήμα 3.9 μπορεί να φανεί ότι η θερμοκρασία που απαιτείται για αυτή την κατάσταση είναι  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Για καθιστικές εργασίες με τυπικές θερινές συνθήκες και ελαφριά ένδυση (0.5 Clo), η θερμοκρασία εφαρμογής είναι  $24.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ .

Το διάγραμμα άνεσης που φαίνεται στο σχήμα 3.10 παρέχει διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας του αέρα και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας που δίνουν τις βέλτιστες συνθήκες. [16]



**Σχήμα 3.10:** Διάγραμμα άνεσης (θερμοκρασία του αέρα προς μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας με τη σχετική ταχύτητα του αέρα ως παραμέτρου) για άτομα που έχουν ένδυση 1.0 Clo σε δραστηριότητα 1.2 Met (η σχετική υγρασία είναι 50%).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέση θερμοκρασίας ακτινοβολίας σε ένα παθητικό ηλιακό κτίριο μπορεί περιστασιακά να είναι πιο ψηλή απ' ότι σε ένα όμοιο συμβατικό κτίριο. Έτσι τα παθητικά ηλιακά κτίρια μπορεί να χρειάζονται χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα για να είναι άνετα.

Ο τρόπος υπολογισμού της θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βολβού, είναι ο εξής:

Η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα, είναι εκείνη η θερμοκρασία που μετράται με τα συνήθη θερμόμετρα. Κατά τη μέτρηση αυτή πρέπει ο "βολβός" του θερμομέτρου (δεξαμενή υδραργύρου στα υδραργυρικά θερμόμετρα ή γενικά το σημείο λήψης της θερμοκρασίας που έρχεται σε επαφή με τον αέρα σε άλλου είδους θερμόμετρα) να

είναι ξηρός, δηλαδή απαλλαγμένος από την υγρασία, διαφορετικά η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι εσφαλμένη και οπωσδήποτε χαμηλότερη από την κανονική θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα.

Επίσης, πρέπει ο "βολβός" να μην είναι εκτεθειμένος σε ακτινοβολίες, γιατί θα προκύψει θερμοκρασία μεγαλύτερη της κανονικής.

Από την άλλη, η θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα, μετράται πάλι με συνήθη θερμομέτρα, στα οποία όμως ο βολβός έχει περιβληθεί με γάζα εμποτισμένη σε καθαρό νερό ώστε να τον διατηρεί υγρό και είναι εντελώς εκτεθειμένο στον αέρα, και ανεξάρτητο από την υγρασία.

Κατά τη μέτρηση αυτή δημιουργούνται συνθήκες ταχείας εξάτμισης του νερού, είτε εμψυώνοντας αέρα στη γάζα με ανεμιστήρα, είτε περιστρέφοντας το θερμομέτρο υγρού βολβού μέσα στον αέρα.

Λόγω της εξάτμισης του νερού, αρχίζει να κατεβαίνει η θερμοκρασία του θερμομέτρου και όταν φτάσει στην τελική ισορροπία σταθεροποιείται η ένδειξη, οπότε και λαμβάνεται σαν θερμοκρασία υγρού βολβού (αντιστοιχεί στη χαμηλότερη ένδειξη).

### 3.6. Δείκτες Θερμικής Άνεσης.

**3.6.1. Δείκτες μέσης ψήφου PMV (Predicted Mean Vote) και εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people) που προβλέπονται.**

Η ποσοτική συσχέτιση μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού συναισθήματος ενός ατόμου, έχει επιχειρηθεί από πολλούς. Ο πλέον επικρατέστερος τρόπος είναι αυτός που βασίζεται στη θεωρία του **PMV (Predicted Mean Vote)**, και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων **PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people)**.

Το **PMV** είναι μια σύνθετη μαθηματική σχέση, μεταξύ των επιπέδων:

- δραστηριότητας,
- ρουχισμού και

τεσσάρων Περιβαλλοντικών Παραμέτρων:

- Της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος,
- Της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας,
- Της ταχύτητας του αέρα και
- Της σχετικής υγρασίας.

Ο προσδιορισμός του **PMV** έγινε με την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων που προέκυψε από μια σειρά πειραμάτων, με ανθρώπους κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, που δήλωναν τα επίπεδα άνεσης που αισθανόντουσαν. Αυτή η μέθοδος υπολογισμού της θερμικής άνεσης, από το 1984 αποτελεί Διεθνές Πρότυπο (ISO-7730) και Ευρωπαϊκό Πρότυπο (EN 27730, Moderate thermal environments-Determination of the **PMV** and **PPD** indices and specification of the conditions for thermal comfort [ISO 1984]), για χώρους με μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. [17]

Σε σχέση με τη θερμική άνεση, υπάρχουν ακόμη το Διεθνές Πρότυπο ISO 9920 (Ergonomics of the thermal environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble) και το ISO 8996 (Ergonomics-Determination of metabolic heat production). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνεται επίσης στο νέο κανονισμό που ετοιμάζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τους ενεργειακούς υπολογισμούς και πιστοποίηση των κτιρίων (prENV 1752 – Ventilation for buildings, Design criteria for the indoor environment). Το νέο αυτό πρότυπο βρίσκεται στο στάδιο της αξιολόγησης από τις εθνικές επιτροπές, δεν έχει περάσει δηλαδή ακόμα σε επίσημη ισχύ.

Μελέτες που έχουν γίνει από τον Rohles και Nevins (1971) και τον Rohles (1973) πάνω σε 1600 άτομα, αποκάλυψαν τη στατιστική σχέση ανάμεσα στο επίπεδο άνεσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, φύλου, και τη διάρκεια έκθεσης. Οι εξισώσεις αυτής της μελέτης για την πρόγνωση της θερμικής αίσθησης (Y) από τη θερμοκρασία του αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση των υδρατμών, για άνδρες και γυναίκες καθώς και συνδυασμού ανδρών και γυναικών, σε διαφορετικές περιόδους έκθεσης, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Η κλίμακα θερμικής αίσθησης που χρησιμοποιείται σε αυτές τις εξισώσεις και αναφέρεται ως κλίμακα θερμικής αίσθησης ASHARE είναι ίδια με την κλίμακα **PMV**.

Περίοδος έκθεσης (h)	Φύλο	Εξισώσεις μεταβολής
1.0	Ανδρας	$Y=0.220t+0.233P-5.673$
	Γυναίκα	$Y=0.272t+0.248P-7.245$
	Συνδυασμό ς	$Y=0.245t+0.248P-6.475$
2.0	Ανδρας	$Y=0.221t+0.270P-6.024$
	Γυναίκα	$Y=0.283t+0.210P-7.694$
	Συνδυασμό ς	$Y=0.252t+0.240P-6.859$
3.0	Ανδρας	$Y=0.212t+0.293P-5.949$
	Γυναίκα	$Y=0.275t+0.255P-8.622$
	Συνδυασμό ς	$Y=0.243t+0.278P-6.802$

Πίνακας 3.1: Πρόγνωση της θερμικής αίσθησης (Y) συναρτήσει της θερμοκρασίας του αέρα και της ατμοσφαιρικής πίεσης των υδρατμών, για άνδρες και γυναίκες καθώς και συνδυασμού ανδρών και γυναικών, σε διαφορετικές περιόδους έκθεσης.

Όπου:

t: θερμοκρασία ξηρού βολβού [ $^{\circ}\text{C}$ ]

P: πίεση των ατμών [kPa]

Y: τιμές της κλίμακας θερμικής αίσθησης ASHARE.

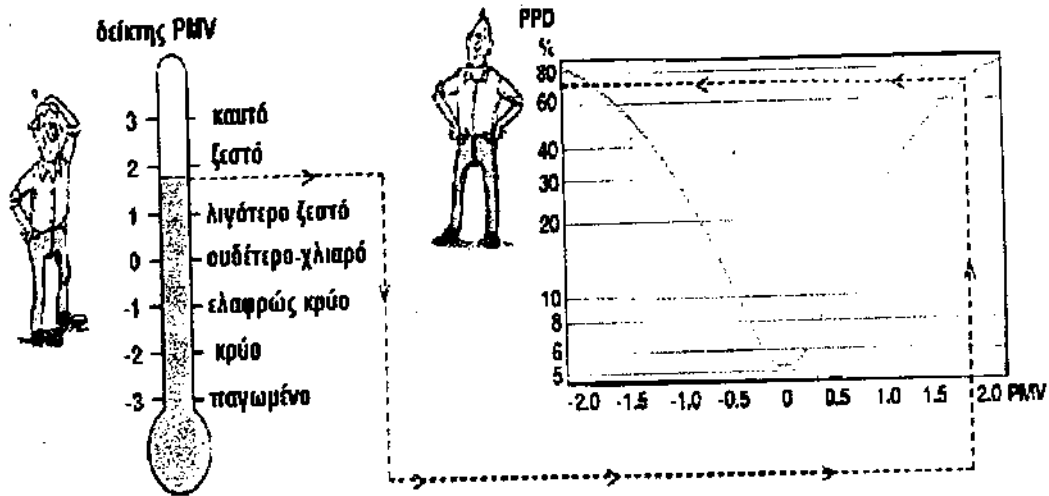
(Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνδυασμός αφορά νέους ενήλικους με καθιστική δραστηριότητα και ρουχισμό με θερμική αντίσταση περίπου 0.5 Clo, Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας  $t_r = t_a$  Μέση Θερμοκρασία Περιβάλλοντος, και ταχύτητα του αέρα < 0.2 m/s).

Η κλίμακα **PMV** είναι επταβάθμια από το -3 (πολύ θερμό) ως το +3 (πολύ κρύο) όπου το 0 αναπαριστά τη θερμική ουδετερότητα και είναι το σημείο θερμικής άνεσης για την πλειοψηφία των ανθρώπων. Ακόμα κι' όταν ο δείκτης **PMV** είναι μηδέν, θα υπάρχουν ορισμένα άτομα που θα είναι δυσαρεστημένα με το επίπεδο θερμοκρασίας, παρά το γεγονός



ότι όλοι είναι παρόμοια ντυμένοι και έχουν το ίδιο επίπεδο δραστηριότητας. Η εκτίμηση της άνεσης διαφέρει λίγο από άτομο σε άτομο.

Για να προβλέψουμε το ποσοστό δυσαρέσκειας των ατόμων σ' ένα δεδομένο θερμικό περιβάλλον, έχει συσταθεί ο δείκτης **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied P.O. Fanger 1972). Στο δείκτη αυτό, τα άτομα που ανήκουν στις κατηγορίες -3,-2,+2,+3 στην κλίμακα **PMV**, θεωρούνται δυσαρεστημένα από το θερμικό τους περιβάλλον.[11]



Σχήμα 3.11: Γραφική απεικόνιση της σχέσης ανάμεσα στους δείκτες PMV και PPD.

Παρατηρούμε επίσης, ότι η καμπύλη που δείχνει τη σχέση ανάμεσα στο **PMV** και το **PPD**, δεν πέφτει ποτέ κάτω από το 5% των δυσαρεστημένων ατόμων.

Οι παράμετροι **PMV** και **PPD** πρωτοπαρουσιάστηκαν και ορίστηκαν εμπειρικά από τον P.O. Fanger στην δεκαετία του '70. Από τότε έχουν εδραιωθεί και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στον υπολογισμό της θερμικής άνεσης. Έχουν παρατηρηθεί όμως αποκλίσεις, σημαντικές μερικές φορές, μεταξύ αυτών των προβλέψεων και δεδομένων από πραγματικές καταγραφές [Humphreys 1976].

Παράλληλα έχουν γίνει διάφορες άλλες προσπάθειες για την δημιουργία πιο ευέλικτων μοντέλων [Humphreys and Nicol 1970, Nicol and Humphreys 1972], σε μια προσπάθεια να συμπεριλάβουν σε ένα θεωρητικό μοντέλο το γεγονός ότι οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής στις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος.

Στην πραγματικότητα δηλαδή, ο βασικός λόγος που προκαλεί την δυσαρέσκεια είναι οι ξαφνικές μη-αναμενόμενες αλλαγές στην θερμοκρασία και στις άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες [Humphreys 1992, Nicol 1992].

### 3.6.2. Θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης.

Εκτός όμως από το PMV και το PPD, υπάρχουν και μερικά άλλα θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης. Αυτά είναι τα εξής:[18]

- **ET\*DISC**

Το **ET\*DISC** χρησιμοποιεί κι αυτό ένα μοντέλο θερμικού ισοζυγίου για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης. Ωστόσο, το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπ' όψιν και το χρόνο και δε μένει σταθερό όπως το PMV.

Το ET\* χρησιμοποιείται για την Νέα Θερμοκρασία Επίδρασης όπου η 'Θερμοκρασία Επίδρασης' είναι ένας δείκτης θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται για την ακτινοβολούμενη και λανθάνουσα μεταφορά της θερμότητας (Αναλυτικότερα, στην παράγραφο 2.3). Το ET\* μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το «Μοντέλο 2 μεταβλητών». Το μοντέλο αυτό προσδιορίζει τη θερμική ροή ανάμεσα στο περιβάλλον, την επιφάνεια του δέρματος και τις εσωτερικές περιοχές του σώματος ανά λεπτό.

Ξεκινώντας από μια αρχική υπόθεση της χρονικής στιγμής μηδέν, ( $t=0$ ) το μοντέλο μεταβάλλεται μέχρι να επιτευχθεί η ισορροπία (60 λεπτά είναι ένας καλός μέσος χρόνος). Η τελική Μέση Θερμοκρασία του δέρματος και της υγρασίας του, τότε σχετίζονται με την 'Θερμοκρασία Επίδρασης'.

Ο δείκτης **DISC** προβλέπει τη θερμική δυσφορία χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία του δέρματος και την υγρασία του.

Το παραπάνω «Μοντέλο 2 μεταβλητών» συστάθηκε το 1970 ειδικά για τον προσδιορισμό μιας νέας κλίμακας αποτελεσματικής θερμοκρασίας.

Σκοπός ήταν ο προσδιορισμός συγκεκριμένων συνδυασμών φυσιολογικών συνθηκών οι οποίοι θα παράγουν ισοδύναμο φυσιολογικό φορτίο.

Στηριζόμενοι στα δεδομένα που έχουμε από πειράματα σε συνθήκες δωματίου, βγάλαμε το συμπέρασμα ότι αν και η θερμοκρασία του δέρματος είναι μια καλή ένδειξη της θερμικής άνεσης σε κρύα

περιβάλλοντα, ωστόσο η υγρασία του δέρματος είναι ένας ακόμα καλύτερος δείκτης στα θερμά περιβάλλοντα όπου παρατηρείται εφίδρωση, επειδή οι αλλαγές στη θερμοκρασία του δέρματος είναι σχετικά μικρές.

Το μοντέλο αυτό αναπαριστά το ανθρώπινο σώμα ως δύο ομόκεντρους κυλίνδρους, έναν κύλινδρο που αναπαριστά το εσωτερικό του σώματος και έναν άλλο εξωτερικό που αναπαριστά την επιφάνεια του δέρματος και τον περιβάλλει. Τα ρούχα και ο ιδρώτας υποθέτουμε ότι κατανέμονται εξίσου στην επιφάνεια του σώματος.

Τη χρονική στιγμή «μηδέν» ο κύλινδρος εκτίθεται σ' ένα φυσιολογικά ομοιόμορφο περιβάλλον και το μοντέλο προσομοιώνει ανά λεπτό το θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπου. Αφού περάσει το προσδιορισμένο χρονικό διάστημα, η τελική θερμοκρασία της επιφάνειας και η υγρασία της επιφάνειας του δέρματος, χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουμε το  $ET^*$ ,  $SET^*$  και άλλους δείκτες. Το  $ET^*$  είναι η θερμοκρασία ενός περιβάλλοντος με 50% σχετική υγρασία όπου ένα άτομο έχει τις ίδιες απώλειες θερμότητας με το πραγματικό περιβάλλον.

#### • $SET^*$

Ο δείκτης  $SET^*$  αριθμητικά αναπαριστά το θερμικό φορτίο από τον κύλινδρο και σχετίζεται μ' ένα «πρότυπο» άτομο που ζει σ' ένα «πρότυπο» περιβάλλον. Ο δείκτης  $SET^*$  έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει τις συγκρίσεις θερμότητας ανάμεσα σε διαφορετικά περιβάλλοντα με οποιοδήποτε συνδυασμό φυσικών μεταβλητών, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί την ύπαρξη «πρότυπων» ατόμων.

Βασιζόμενοι σε εργαστηριακές μελέτες πάνω σε διάφορα αντικείμενα, σχηματίστηκαν συναρτήσεις ανάμεσα σε δύο δείκτες άνεσης, τη θερμοκρασία του δέρματος και την υγρασία του. Αυτές οι συναρτήσεις και οι δύο γραμμικές, χρησιμοποιούνται στο «Μοντέλο 2 μεταβλητών» για να υπολογίσουν το ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθεται στις ίδιες με τον κύλινδρο συνθήκες.

#### • $TSENS, DISC$

Ο δείκτης  $TSENS$ , που είναι και ο πρώτος δείκτης υπολογίζει το ποσοστό του πληθυσμού σε μια επταβάθμια κλίμακα θερμικής άνεσης. Το  $DISC$ , ο δεύτερος δείκτης υπολογίζει το ποσοστό σε κλίμακα θερμικής δυσφορίας:

## DISC:

- Ανυπόφορο
- Πολύ δυσάρεστο
- Δυσάρεστο
- Ελαφρώς δυσάρεστο
- Άνετο

Αυτό το «**Μοντέλο 2 μεταβλητών**» έχει υποστεί πολλές αλλαγές και μετατροπές. Στις τελευταίες του μεταβολές, ένας νέος δείκτης θερμοκρασίας ανακαλύφθηκε, ο γνωστός μας PMV ο οποίος ενσωματώνει τον παράγοντα "υγρασία του δέρματος" στην εξίσωση PMV χρησιμοποιώντας τον δείκτη SET\* ή τον δείκτη ET\* για να προσδιορίσουν τις συνθήκες περιβάλλοντος.

### 3.6.3 Εμπειρικά μοντέλα θερμικής άνεσης.

Εκτός από τα μοντέλα θερμικής άνεσης που περιγράφηκαν παραπάνω, υπάρχουν και άλλα ακόμη θεωρητικά μοντέλα, τα οποία είναι εμπειρικά αλλά και υπολογίζονται. Μερικά εμπειρικά μοντέλα που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό κτιρίων και/ή στην περιβαλλοντική μηχανική, περιγράφονται στη συνέχεια.

- **PD (Predicted percent dissatisfied due to draft)**

PD ή το «% ποσοστό δυσαρεστημένων που οφείλονται στα ρεύματα αέρα» είναι μια προσαρμογή σε δεδομένα από άτομα τα οποία εκφράζουν τη θερμική δυσφορία που οφείλεται στα αέρια ρεύματα. Οι μεταβλητές στο PD είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητά του και η έντασή του. PS είναι μια προσαρμογή σε δεδομένα άνετων ατόμων και χρησιμοποιεί επίπεδα ταχύτητας του αέρα. Οι μεταβλητές στο PS είναι η ενεργή θερμοκρασία και η ταχύτητα του αέρα.

Ο δείκτης TS χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα δεδομένα της θερμικής αίσθησης ως μια γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της μερικής πίεσης των ατμών.

Η εξίσωση PD είναι η εξής:

$$\begin{aligned} PD = & 3.413(34 - T_a)(v - 0.05)^{0.622} + \\ & + 0.369 \times v \times T_a \times (34 - T_a)(v - 0.05)^{0.622} \end{aligned} \quad (3.1)$$

όπου:

$T_u$  είναι η περιβαλλοντική τύρβη σε ποσοστό %. Η τιμή μηδέν (0%) αναπαριστά τη στρωτή ροή και 100% σημαίνει ότι η τυπική απόκλιση της ταχύτητας του αέρα μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ίδια με τη μέση ταχύτητα του αέρα.

$V$  είναι η ταχύτητα του αέρα (σε m/s) και

$T_a$  είναι η θερμοκρασία του αέρα (σε °C).

Η εξίσωση PD προκύπτει από δύο μελέτες στις οποίες 100 άνθρωποι εκτέθηκαν σε ποικίλους συνδυασμούς θερμοκρασίας αέρα, ταχύτητάς του και περιβαλλοντικής τύρβης. Για κάθε έναν συνδυασμό συνθηκών, τα άτομα ρωτήθηκαν αν αισθάνονταν το ρεύμα αέρα.

Το PD αναπαριστά το % ποσοστό των ατόμων που αισθάνθηκαν το αέρινο ρεύμα για τις συγκεκριμένες συνθήκες στις οποίες δοκιμάστηκαν.

#### • PS

Η εξίσωση PS υπολογίζει την ταχύτητα του αέρα η οποία θα επιλεγεί από ένα άτομο που εκτίθεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία όταν αυτό το άτομο έχει τη δυνατότητα επιλογής της ταχύτητας του αέρα.

Η εξίσωση αυτή του PS είναι:

$$PS = 1.13\sqrt{T_{op}} - 0.24 \times T_{op} + 2.7\sqrt{V} - 0.99 \times V \quad (3.2)$$

όπου:

$T_{op}$  είναι η ενεργή θερμοκρασία (σε °C) και

$V$  είναι η ταχύτητα του αέρα (σε m/s).

Η εξίσωση PS προκύπτει από μια μελέτη στην οποία ζητήθηκε από 50 άτομα να προσδιορίσουν την ταχύτητα του αέρα ώστε να αισθάνονται άνετα όταν εκτεθούν σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία.

#### • TS

Η εξίσωση TS, υπολογίζει το ποσοστό της θερμικής άνεσης χρησιμοποιώντας γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της μερικής πίεσης των ατμών.

Η εξίσωση TS είναι η εξής:

$$TS = 0.245T_a + 0.248p - 6.475 \quad (3.3)$$

όπου:

$T_a$  είναι η θερμοκρασία του αέρα (σε °C) και

$p$  η μερική πίεση των ατμών (σε KPa).

Η εξίσωση TS προκύπτει από μια μελέτη παρόμοια με αυτή των PMV-PPD που περιγράφηκε παραπάνω.

### 3.6.4 Μοντέλα προσομοίωσης.

Τα μοντέλα προσομοίωσης λαμβάνουν υπόψιν τους τις διαφορές θερμοκρασίας σ' έναν εξωτερικό χώρο για ορισμένες θερμικές προτιμήσεις εσωτερικού χώρου [19]. Τα μοντέλα αυτά είναι τα εξής:

- **Auliciems**

Είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης που αναπτύχθηκε από τον Auliciems και προσαρμόζει τα δεδομένα αισθήσεων που βασίζονται σε έρευνες για τη θερμική άνεση που έγιναν στην Αυστραλία και πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα κλίματα. [19]

Η εξίσωση Auliciems είναι η εξής:

$$T_n = 9.22 + 0.48T_a + 0.14T_{mmo} \text{ σε } (^\circ\text{C}) \quad (3.4)$$

- **Humphreys**

Η εξίσωση Humphreys χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει δεδομένα ελεγχόμενων και μη συνθηκών δόμησης.[20]

$$T_n = 23.9 + \frac{0.295(T_{mmo} - 22)}{e^{-\left[\frac{(T_{mmo} - 22)}{24\sqrt{2}}\right]^2}} \text{ σε } (^\circ\text{C}) \quad (3.5)$$

Τόσο για το μοντέλο του Auliciems όσο και γι' αυτό του Humphreys ισχύουν:

$T_n$  είναι η ουδέτερη θερμοκρασία (°C),

$T_a$  είναι η θερμοκρασία του αέρα (°C) και

$T_{mmo}$  είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού χώρου (°C).

Ωστόσο, ο πλέον επικρατέστερος τρόπος υπολογισμού του επιπέδου θερμικής άνεσης (ISO 7730 και EN 27730) είναι αυτός που βασίζεται στη θεωρία του **PMV (Predicted Mean Vote)**, και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων **PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people)**.

### 3.7. Υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης **PMV (Predicted Mean Vote)** και **PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people)**

#### 3.7.1. Υπολογισμός **P.M.V. (Predicted Mean Vote)**

Το **PMV** σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO-7730 και το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 27730, υπολογίζεται ως εξής:[17]

$$\text{PMV} = [0.303 \exp(-0.036M) + 0.028] \times L \quad (3.6)$$

Όπου:

**M**: Ρυθμός μεταβολισμού, δηλ. ο ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο με αερόβιες και αναερόβιες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του σώματος. Το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται κατά το μεταβολισμό, εξαρτάται από το μέγεθος της μυϊκής δραστηριότητας. Οι τιμές του ρυθμού μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, βρίσκονται συγκεντρωμένες σε πίνακα του παραρτήματος.

Ακόμα όμως και όταν ένα άτομο αναπαύεται, το μόνο έργο που εκτελεί ο οργανισμός του είναι η διατήρηση της κυκλοφορίας του αίματος, η αναπνοή και όλες οι άλλες εσωτερικές λειτουργίες του σώματος που απαιτούν ενέργεια (περίπου 20 kcal/h). Όμως, με τη θερμική απόδοση του σώματος (περίπου 20%) σε κάθε kcal ωφέλιμου έργου αντιστοιχούν 4 kcal οι οποίες πρέπει να αποβληθούν. Όλη δηλαδή η ενέργεια που καταναλώνεται για να υπερνικηθούν οι εσωτερικές τριβές του κυκλοφοριακού συστήματος, των μυών και των ιστών για τη διατήρηση της αναπνοής, μετατρέπεται τελικά σε θερμότητα που πρέπει να αποβληθεί στο περιβάλλον.

Η φυσιολογική διαδικασία που παίρνει μέρος στην έκλυση αυτής της θερμότητας, είναι ο μεταβολισμός.

Εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι τέτοιες που να εμποδίζουν το σώμα να αποβάλλει θερμότητα, τότε αυτή θα

αποθηκευτεί στους ιστούς του σώματος και θα προκαλέσει την ύψωση της θερμοκρασίας του. Αν υποθέσουμε ότι ο ρυθμός μεταβολισμού ενός ατόμου παραμένει σταθερός, ενώ το σώμα του εμποδίζεται, επί μια ώρα να αποβάλλει θερμότητα, το άτομο τότε θα παρουσιάσει πυρετό με αύξηση της θερμοκρασίας του σχεδόν κατά 1,5 °C.

Είναι λοιπόν πολύ σπουδαίο να διαθέτει το σώμα αποτελεσματικά μέσα για να μπορεί να αποβάλλει το ποσό της θερμότητας που πρέπει, ώστε να παραμένει σταθερή η εσωτερική θερμοκρασία του, ακόμα και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα πολύ ψυχρό ή θερμό περιβάλλον με υψηλά ποσοστά υγρασίας. Η ανάγκη για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία στο σώμα, εξασφαλίζεται από το **θερμορυθμιστικό σύστημα**, λειτουργία του οποίου περιγράφηκε νωρίτερα.

Κατά κανόνα ο μεταβολισμός μετράται σε Met (1 Met=58.15 W/m<sup>2</sup> επιφάνειας σώματος). Ο μεταβολισμός μας βρίσκεται σε κατώτερα επίπεδα όταν κοιμόμαστε και σε ανώτερα όταν ασκούμεστε.

Σε πίνακα του παραρτήματος βρίσκονται συγκεντρωμένες οι τιμές του ρυθμού μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, σε W/m<sup>2</sup> και Met.

**L**: το θερμικό φορτίο του σώματος, ορισμένο σαν τη διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική παραγωγή θερμότητας και τις απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον, για έναν άνθρωπο που υποθετικά διατηρείται σε θερμοκρασία δέρματος  $t_{sk}$  και  $E_{rsw}$  (απώλειες εξαιτίας του ρυθμιστικού ιδρώματος). Τότε, το ρυθμιστικό φορτίο **L**, είναι η διαφορά ανάμεσα στο αριστερό και το δεξιό μέλος της παρακάτω εξίσωσης, όπου συνδυάζονται περιβαλλοντικές και ατομικές μεταβλητές που δημιουργούν θερμική άνεση, όταν υπολογίζονται σε πραγματικές συνθήκες περιβάλλοντος και δραστηριότητας.

$$\begin{aligned}
 M - W &= 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \\
 &+ f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \\
 &+ 3.05 [5.73 - 0.007(M - W) - p_a] \\
 &+ 0.042 [(M - W) - 58.15] \\
 &+ 0.0173M(5.87 - p_a) \\
 &+ 0.0014M(34 - t_a)
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$



Στις παραπάνω εξισώσεις :

**W:** ωφέλιμη μηχανική ισχύς. [ $W/m^2$ ].

Το σώμα μας είναι μια θερμική μηχανή που καταναλώνει σαν καύσιμα την τροφή και το οξυγόνο και μετατρέπει την ενέργεια σε έργο και θερμότητα. Η απόδοσή της είναι περίπου 20% και πρέπει να θεωρηθεί σαν εκπληκτικά υψηλή, αν λάβουμε υπόψιν μας τις πολύ μικρές περιοχές θερμοκρασιών μέσα στις οποίες εργάζεται.











Το εξωτερικό μηχανικό έργο  $W$  μπορεί, ως επί το πλείστον, να εξισωθεί περίπου με το μηδέν, ( $W=0.2 \cdot W/m^2$ ) για πολλές δραστηριότητες του ανθρώπου. Αυτό σημαίνει ότι δεν εκτελείται σημαντικό εξωτερικό μηχανικό έργο, όπως π.χ. όταν το άτομο αναπαύεται, ξυρίζεται, πλένεται ή όταν περπατά σε δρόμο χωρίς ανηφόρα.

Πολύ σημαντική είναι και η συμβολή του ρουχισμού στην απόκτηση της θερμικής άνεσης, αφού τα ρούχα μειώνουν τις απώλειες θερμότητας του σώματος. Έτσι η ένδυση κατηγοριοποιείται ανάλογα με την ικανότητά της να εμποδίζει τις απώλειες θερμότητας (θερμομόνωση ενδυμασίας).

Αυτή η αντίσταση που παρουσιάζουν τα ενδύματα στην μεταβίβαση της θερμότητας από την επιφάνεια του δέρματος στην εξωτερική τους επιφάνεια, εξαρτάται από τις θερμικές ιδιότητες του υφάσματος, τη διαπερατότητά του από τον αέρα και την υγρασία.

Η μονάδα που χρησιμοποιείται συνήθως για να μετρήσουμε την ικανότητα θερμομόνωσης της ενδυμασίας, είναι η Clo, η οποία είναι συντελεστής που περιλαμβάνει την διαβίβαση θερμότητας με μεταφορά και ακτινοβολία, αλλά συχνά συναντάμε και τη μονάδα  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ . ( $1 \text{ Clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$ ).

Η Clo κλίμακα, σχεδιάστηκε έτσι ώστε για ένα γυμνό άτομο η τιμή του Clo να είναι μηδέν (0,0) ενώ για ένα άλλο άτομο που φορά ένα κλασικό κουστούμι εργασίας η τιμή του να είναι ένα (1,0). Οι τιμές του Clo εκτείνονται από (0,0) έως την τιμή (4,0) για αρκτική ενδυμασία. Οι τιμές τόσο της θερμικής αντίστασης όσο και της αγωγιμότητας για διάφορα είδη ντυσίματος, βρίσκονται συγκεντρωμένες σε πίνακα του παραρτήματος.

	0.19		0.28
+			
	0.04		0.25
+			
	0.11		0.04
+			
	0.02		0.25
+			
	0.02		0.05
	<u>0.02</u>		<u>0.04</u>
	0.38		0.91

**Σχήμα 3.12 :** Η τιμή του Clo μπορεί να υπολογιστεί εάν γνωρίζουμε τις τιμές Clo για κάθε ρούχο καθώς και την ένδυση των ανθρώπων, απλώς προσθέτοντας όλες τις Clo τιμές μαζί, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε παραπάνω. ( $I_{cl} = \sum I_{clu}$ )

Ο υπολογισμός της τιμής Clo συνήθως είναι αρκετά ακριβής, ωστόσο κατά τον υπολογισμό της είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα καλύμματα των καθισμάτων, των αυτοκινήτων και των κρεβατιών, μειώνουν κι' αυτά τις απώλειες θερμότητας του σώματος, κι' έτσι πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στο συνολικό υπολογισμό, πράγμα που είναι δύσκολο και επίπονο.

$t_{cl}$ : Θερμοκρασία Επιφάνειας Ρουχισμού, δηλαδή η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος. Αυτή, υπολογίζεται με την επαναληπτική μέθοδο των Newton - Raphsom, σε ( $^{\circ}\text{C}$ ) από τις παρακάτω σχέσεις: [11]

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times e \times s \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (3.8)$$

ή σε συνδυασμό με την Αποτελεσματική Θερμοκρασία ( $t_o$ ):

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times e \times s \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_o + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_o) \quad (3.9)$$

ή σε συνδυασμό με την Ισοδύναμη Θερμοκρασία ( $t_{eq}$ ):

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times \epsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{eq} + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_{c,eq} \times (t_{cl} - t_{eq}) \quad (3.10)$$

$$\text{όπου: } \epsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} = 39.6 \times 10^{-9} \quad (3.12)$$

$f_{cl}$ : Συντελεστής επιφάνειας ρουχισμού, δηλαδή η αναλογία μεταξύ της επιφάνειας του ντυμένου σώματος και της επιφάνειας του γυμνού. Ο συντελεστής  $f_{cl}$  προσδιορίζει την αύξηση που παίρνει η επιφάνεια του γυμνού σώματος όταν ντυθεί. [12]

$$f_{cl} = \frac{\text{επιφάνεια του ντυμένου σώματος}}{\text{επιφάνεια του γυμνού σώματος}}$$

Η αύξηση αυτή είναι περίπου 15% ανά  $clo$  ενδυματικής μονώσεως. Έτσι το  $f_{cl}$  για είδος ενδύσεως 1  $clo$  είναι 1,15.

$$f_{cl} = 1.00 + 1.29 \times I_{cl} \text{ για } I_{cl} < 0,078 \quad [m^2 \times ^\circ C/W] \quad (3.13)$$

ή

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 \times I_{cl} \text{ για } I_{cl} \geq 0.078 \quad [m^2 \times ^\circ C/W], \quad (3.14)$$

όπου  $I_{cl}$  είναι η θερμομόνωση των ενδυμάτων. Είναι ο μέσος όρος που συμπεριλαμβάνει ακόμα και ακάλυπτα μέρη του σώματος. [ $m^2 \times ^\circ C/W$ ].

Οι τιμές τόσο του  $f_{cl}$ , όσο και του αντίστοιχου  $I_{cl}$ , για διάφορα είδη ντυσίματος βρίσκονται συγκεντρωμένες σε πίνακα του παραρτήματος.

Προκειμένου να διατηρεί το σώμα σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία του, κάτω από συνθήκες σταθερού μεταβολισμού, είναι απαραίτητη η ύπαρξη της θερμικής ισορροπίας, δηλαδή η θερμότητα που παράγεται μέσα στο σώμα να είναι ίση με αυτή που αποβάλλεται απ' αυτό οπότε η θερμότητα που αποταμιεύεται είναι μηδέν. Η αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας είναι η σπουδαιότερη απαίτηση για την ύπαρξη συνθηκών θερμικής άνεσης.

Αυτή η ισορροπία ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το φυσικό περιβάλλον εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Μεταβολισμός} - \text{εξάτμιση} \pm \text{αγωγή} \pm \text{μεταφορά} \pm \text{ακτινοβολία} = 0$$

Όταν το αλγεβρικό άθροισμα των παραπάνω παραγόντων ισούται με το μηδέν, τότε υπάρχει θερμική ισορροπία και συνεπώς συνθήκες θερμικής άνεσης. Εάν το άθροισμα προκύπτει διάφορο του μηδενός η θερμική ισορροπία αυτορυθμίζεται.

Όταν είναι μικρότερη του μηδενός (αρνητικό) η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται ώστε να περιοριστούν οι απώλειες (το αίσθημα της ανατριχίλας) και η ρύθμιση γίνεται μέσω του κυκλοφοριακού. Όταν το άθροισμα είναι θετικό τότε αρχίζει η διαδικασία αποβολής θερμότητας από το σώμα μέσω της εφίδρωσης. [21]

Η σχέση αυτή ανάμεσα στην θερμότητα που παράγεται και αυτή που αποβάλλεται, εκφράζεται μαθηματικά με το ενεργειακό ισοζύγιο, ως εξής:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}). \quad (3.15)$$

Όπου:

**M** : Ρυθμός μεταβολισμού παραγωγής θερμότητας. ( $W/m^2$ )

**W** : Ωφέλιμη μηχανική ισχύς-εξωτερική εργασία. ( $W/m^2$ )

**Q<sub>res</sub>** : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω αναπνοής. ( $W/m^2$ )

**Q<sub>sk</sub>** : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας από το δέρμα. ( $W/m^2$ )

**C<sub>res</sub>**: Ρυθμός απωλειών θερμότητας από μεταγωγή λόγω της αναπνοής. ( $W/m^2$ )

**E<sub>res</sub>** : Ρυθμός απωλειών θερμότητας εξαέρωσης λόγω αναπνοής. ( $W/m^2$ )

**C+R** : Συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το σώμα. ( $W/m^2$ )

**E<sub>sk</sub>** : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω εξαέρωσης από το δέρμα. ( $W/m^2$ ).

Όταν ένα άτομο βρίσκεται για μακρύ χρονικό διάστημα σε σταθερό θερμικό περιβάλλον και ο ρυθμός μεταβολισμού του είναι επίσης σταθερός, τότε η παραγόμενη θερμότητα στο σώμα είναι ίση με την αποβαλλόμενη, δηλαδή υπάρχει θερμική ισορροπία και δεν

αποθηκεύεται στο σώμα καμία ποσότητα θερμότητας. Ο βασικός μεταβολισμός είναι περίπου  $35 \text{ kcal/m}^2 \times \text{h}$  και το βασικό ποσό ενέργειας που χρειάζεται για να διατηρείται στη ζωή ο άνθρωπος είναι περίπου  $135 \text{ kcal/h}$ .

Οι σχέσεις στις εξισώσεις του θερμικού ισοζυγίου έχουν μονάδες ενέργειας ανά μονάδες επιφάνειας ( $\text{W/m}^2$ ) και αναφέρονται στην επιφάνεια περιοχής του γυμνού σώματος.

Τα πιο χρήσιμα κριτήρια της επιφάνειας περιοχής του γυμνού σώματος, αρχικά προτάθηκαν από τον DuBois (1916) όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα αναλυτικά.

Ωστόσο, ένας διορθωτικός συντελεστής  $f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}}$  (3.16) πρέπει

να εφαρμοστεί στη σχέση μετάδοσης θερμότητας από το δέρμα (C: συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το σώμα σε  $\text{W/m}^2$ , R: θερμομόνωση σε  $\text{m}^2 \times \text{K/W}$ ,  $E_{sk}$ : συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το δέρμα και  $A_{Du}$ : η Περιοχή Επιφάνειας DuBois [ $\text{m}^2$ ]) στον υπολογισμό της ακριβούς Περιοχής Επιφάνειας του ντυμένου σώματος  $A_{cl}$ .

Αυτός ο συντελεστής βρίσκεται σε πίνακα του παραρτήματος για διάφορα είδη ρουχισμού. Όλες οι σχέσεις στις βασικές εξισώσεις του θερμικού ισοζυγίου, είναι εκφρασμένοι ανά μονάδα Περιοχής Επιφάνειας DuBois. [23]

$t_r$  : Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας.

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας των τοιχωμάτων ενός χώρου έχει μεγάλη επίδραση στις απώλειες θερμότητας του σώματος, επομένως και στην αίσθηση της θερμικής άνεσης.

Αναφορικά με ένα άτομο που έχει ορισμένο ντύσιμο, ορισμένη θέση του σώματός του και βρίσκεται σε ορισμένο σημείο ενός χώρου, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας ορίζεται σαν η ομοιόμορφη θερμοκρασία "μέλανος" περιβάλλοντος, το οποίο δίνει τις ίδιες απώλειες με ακτινοβολία από το σώμα μ' αυτές που δίνει και ο πραγματικός χώρος.

Με άλλα λόγια λοιπόν, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας είναι μια μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο.

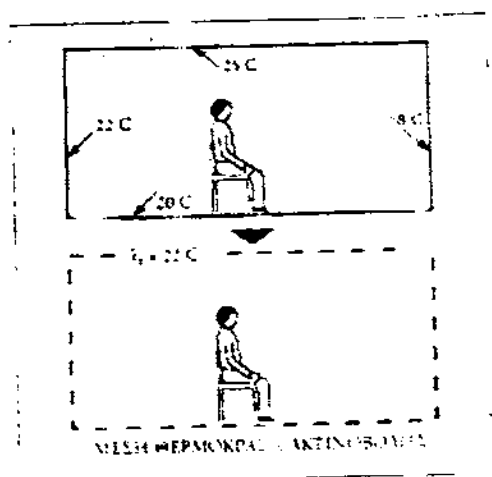
Περιλαμβάνει το φαινόμενο της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται και έχει σημαντική επίπτωση στην ανθρώπινη άνεση ως θερμοκρασία του αέρα.

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας αναφέρεται σε άτομο που η θέση του σώματός του παίζει κάποιο ρόλο, επειδή άλλη είναι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας του ατόμου που είναι όρθιο και άλλη του καθιστού. Η τοποθέτησή του επίσης μέσα στο χώρο πρέπει να είναι γνωστή, γιατί η Μ.Θ.Α. μπορεί συχνά να διαφέρει από σημείο σε σημείο του χώρου.

Από τον ορισμό συμπεραίνουμε ότι ο ακριβής προσδιορισμός της Μ.Θ.Α. ενός χώρου είναι πολύ δύσκολος. Εάν σ' ένα χώρο όλες οι επιφάνειες είχαν την ίδια, ομοιόμορφη θερμοκρασία, τότε η θερμοκρασία αυτή θα ήταν η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας του ( $t_r$ ).

Τέτοιες όμως συνθήκες σχεδόν δεν υπάρχουν, γιατί σ' ένα χώρο άλλες από τις επιφάνειές του είναι εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες, άλλες γειτονεύουν με χώρους που θερμαίνονται ή με χώρους που δεν θερμαίνονται.

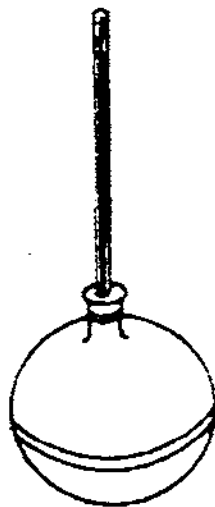
Η πραγματική θερμοκρασία μιας επιφάνειας είναι συνάρτηση του είδους της κατασκευής, του προσανατολισμού της και του πόσο αυτή είναι εκτεθειμένη ή όχι. Εξαρτάται ακόμη από τον συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας και από το αν δέχεται ακτινοβολία από άλλες θερμές επιφάνειες.



Σχήμα 3.13: Η έννοια της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας.

Για την απευθείας μέτρηση της Μ.Θ.Α. επινοήθηκαν πολλά όργανα, αλλά σαν πιο απλό όμως επικράτησε το σφαιρικό θερμόμετρο.

Αποτελείται από μια σφαίρα διαμέτρου 15,2 cm, απαλειμμένη με μαύρο χρώμα και έχει συντελεστή εκπομπής σχεδόν τη μονάδα, στο κέντρο της σφαίρας είναι τοποθετημένος ο βολβός υδραργυρικού θερμομέτρου, το οποίο μετρά τη μέση θερμοκρασία της σφαίρας. Η μεγάλη διάμετρος της σφαίρας δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια, γιατί ο συντελεστής μεταβιβάσεως θερμότητας μέσω μεταφοράς είναι πολύ χαμηλός και η θερμότητα μέσω ακτινοβολίας που υπεισέρχεται μεγάλη.



Σχήμα 3.13: Σφαιρικό θερμόμετρο.

Από τη θερμοκρασία του σφαιρικού θερμομέτρου, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα υπολογίζεται η Μ.Θ.Α. με τον τύπο:

$$\bar{t}_r = 1 + 2.22\sqrt{v}(t_g - t_a) + t_a. \quad (3.17)$$

Όπου:

$v$  είναι η ταχύτητα του αέρα σε m/sec,

$t_a$  η θερμοκρασία του περιβάλλοντος [ $^{\circ}\text{C}$ ] και

$t_g$  η θερμοκρασία του σφαιρικού θερμομέτρου [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Ωστόσο, για τους υπολογισμούς μας, θέτουμε τη Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας  $2^{\circ}\text{C}$  πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Μαθηματικά, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί επίσης να υπολογιστεί από τις θερμοκρασίες των τριγύρω τοίχων και επιφανειών καθώς και τις σχέσεις τους σε σχέση πάντα με τη θέση του ατόμου μέσα στο δωμάτιο. Τα περισσότερα υλικά κατασκευής κτιρίων έχουν έναν υψηλό συντελεστή εκπομπής ακτινοβολίας  $\epsilon$  ενώ όλες οι επιφάνειες στο δωμάτιο υποθέτουμε ότι είναι μαύρες.

Στην περίπτωση αυτή, για τον υπολογισμό της Μ.Θ.Α. χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση:

$$\overline{T_r}^4 = T_1^4 F_{P-1} + T_2^4 F_{P-2} + \dots + T_N^4 F_{P-N} \quad (3.18)$$

όπου:

$$\overline{T_r} = \text{Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας. [K]}$$

$$T_N = \text{Θερμοκρασία Επιφάνειας ,της επιφάνειας N. [K].}$$

$F_{P-N}$  = Γωνιακός συντελεστής, ανάμεσα στον άνθρωπο και την επιφάνεια N.

Όσο το άθροισμα των γωνιακών συντελεστών συγκλίνει, η Μ.Θ.Α. υψωμένη στην τετάρτη δύναμη ισούται με το γινόμενο της μέσης τιμής των θερμοκρασιών των τριγύρω επιφανειών υψωμένες επίσης στην τετάρτη δύναμη με το γωνιακό συντελεστή ανάμεσα στον άνθρωπο και την επιφάνεια.

Ο γωνιακός συντελεστής κανονικά εξαρτάται από τη θέση και τον προσανατολισμό του ατόμου μέσα στο χώρο (Fanger 1982).

Για σχετικά μικρές διαφορές θερμοκρασιών μεταξύ των επιφανειών, η παραπάνω εξίσωση (5.1.12) μπορεί να απλοποιηθεί στην παρακάτω γραμμική μορφή:

$$\overline{t_r} = t_1 F_{P-1} + t_2 F_{P-2} + \dots + t_N F_{P-N} \quad (3.19)$$

Οι τιμές των αποτελεσμάτων που παίρνουμε από την εξίσωση αυτή είναι πάντα ελαφρώς χαμηλότερες από τις τιμές της εξίσωσης (3.19) αλλά σε πολλές περιπτώσεις η διαφορά αυτή είναι αρκετά μικρή.

Εάν για παράδειγμα οι μισές επιφάνειες έχουν θερμοκρασία  $5^\circ\text{C}$  υψηλότερη από τις άλλες μισές, (με γωνιακό συντελεστή  $F_{P-N}=0.5$ ) τότε η διαφορά ανάμεσα στην τιμή της Μ.Θ.Α. που προκύπτουν από τις



εξισώσεις (3.18) και (3.19) είναι μόλις 0.2°C. Εάν αυτή η διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία των επιφανειών ήταν 100°C η Μ.Θ.Α. που υπολογίζεται από τη σχέση (3.19) θα είναι 10°C περίπου πιο χαμηλή.

Επίσης, η Μ.Θ.Α. μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της  $t_{pr}$  (Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου [°C]) σε έξι κατευθύνσεις (πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά, μπρός και πίσω)

Για έναν άνθρωπο λοιπόν σε μόνιμη θέση, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t_r = \frac{0.08 \times [t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.23 [t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.3 [t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]}{2 \times (0.08 + 0.23 + 0.3)} \quad (3.20)$$

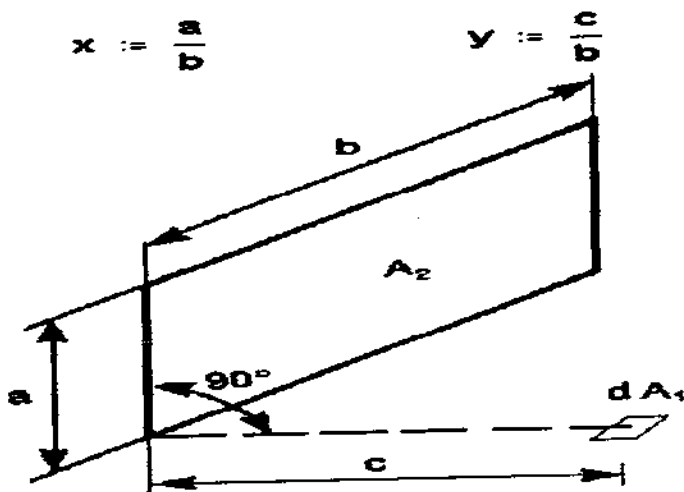
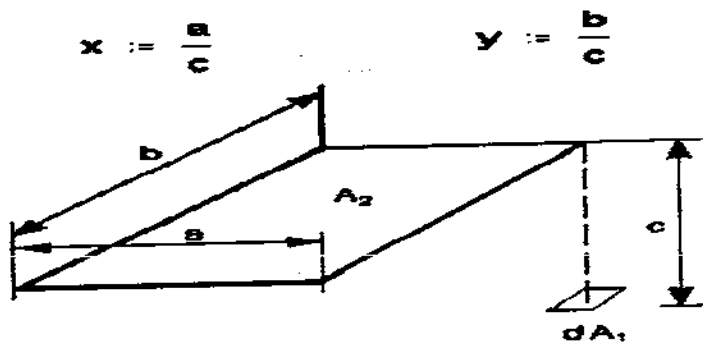
Για έναν άνθρωπο καθισμένο, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t_r = \frac{0.18 [t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.22 [t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.3 [t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]}{2 \times (0.18 + 0.22 + 0.3)} \quad (3.21)$$

όπου :

$t_{pr}$  είναι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου [°C] ,που είναι η ομοιόμορφη θερμοκρασία ενός κλειστού χώρου, στον οποίο η προσπίπτουσα ροή ακτινοβολίας από τη μια πλευρά ενός στοιχείου χώρου, είναι η ίδια με εκείνη του πραγματικού περιβάλλοντος.[23]

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου, περιγράφει τη θερμική ακτινοβολία προς μια κατεύθυνση και έτσι η τιμή της εξαρτάται κάθε φορά από την κατεύθυνση. Αντιθέτως η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας περιγράφει τη θερμική ακτινοβολία για το ανθρώπινο σώμα από όλες τις κατευθύνσεις. Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου μπορεί να υπολογιστεί από τις εξισώσεις (3.18) και (3.19) με τα ίδια όρια. Ο συντελεστής επιφάνειας καθορίζεται από την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 3.14 : Αναλυτική μέθοδος για τον υπολογισμό του γωνιακού συντελεστή ενός μικρού επίπεδου στοιχείου.

$$t_{pr} = \sqrt[4]{\sum_n F_{pl-i} (t_i + 273)^4} - 273 \quad (3.22)$$

όπου  $t_i$  είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας no. i. [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$F_{pl-i}$  είναι ο γωνιακός συντελεστής ανάμεσα σ' ένα μικρό επίπεδο και την επιφάνεια i.

$$\sum F_{pl-i} = 1$$

$$F_{pl-2} = \frac{1}{2\pi} \times \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{y}{\sqrt{1+x^2}}\right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{x}{\sqrt{1+y^2}}\right) \right]$$

$$F_{pl-3} = \frac{1}{2\pi} \times \left[ \tan^{-1}\left(\frac{1}{y}\right) - \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \right] \quad (3.23)$$

Τέλος,

$P_A$  : Πίεση των υδρατμών [mmHg].

$$P_A = P_S \times H \times 0.0133 \text{ [mmHg]} \quad (3.24)$$

όπου:  $P_S$ : η πίεση κεκορεσμένων υδρατμών, και

$H$  : η σχετική υγρασία (%).

### 3.7.2. Υπολογισμός εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων ατόμων (PPD) που προβλέπονται (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Όπως έχει αναφερθεί, προκειμένου να καταφέρουμε να προβλέψουμε το ποσοστό δυσαρέσκειας των ατόμων σ' ένα δεδομένο θερμικό περιβάλλον, έχει συσταθεί ο δείκτης **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied). Με άλλα λόγια λοιπόν, ο δείκτης PPD είναι το εκτιμώμενο ποσοστό των δυσαρεστημένων ανθρώπων από το θερμικό τους περιβάλλον, για κάθε PMV. Καθώς το PMV απομακρύνεται από το μηδέν, είτε προς θετικές, είτε προς αρνητικές τιμές, το PPD αυξάνει.

Στο δείκτη αυτό, τα άτομα που ανήκουν στις κατηγορίες -3, -2, +2, +3 στην κλίμακα **PMV**, θεωρούνται δυσαρεστημένα από το θερμικό τους περιβάλλον.

Με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από διάφορα πειράματα που έγιναν από τον [Fanger 1970], προσδιορίστηκε η παρακάτω εξίσωση για τον υπολογισμό του PPD (%). Η δυσαρέσκεια ορίζεται σαν την περίπτωση όπου το άτομο δεν δηλώνει ότι αισθάνεται ούτε λίγο δροσερά, λίγο ζεστά ή ουδέτερα, δηλαδή δεν ισχύει όταν  $-1 \leq PMV \leq +1$ . [23]

#### Εξίσωση Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD):

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2)} \quad (3.25)$$

**Στόχος μας πρέπει να είναι η ικανοποίηση της πλειοψηφίας των ατόμων μέσα σ' ένα χώρο. Τιμές που κυμαίνονται μεταξύ  $0,5 \leq PMV \leq 0,5$  και  $PPD \leq 10\%$ , θεωρούνται ικανοποιητικές.**

Η ακρίβεια του μοντέλου καθορίζεται από τα δεδομένα που θα εισάγουμε στη σχέση του PMV. Το ότι δεν μπορούμε πολλές φορές, δικαιολογημένα άλλωστε να προσδιορίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τις διάφορες παραμέτρους, και σαν αποτέλεσμα η ακρίβεια των υπολογισμών είναι μικρή, δεν θα πρέπει να αποδίδεται εξ' ολοκλήρου στο μοντέλο. Εάν είχαμε την δυνατότητα να δώσουμε όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται με μεγάλη ακρίβεια, τότε οι προβλέψεις μας θα ήταν ακόμα καλύτερες.

Οι υπολογισμοί του PMV και PPD μπορούν να γίνουν αρκετά εύκολα, προγραμματίζοντας τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν πιο πάνω.

Επίσης, ο δείκτης θερμικής άνεσης PMV, μπορεί να καθοριστεί είτε χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα όργανα υπολογισμού, είτε άμεσα από τις γραφικές παραστάσεις των τιμών PMV σε συνάρτηση της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας  $t_e$  (παρέχονται στο παράρτημα για διαφορετική ενδυμασία και δραστηριότητα, με τη σχετική υγρασία διατηρείται σταθερή και ίση με 49).

Ωστόσο, στα διαγράμματα αυτά η συμβολή της υγρασίας στη θερμική αίσθηση είναι μικρή, ειδικότερα στις μέτριες θερμοκρασίες κοντά στην άνεση και επομένως μπορεί συνήθως να παραμεληθεί κατά τον καθορισμό της τιμής του δείκτη PMV.

### ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

#### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός των εγκαταστάσεων θέρμανσης στις οικοδομικές εφαρμογές είναι η δημιουργία συνθηκών τέτοιων ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη και υγιεινή διαμονή των ατόμων στο χώρο αυτό.

Τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να μας εξασφαλίζει ένα σύστημα θέρμανσης είναι τα ακόλουθα :

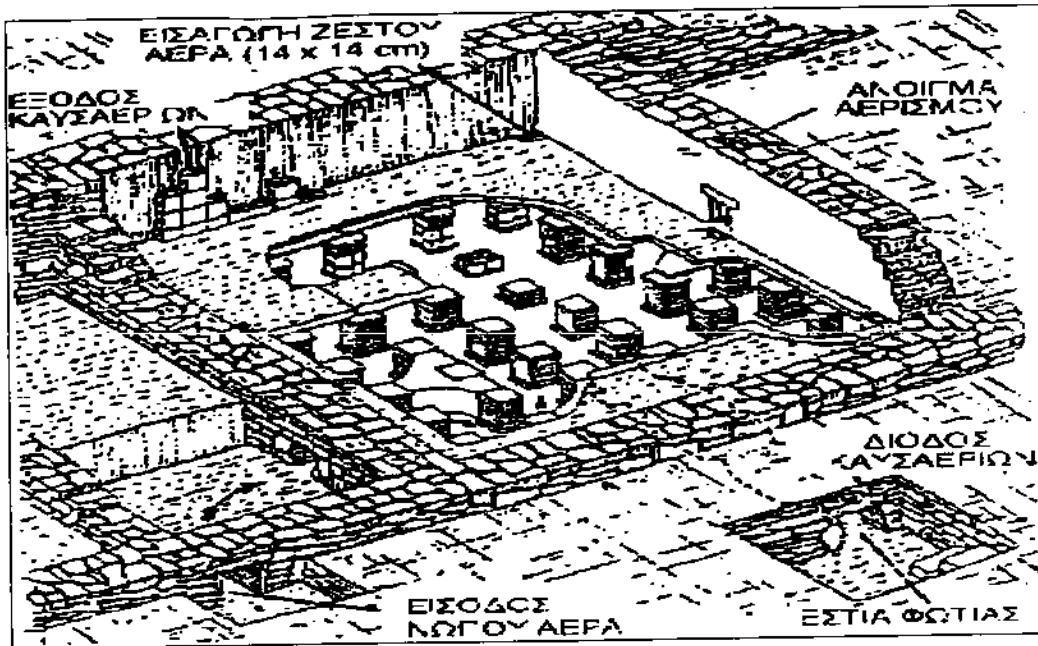
- Ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας
- Να μην επηρεάζει δυσμενώς την καθαριότητα του αέρα στους θερμαινόμενους χώρους
- Να έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Να είναι εύκολη στο χειρισμό της και να μας εξασφαλίζει ακίνδυνη λειτουργία
- Να μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ακόμη και στις πιο δυσμενής συνθήκες

#### 4.1.1. ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Είναι εξαιρετικά παλαιά η σκέψη να θερμανθεί ένας χώρος από το δάπεδο. Σε πολλές κατασκευές αρχαίων πολιτισμών ζεστός αέρας ή νερό διοχετεύονταν με ειδικά κανάλια μέσα με σωληναγωγούς) κάτω από το δάπεδο λουτρών ή άλλων χώρων διαμονής, με στόχο τη θέρμανση. Στις περιπτώσεις αυτές, το δάπεδο του χώρου μετατρέπεται σ' ένα μεγάλο θερμαντικό σώμα .

Οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το σύστημα αυτό ήταν οι αρχαίοι Ρωμαίοι. Με τη βοήθεια φυσικού ελκυσμού, καυσαέρια από την εστία φωτιάς κινούνται πάνω από του διπλού στρώματος δάπεδο και εξέρχεται από την καμινάδα. Νωπός αέρας εισέρχεται μεταξύ των δύο στρώσεων και θερμαίνεται με συνέπεια να ζεσταίνει την μεριά του δαπέδου. Διατρέχοντας διαγώνια τον χώρο εξέρχεται από ειδικό και διαχέεται στον χώρο με συνέπεια να θερμαίνεται ο χώρος

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 76 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ



Σχήμα 4.1 :θέρμανση δαπέδου ρωμαϊκής κατοικίας

Η αρχή αυτή βρίσκεται και σήμερα σημαντική διάδοση και μεγάλος αριθμός κτιρίων θερμαίνεται με τη βοήθεια δικτύων σωληνώσεων ζεστού νερού, το οποίο κυκλοφορεί στο δάπεδο(ή τους τοίχους)[25] .

Στα συστήματα αυτά, το ζεστό νερό θερμοκρασίας 45 διέρχεται μέσω οφιοειδών σωληνώσεων, που επιτυγχάνουν καλή θερμική επαφή με τα δομικά υλικά του δαπέδου το οποίο θερμαίνεται και μετατρέπεται σε θερμαντικό σώμα.

Η θέρμανση δαπέδου βασίζεται στη διαπίστωση ότι οι άνθρωποι βρίσκονται σε συνεχή επαφή με τα δάπεδα και οι θερμαινόμενες ποσότητες αέρα κοντά σ' αυτά, ανερχόμενες, δημιουργούν αίσθημα θερμικής άνεσης. Γι' αυτό οι θερμάνσεις δαπέδου θεωρούνται ιδιαίτερα πλεονεκτικές για χώρους οι οποίοι δεν μπορούν να θερμανθούν ικανοποιητικά με κοινά θερμαντικά σώματα ή θέρμανση οροφής, όπως π.χ. αίθουσες σημαντικού ύψους (εκκλησίες, κινηματοθέατρα, βιοτεχνικοί χώροι κ.ά.)

Η θέρμανση δαπέδου είναι επίσης ιδιαίτερα κατάλληλη για τη θέρμανση μικρών τμημάτων δαπέδου μεγάλων χώρων, όπως π.χ. χώροι που γίνονται τελετές σε εκκλησίες, συγκεκριμένες θέσεις εργασίας ατόμων σε παραγωγικές διεργασίες, εμπορικές και διοικητικές εργασίες κ.ά.

Ακόμη, η θέρμανση δαπέδου προσφέρεται για τη θέρμανση χώρων εκθέσεων, που δεν διαθέτουν μηχανικές εγκαταστάσεις (οι οποίες να

καλύπτουν σημαντική έκταση του δαπέδου) και η παραμονή ατόμων είναι συνήθως σύντομη, σε θαλάμους φυλακών και ψυχιατρείων όπου δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση συνήθων θερμαντικών σωμάτων, σε δημόσια λουτρά και χώρους αθλήσεως, αλλά και σε καταστήματα, γραφεία και κατοικίες στα οποία δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος ή δεν είναι επιθυμητή η τοποθέτηση εμφανών θερμαντικών σωμάτων.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται η θέρμανση δαπέδου και για τη θέρμανση εξόδρων, πεζοδρομίων, δρόμων, αεροδρομίων, γηπέδων κ.λπ. για προστασία από χιόνι ή την διατήρηση ανεκτών συνθηκών κατά τη διάρκεια εκδηλώσεων ή αυξημένης χρήσεως.

Η θέρμανση δαπέδου δεν είναι κατάλληλη για χώρους των οποίων σημαντικό μέρος του δαπέδου καλύπτεται από μετακινούμενα μηχανήματα, έπιπλα ή βαριά καλύμματα. Σε χώρους αποθηκείσεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στους διαδρόμους, όταν οι θέσεις στιβάσις και κυκλοφορίας έχουν μονιμότητα.

Κατασκευαστικά, τα συστήματα θερμάνσεως δαπέδου βασίζονται στην ενσωμάτωση οφιοειδών σωλήνων ("σερπαντίνες") στο σκυρόδεμα, στο υπόστρωμα, σε κανάλια ή διάκενα του δαπέδου.

Η μεγάλη διάδοση της θερμάνσεως δαπέδου τα τελευταία χρόνια συνδέθηκε με:

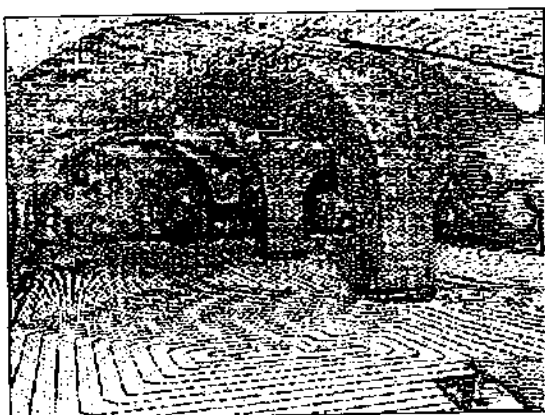
- τη δυνατότητα κατασκευής φθηνών εύκαμπτων σωλήνων όπως και σωλήνων από ειδικό πλαστικό που είναι φθηνότερες, με εύκολη τοποθέτηση και μεγάλη διάρκεια ζωής.
- την καθιέρωση και τη σημαντική συνεχή βελτίωση της θερμομονώσεως. Χωρίς θερμομόνωση ήταν και είναι δύσκολη μια θέρμανση δαπέδου - εξαιτίας του περιορισμού της επιφανειακής θερμοκρασίας και επομένως της ισχύος της - να καλύψει μόνη της τις θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου.
- την καθιέρωση της θερμάνσεως δαπέδου, σαν κλασσικό σύστημα της θερμάνσεως, μια και η μεταξύ 26-32°C μέγιστη θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου αντιστοιχεί σε μια μέγιστη θερμοκρασία εισόδου νερού 45-55°C. Οι θερμοκρασίες αυτές έδωσαν τη δυνατότητα για αξιοποίηση και συνεργασία των λεβήτων χαμηλών θερμοκρασιών, της αντλίας θερμότητας και των ηλιακών συλλεκτών. [25]

## 4.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ REHAU

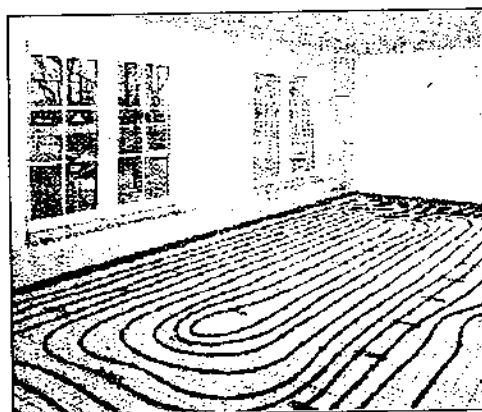
### 4.2.1. ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Τα πεδία χρήσης των συστημάτων της εταιρίας REHAU βρίσκονται στις υπέργειες κατασκευές (κατοικίες, δημόσια κτίρια όπως σχολεία, νηπιαγωγεία, κλειστά γυμναστήρια, εκκλησίες, γηροκομεία, σούπερ-μάρκετ, ξενοδοχεία και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως χώρα αποθήκευσης, χώροι παραγωγής) καθώς και στις υπόγειες κατασκευές (θέρμανση ελεύθερων επιφανειών για την απελευθέρωση από το χιόνι και τον πάγο σε εισόδους γκαράζ, εξωτερικές σκάλες, χώρους στάθμευσης/πάρκινγκ, εξέδρες στάθμευσης, πεδία τροχοδρομήσεως αεροσκαφών, διαδρόμους προσγείωσης και απογείωσης, γέφυρες, γήπεδα).[24]

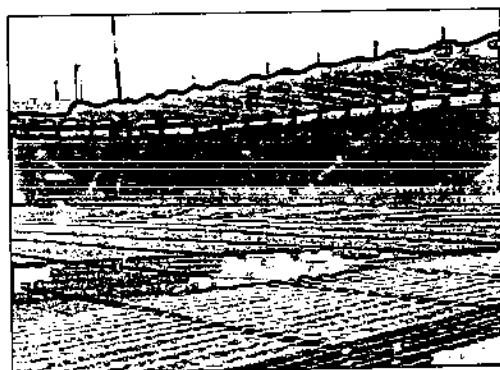
Ορισμένες εφαρμογές της εταιρίας παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν.



Σχήμα 4.2 :Θέρμανση δαπέδου REHAU με πλάκα συστήματος.



Σχήμα 4.3: θέρμανση δαπέδου REHAU σε οικία με πλέγμα στερέωσης



Σχήμα 4.4 : Θέρμανση γηπέδου Leverkusen



Σχήμα 4.5 : Θέρμανση γηπέδου Dortmund



#### 4.2.2. Θερμική θαλπωρή

Ο όρος θαλπωρή ταυτίζεται συνήθως με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για το αίσθημα της θαλπωρής δεν είναι αναγκαία βέβαια μόνο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά και ορισμένοι άλλοι παράγοντες. Ο άνθρωπος είναι σε θέση να προσαρμόζεται μέσα σε όρια σε συνεχείς μεταβολές της κατάστασης της ατμόσφαιρας που τον περιβάλλει, αυτό σημαίνει ότι ο άνθρωπος προσαρμόζει τη θερμική του οικονομία, δηλ. την εσωτερική παραγωγή θερμότητας, στην απόδοση θερμότητας στο περιβάλλον. Μέσα σε αυτά τα όρια υπάρχει όμως μια επονομαζόμενη περιοχή θαλπωρής, στην οποία αισθάνεται κανείς πιο άνετα από οποιαδήποτε άλλη «περιοχή». Σε αυτό το σημείο εννοείται βέβαια η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου οργανισμού σε σχέση με διαφορετικές φυσικές επιδράσεις του περιβάλλοντος.

##### 4.2.2.1. Θερμοκρασία χώρου

Μια και η θαλπωρή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, δεν μπορεί να καθοριστεί μία ιδανική θερμοκρασία ενός χώρου. Πολύ περισσότερο πρέπει να συσχετίζεται η θερμοκρασία πάντοτε με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ένα από φασιστικό ρόλο παίζει εδώ και η ενδυμασία του ανθρώπου. Γι' αυτό το λόγο πρέπει οι θερμοκρασίες του χώρου, που υπολογίζονται χωρίς ακριβή δεδομένα, π.χ. ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών, να αντιμετωπίζονται πάντα κάτω από συγκεκριμένες οριακές προϋποθέσεις σαν μέσος όρος. Σαν ενδεικτικές τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω στοιχεία, που υπάρχουν στις Οδηγίες για τους Χώρους Εργασίας

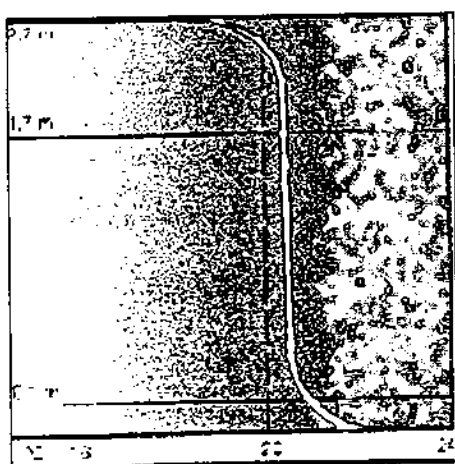
##### Θερμοκρασίες χώρων :

- Καθιστική εργασία 19°C
- Μη καθιστική εργασία 17°C
- Χώρος γραφείου 20°C
- Χώρος πωλήσεων 19°C
- Χώρος για πλύσιμο 24 °C
- Βαριά σωματική εργασία 12°C
- Υπνοδωμάτια 15-18°C

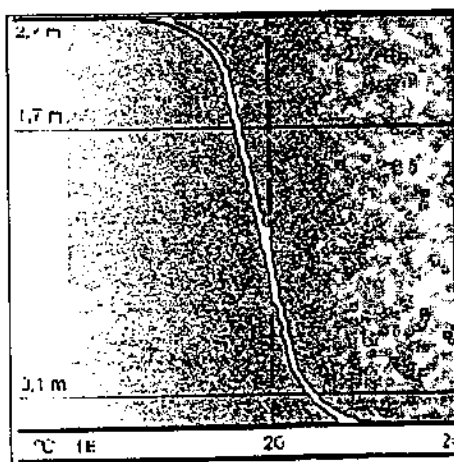
- Η μέγιστη θερμοκρασία ενός χώρου δε θα έπρεπε να υπερβαίνει τους 26<sup>0</sup>C.

#### 4.2.2.2. Κατανομή της θερμοκρασίας

Αποφασιστικό ρόλο όμως δεν παίζει μόνο η θερμοκρασία του χώρου, αλλά πολύ περισσότερο η ομοιομορφία της μέσα στο χώρο. Μία μαρτυρία για την ομοιομορφία της κατανομής της θερμοκρασίας μέσα στο χώρο δίνουν τα λεγόμενα θερμοκρασιακά προφίλ, που μπορούν να υπολογιστούν μέσω μετρήσεων της θερμοκρασίας των χώρων σε συγκεκριμένα οριζόντια ή κάθετα επίπεδα του χώρου. Για τον λόγο αυτό παραθέτουμε τα ακόλουθα σχήματα που γίνεται αντιληπτό το θερμοκρασιακό προφίλ στην δαπεδοθέρμανση.



Σχήμα 4.6 : Προφίλ θέρμανσης δαπέδου



Σχήμα 4.7: Ιδανική κατανομή θέρμανσης

Τα παραπάνω θερμοκρασιακά προφίλ μας δείχνουν τα πλεονέκτημα της δαπεδοθέρμανσης να συμπεριφέρεται σχεδόν ίδια με την ιδεατή θέρμανση.

#### 4.3. Διάταξη θερμοσωλήνων – Τρόποι τοποθέτησης

Στην θέρμανση δαπέδου REHAU με πλέγμα στερέωσης σωλήνων η διάταξη των θερμοσωλήνων μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα σχήματα (τρόπους) τοποθέτησης.

- α) Σε σχήμα μαιάνδρου
- β) Σε σχήμα δακτυλίου ή σαλίγκαρου

Και για τους δύο τρόπους τοποθέτησης ισχύουν:

Όσο μικρότερο είναι το διάστημα μεταξύ των σωλήνων και όσο βαθύτερη είναι η ενσωμάτωση των θερμοσωλήνων στη τσιμεντοκονία, τόσο πιο ομοιόμορφη είναι η επιφανειακή θερμοκρασία του δαπέδου.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμοσωλήνα και της επιφάνειας μεταξύ των σωλήνων. Βασικά οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου μπορούν να καλυφθούν ανεξάρτητα από τον τρόπο τοποθέτησης και έτσι η επιλογή του «σωστού» τρόπου τοποθέτησης εξαρτάται από τις απαιτήσεις. Επειδή μία ουσιαστική λειτουργία στις εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι, όχι μόνο να καλύπτει τις θερμικές ανάγκες, αλλά να δημιουργεί για τον άνθρωπο μία ατμόσφαιρα θαλπωρής, θα έπρεπε να λαμβάνεται υπ' όψη κατά την επιλογή του τρόπου τοποθέτησης, ότι οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου δεν είναι ομοιόμορφες σε όλη την επιφάνεια, αλλά είναι υψηλότερες στην περιοχή των εξωτερικών τοίχων και μειώνονται προς το εσωτερικό του χώρου.

Οι μεγαλύτερες θερμικές ανάγκες στους εξωτερικούς τοίχους ή μπροστά από παράθυρα μπορούν να καλυφθούν μέσω διαμόρφωσης του διαστήματος μεταξύ των σωλήνων: Στην περιοχή των μεγαλύτερων θερμικών αναγκών οι θερμοσωλήνες τοποθετούνται πιο πυκνά από ότι στις υπόλοιπες επιφάνειες. Το DIN 4725 εισήγαγε εδώ για μία ενιαία ρύθμιση της ονοματολογίας τους ορισμούς «**Περιμετρική ζώνη**» και «**Επιφάνεια διαμονής**»

Η διάταξη σωλήνων σε σχήμα σαλίγκαρου δίνει κατά μέσο όρο σχετικά ομοιόμορφες επιφανειακές θερμοκρασίες. Αυτή επιτρέπει μία πολύ καλή προσαρμογή της πυκνότητας τοποθέτησης στις τοπικές θερμικές ανάγκες και πρέπει επίσης να προτιμάται, επειδή εδώ δημιουργούνται τόξα σωλήνων  $90^\circ$  (κατάλληλα για τα πλαστικά), σε σύγκριση με τα τόξα σωλήνων  $180^\circ$  της τοποθέτησης σε σχήμα μαιάνδρου, στην οποία πρέπει οπωσδήποτε να προσεχθεί η επιτρεπόμενη ακτίνα λυγισμού για να αποφευχθεί το δίπλωμα του σωλήνα. Επιπλέον, στην τοποθέτηση σωλήνων σε σχήμα μαιάνδρου οι επιφανειακές θερμοκρασίες κατανέμονται)- πιο ομοιόμορφα, επειδή μέσω των κάθε φορά γειτονικών ψυχρότερων σωλήνων στην περιοχή αυτή υπάρχουν χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες και η ροή θερμότητας γίνεται από τις θερμότερες ζώνες στο σκυρόδεμα προς τις ψυχρότερες.

Κατά τον υπολογισμό των συντελεστών αυτών η επιφανειακή θερμοκρασία του δαπέδου στην περιοχή διαμονής (**ζώνη διαμονής**) μπορεί να διατηρηθεί σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα και να

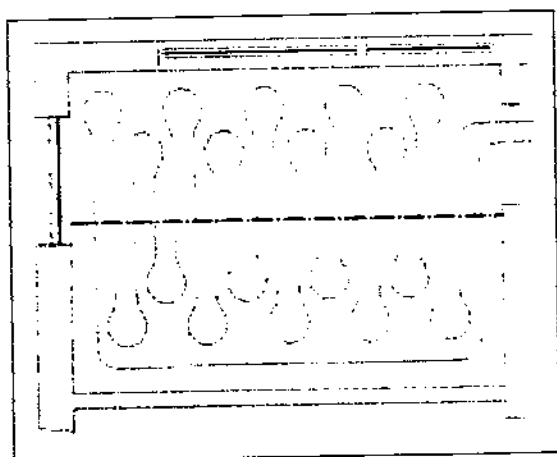
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 82 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

καθοριστεί με τέτοιον τρόπο, ώστε με τις σημερινές συνηθισμένες κτιριακές κατασκευές να μη χρειάζεται σε καμία περίπτωση να ξεπεραστούν τα από άποψη φυσιολογίας επιτρεπόμενα όρια.

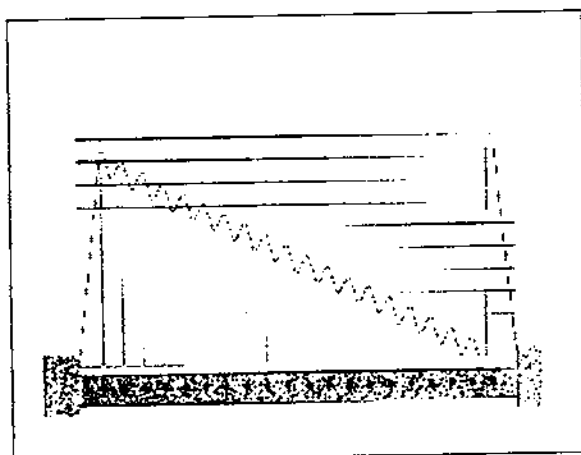
Πολύ περισσότερο είναι δυνατόν, με σχετικά υψηλή απόδοση της θέρμανσης δαπέδου REHAU, να σχεδιαστεί το σύστημα κατανομής θερμότητας με τους θερμοσωλήνες RAUTHERM με τέτοιον τρόπο, ώστε να απαιτούνται πολύ χαμηλές θερμοκρασίες θερμού νερού, είναι δηλαδή δυνατόν να γίνει μελέτη και κατασκευή προσανατολισμένα στις μελλοντικές συνθήκες.

Η θέρμανση δαπέδου REHAU δίνει με ιδανικό τρόπο την δυνατότητα για την πραγματοποίηση των συλλογισμών αυτών και των τεχνολογικών απαιτήσεων με την κατασκευή των λεγομένων κυκλωμάτων θέρμανσης, δηλαδή μέσα σε ένα κύκλωμα θέρμανσης τοποθετούνται οι σωλήνες ανάλογα με τις ειδικές θερμικές ανάγκες σε διαφορετικό διαστήματα:

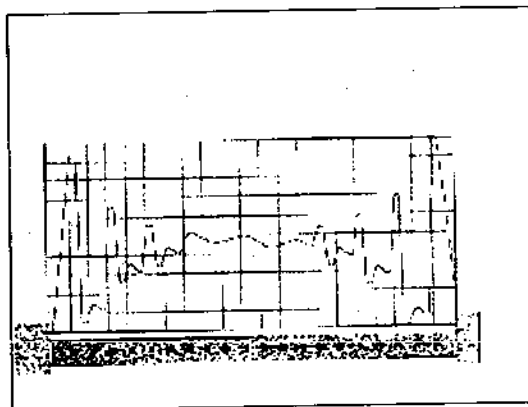
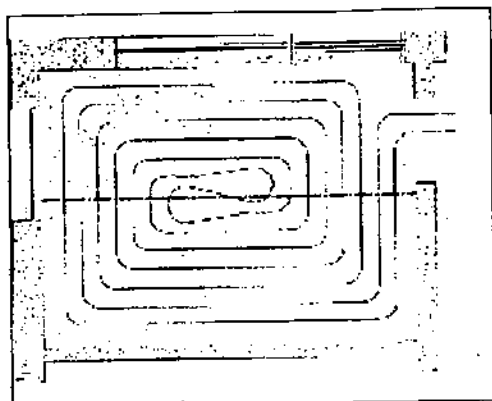
**πυκνότερα στις περιμετρικές ζώνες και πιο αραιό στην περιοχή διαμονής (επιφάνεια διαμονής).**



**Σχήμα 4.8 :** Σχηματική διάταξη συστήματος τοποθέτησης μαιάνδρου



**Σχήμα 4.9:** Προφίλ επιφανειακής θερμοκρασίας για σύστημα τοποθέτησης μαιάνδρου



**Σχήμα 4.10 :** Σχηματική διάταξη συστήματος τοποθέτησης σαλιγκαρού

**Σχήμα 4.11 :** Προφίλ επιφανειακής θερμοκρασίας για σύστημα τοποθέτησης σαλιγκαρού

### 4.3 Υδραυλικές συνδέσεις/Σχέδιο εγκατάστασης

Συχνά παρατηρείται το φαινόμενο ότι εκτός από μία θέρμανση δαπέδου πρέπει να τοποθετηθούν και άλλες διατάξεις, όπως θερμαντικά σώματα, κονβεκτέρ κ.λπ.. Αντίστοιχα ποικίλες είναι και οι υδραυλικές συνδέσεις και ο μελετητής βρίσκεται πολύ συχνά αντιμέτωπος με το πρόβλημα να βρει την καλύτερη ρύθμιση με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος.

Η ευρύτερα γνωστή ρύθμιση ανάμιξης δεν είναι συνήθως κατάλληλη για μία θέρμανση δαπέδου. Εξαιτίας των μεγάλων διαφορών των παροχών καθώς και των θερμοκρασιών μεταξύ του τμήματος της διαδρομής των σωληνώσεων που βρίσκονται στο Λεβητοστάσιο καθώς και του τμήματος των σωληνώσεων στους χώρους που θερμαίνονται μπορεί η βάννα ανάμιξης να εξαντλήσει μόνο ένα μικρό μέρος της διαδρομής ρύθμισης. Μικρές αλλαγές της ρύθμισης της βάννας ανάμιξης οδηγούν σε μεγάλες αλλαγές της θερμοκρασίας. Η ρύθμιση γίνεται ασταθής και τείνει να ταλαντεύεται. Σαν ένα ακόμη κριτήριο πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η θερμοκρασία επιστροφής του λέβητα, γιατί το νερό φθάνει πάντα με χαμηλότερη θερμοκρασία κατευθείαν από την επιστροφή της θέρμανσης δαπέδου.

Η θερμοκρασία επιστροφής δεν επιτρέπεται μέχρι στιγμής να υπερβαίνει σε χαμηλές φορτίσεις τους  $20^{\circ}\text{C}$ . Το μειονέκτημα της περιορισμένης διαδρομής μπορεί να παραμεριστεί με την τοποθέτηση μίας σταθερής ανάμιξης (Dr). Με αυτόν τον τρόπο εξαντλείται όλο το πεδίο ρύθμισης στη βάννα ανάμιξης, η βάννα ανάμιξης γίνεται μικρότερη και η ρύθμιση πιο ευαίσθητη (πρβ. σχήμα 1.6).

Με την τοποθέτηση μίας βαλβίδας Bypass (Dr) και με τη (με αυτό τον τρόπο) βελτίωση της δυνατότητας ρύθμισης είναι η βάννα ανάμιξης

κατά τη μέγιστη καταπόνηση εντελώς ανοικτή, δηλαδή χρησιμοποιείται ολόκληρη η διαδρομή ρύθμισης και έτσι είναι εγγυημένη μία ομοιόμορφη θερμοκρασία προσαγωγής. Ακόμη πρέπει να γίνει μια διαφοροποίηση ανάμεσα στις θερμάνσεις δαπέδου από διαπερατούς σε οξυγόνο ή μη πλαστικούς σωλήνες. Θερμάνσεις δαπέδου από μη διαπερατούς σε οξυγόνο (ορισμός της διαπερατότητας σε οξυγόνο κατά DIN 4725 Ε Ο αντιδιαβρωτική προστασία) πλαστικούς σωλήνες πρέπει σύμφωνα με το επίπεδο της τεχνικής να διαχωρίζονται από το υπόλοιπο σύστημα μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Επιπλέον επιτρέπεται στην περιοχή του κυκλώματος θέρμανσης του δαπέδου να χρησιμοποιούνται μόνο μη διαβρωτικά υλικά.

#### **4.4. Δοχείο διαστολής**

##### **4.4.1.Κλειστά δοχεία διαστολής (ΚΔΔ)**

Σε περίπτωση λανθασμένης μελέτης εμφανίζονται υποπίεσεις στην εγκατάσταση κατά την απόψυξη (πτώση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας, καλοκαίρι) και εξ' αιτίας απωλειών από διαρροές, (αρχικά στις υψηλότερες περιοχές εξαιτίας της ελαττωμένης πίεσης), ο αέρας διαχέεται στο σύστημα και επέρχεται διάβρωση.

##### **4.4.2.Εκλογή ΚΔΔ:**

Εκλέγουμε ένα συνηθισμένο μέγεθος του εμπορίου από τους σχετικούς καταλόγους των κατασκευαστών που να αντιστοιχεί στην υπολογισμένη μικτή ποσότητα νερού λαμβάνοντας πάντα υπόψη το αμέσως μεγαλύτερο μέγεθος του καταλόγου. Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις τα μεγέθη του καταλόγου δεν συμφωνούν με τα υπολογισμένα μεγέθη, απαιτείται στο τέλος ένας συμπληρωματικός υπολογισμός έτσι ώστε να εξακριβωθεί η απαιτούμενη πίεση πλήρωσης της εγκατάστασης, που εξαρτάται από την μικτή ποσότητα νερού του μεγέθους του εμπορίου.

##### **4.4.3.Προπίεση**

Κατά την εκλογή του δοχείου πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν το ύψος της εγκατάστασης, επειδή οι κατασκευαστές προμηθεύουν μόνο δοχεία με σταθερά ρυθμισμένη προπίεση (συνήθεις διαβαθμίσεις στο εμπόριο: 0,5/1,0/1,5 bar). Η προπίεση πρέπει να ανταποκρίνεται στο ύψος της εγκατάστασης. Σε περίπτωση αμφιβολίας εκλέγεται το δοχείο με την αμέσως χαμηλότερη προπίεση, επειδή σε άλλη περίπτωση το ΚΔΔ δεν

μπορεί να παραλάβει καμία ποσότητα νερού. Σε αυτή την περίπτωση εννοείτε ότι αυξάνεται η μικτή ποσότητα νερού και υπολογίζεται εκ' νέου.

Μια κάπως πιο πολύπλοκη μέθοδος είναι αυτή της ρύθμισης της απαιτούμενης προπίεσης του ΚΔΔ μέσω της βαλβίδας πλήρωσης. Σε αυτή την περίπτωση επιλέγεται ένα δοχείο με υψηλότερη ρυθμισμένη προπίεση από τον κατασκευαστή του. Η τελική ρύθμιση του δοχείου γίνεται στον χώρο της τοποθέτησής του πριν την πρώτη πλήρωση της εγκατάστασης με νερό. Έτσι καθώς εκτονώνεται η προπίεση του δοχείου προσαρμόζεται στην απαιτούμενη προπίεση για την εγκατάσταση.

Απλούστερο είναι να γεμίσουμε την εγκατάσταση κατά την πρώτη πλήρωση μέχρι ενεργοποίησης της βαλβίδας ασφάλειας και στη συνέχεια να θερμάνουμε μέχρι τη θερμοκρασία λειτουργίας. Με αυτό τον τρόπο εκκενώνεται η πλεονάζουσα ποσότητα νερού μέσω της βαλβίδας ασφαλείας και μετά την απόψυξη της εγκατάστασης. Έχουμε στη διάθεσή μας τη μικτή ποσότητα νερού ΚΔΔ για τον όγκο διαστολής και την ποσότητα του νερού.

#### 4.4.4. Ποσότητα νερού

Εάν η προπίεση του ΚΔΔ είναι μεγαλύτερη από τη στατική πίεση, το ΚΔΔ δεν μπορεί να παραλάβει καμία ποσότητα νερού (σχ1.8.α). Αυτό όμως είναι αποφασιστικής σημασίας, διότι σε κάθε εγκατάσταση υπάρχει με την πάροδο του χρόνου διαρροή νερού π.χ κατά την εξαέρωση της εγκατάστασης στις πρώτες εβδομάδες λειτουργίας. Πέραν τούτου πρέπει οι εγκαταστάσεις της θέρμανσης να κατασκευάζονται να μην υδατοστεγείς αλλά όχι και αεροστεγείς, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να διαφύγει υδρατμός από στεγανοποιήσεις καθώς και από τους πλαστικούς σωλήνες. Οι απολεσθείσες ποσότητες του νερού εξισώνονται κατ' αρχήν από το νερό που έχει εισχωρήσει στην εγκατάσταση λόγω της διαστολής του συνολικού όγκου. Η ποσότητα του νερού που λείπει όμως, οδηγεί σε μια υποπίεση της εγκατάστασης μετά την απόψυξή της. Μ' αυτόν τον τρόπο εισχωρεί στην εγκατάσταση μέσω διαφόρων εξαρτημάτων σύνδεσης αέρα, και έτσι το οξυγόνο το οποίο ευνοεί την διάβρωση. Αυτές οι απώλειες μπορούν να ληφθούν υπ' όψη με την πρόσθεση της ανάλογης ποσότητας νερού έως την επόμενη συντήρηση.

#### 4.4.5. Η συναρμολόγηση

Ο υπολογισμός του ΚΔΔ αποτελεί βάση για την κατάλληλη εκλογή. Πρέπει όμως να ληφθούν υπ' όψη και μερικά σημεία κατά τη

συναρμολόγηση, έτσι ώστε το ΚΔΔ να λειτουργήσει ανταποκρινόμενο στην εργασία που πρέπει να εκτελέσει.

1. Η συναρμολόγηση γίνεται στην επιστροφή της εγκατάστασης.

2. Δεν πρέπει να τοποθετηθεί αυτόματη διάταξη εξαέρωσης στη εγκατάσταση με αυτόν τον τρόπο δεν μπορεί να "αναπνεύσει" η εγκατάσταση. Αυτό συμβαίνει όταν στην εγκατάσταση δημιουργείται υποπίεση η οποία αναρροφά αέρα από τις διατάξεις εξαέρωσης στην εγκατάσταση, οι οποίες μετατρέπονται με αυτό τον τρόπο σε διατάξεις "αερισμού". Κατά την επαναθέρμανση (π.χ μετά την νυχτερινή μείωση) αποβάλλεται ο αναρροφημένος αέρας από τις διατάξεις εξαέρωσης. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται, η εγκατάσταση λαμβάνει συνεχώς φρέσκο οξυγόνο, και τα φαινόμενα διάβρωσης στην εγκατάσταση έχουν ήδη δρομολογηθεί.

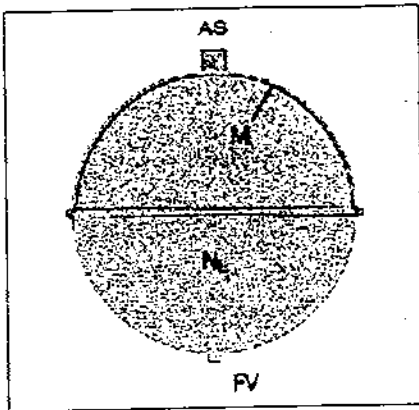
3. Σύνδεση του ΚΔΔ στην εγκατάσταση μέσω της βαλβίδας του καλύμματος. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί το ΚΔΔ κατά την συντήρηση να αποσυνδεθεί κατά την εγκατάσταση και να επέλθει αποπίεση. Μόνο έτσι μπορεί να γίνει έλεγχος της υπολειπόμενης προπίεσης του αζώτου κατά τη συντήρηση.

4. Έλεγχος της προπίεσης του ΚΔΔ πριν την τοποθέτηση. Στην πράξη φαίνεται ότι η προπίεση έχει πέσει μετά την πάροδο πέντε ετών λειτουργίας κάτω του 50% αρχικής τιμής. Ένα αίτιο γι αυτό το φαινόμενο μπορεί να είναι ένα ΚΔΔ σε προπίεση το οποίο ήδη κατά την τοποθέτηση δεν είχε την προπίεση, το οποίο ήδη κατά την τοποθέτηση δεν είχε την προπίεση που ήταν αναγραφόμενη στην πινακίδα του κατασκευαστή (μακρόχρονη αποθήκευση στον κατασκευαστή ή στον πωλητή).

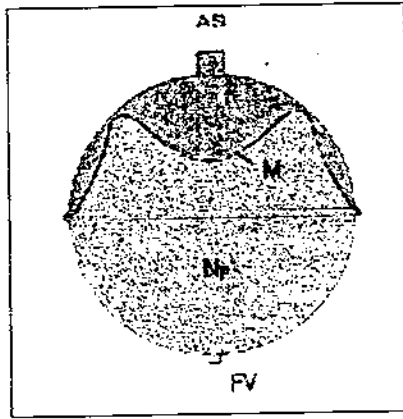
5. Αναγραφή της ρυθμισθείσας προπίεσης στην πινακίδα του κατασκευαστή. Αυτό θα έπρεπε να γίνεται, όταν η προπίεση ρυθμίζεται σύμφωνα με το ύψος τη εγκατάστασης, π.χ. όταν ένα συνηθισμένο δοχείο του εμπορίου με προπίεση 1,0 bar εκτονώνεται στα 0,7 bar.

6. Σημείωση της πίεσης πλήρωσης στο μανόμετρο. Ρύθμιση του κόκκινου δείκτη στο μανόμετρο στην απαιτούμενη πίεση πλήρωσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί ο χρήστης να συμπληρώσει την εγκατάσταση όταν χρειαστεί (σε ψυχρή κατάσταση!).

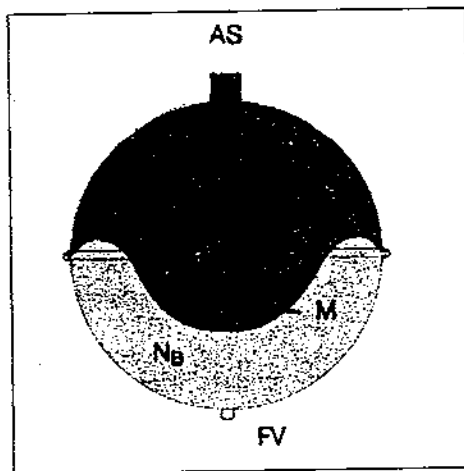




**Σχήμα 4.11** : Κλειστό δοχείο διαστολής σε κατάσταση παράδοσης



**Σχήμα 4.12** : ΚΔΔ με νερό σε κατάσταση πλήρωσης (ψυχρή εγκατάσταση)



**Σχήμα 4.13** : ΚΔΔ με ποσότητα νερού σε κατάσταση λειτουργίας (θερμή εγκατάσταση)

#### 4.5. Το πλέγμα στερέωσης σωλήνων RTM

##### 4.5.1. Απαιτήσεις

Σύμφωνα με το **DIN 18560** και τα φυλλάδια **ZDP** πρέπει να οπλίζονται τα δάπεδα θέρμανσης, τα οποία καλύπτονται με κεραμικές επιστρώσεις.

##### 4.5.2. Σκοπός

Ο οπλισμός εμποδίζει την πλάγια και σε ύψος μετατόπιση της πλάκας του σκυροδέματος στην περίπτωση μιας ρωγμής του σκυροδέματος. Ένα τέτοιο ρήγμα πρέπει ενδεχομένως να κλείσει με τοποθέτηση ούπα και να συγκολληθεί (πρέπει σε κάθε περίπτωση να ζητηθεί η συμβουλή ειδικευμένου τεχνίτη σε τσιμεντοκονίες).

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 88  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

### 4.5.3. Ακραίοι κόμβοι

Τα πλέγματα στερέωσης σωλήνων REHAU, διαθέτουν περιμετρικούς κόμβους. Στην περιοχή αυτών των περιμετρικών κόμβων τοποθετούνται κατά τη συναρμολόγηση αλληλοκαλυπτόμενα τα πλέγματα στερέωσης σωλήνων και στρέφονται με τα συρματάκια σύνδεσης REHAU. Κατά τον σχεδιασμό πρέπει ως εκ τούτου να λαμβάνεται υπ' όψη το μέτρο τοποθέτησης (πραγματική επιφάνεια τοποθέτησης; Βλέπε Πίνακα 4.1).

**Πίνακας 4.1: Πλέγματα στερέωσης σωλήνων. Διαστάσεις**

Μέγεθος ράστερ RM	Κατάλληλα διαστήματα τοποθέτησης VA	Μήκος	Πλάτος	Επιφάνεια τοποθέτησης 1)	Περιμετρικοί κόμβοι Αλληλοκάλυψη
Mm	cm	m	M	m <sup>2</sup>	
50	5 <sup>2</sup> /10	2,00	1,000	1,85	Ναι
75	7,5/15	2,0	1,025	1,90	Ναι
100	10/20/30/	2,05	1,050	2,00	Ναι
150	15/30	1,95	0,900	1,76	Όχι <sup>3)</sup>

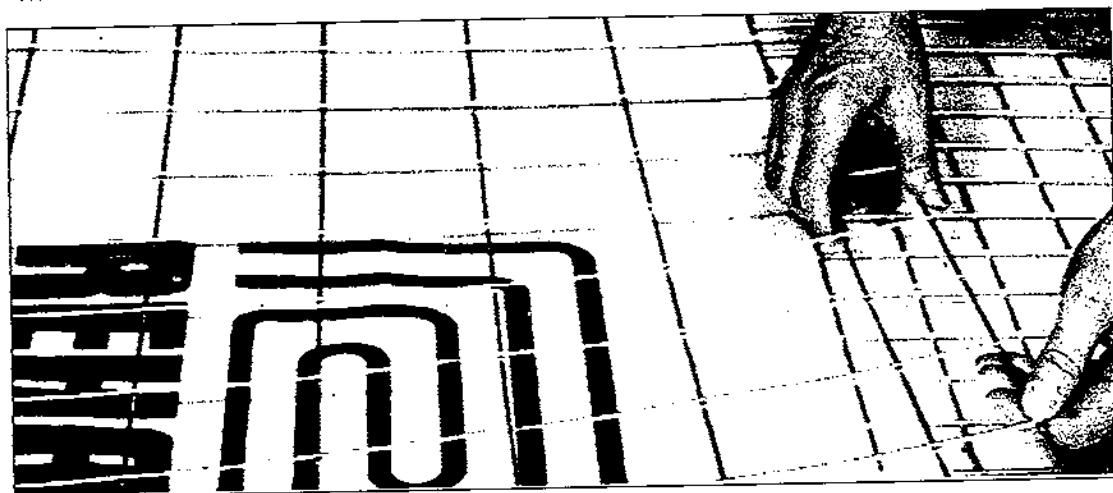
**Πίνακας 4.2: Απαιτούμενη ποσότητα σωλήνων για το σύστημα RTM**

Διάστημα τοποθέτησης VA	Απαιτούμενη ποσότητα σωλήνων.	
	Θεωρητικά	Πρακτικά
cm	m/m <sup>2</sup>	m/m <sup>2</sup>
5	20	15,9
7,5	13,3	11
10	10	8,5
15	6,7	5,38

20	5	4,4
30	3,3	3,0

#### 4.5.4. Πάχος σκυροδέματος

Σύμφωνα με τα ενημερωτικά φυλλάδια του **ZDB** πρέπει να έχει η τσιμεντοκονία σε μία θέρμανση δαπέδου συνολικό πάχος 65mm ή θα πρέπει να υπάρχει μία επίστρωση της τσιμεντοκονίας τουλάχιστον 45 mm επάνω από το υψηλότερο σημείο του σωλήνα.



Σχήμα 4.14: Πλέγμα στερέωσης REHAU με περιμετρικούς κόμβους.

#### 4.6. Κατασκευή του δαπέδου

Η συνολική διάταξη της κατασκευής ενός δαπέδου κατέχει μεγάλη σημασία για τη σωστή λειτουργία μιας θέρμανσης δαπέδου. Επάνω από τη μόνωση, μέσα στο δάπεδο τοποθετούνται οι θερμοσωλήνες. Οι σωλήνες περικλείονται από το δάπεδο. Το δάπεδο εξυπηρετεί στη σωστή κατανομή του φορτίου.

Τα δάπεδα κατοικιών σχεδιάζονται σύμφωνα με τη δομική τεχνικά σαν "κολυμβητά τοποθετημένες τσιμεντοκονίες" οι οποίες πρέπει να ανταποκρίνονται στα εδώ ισχύοντα πρότυπα DIN όσον αφορά την ηχητική και θερμική προστασία καθώς και την αντοχή και την ομαλότητα των επιφανειών. Η κατασκευή των δαπέδων αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία.

1. Φέρουσα πλάκα (στρώμα οπλισμένου σκυροδέματος)

2. Στεγανοποίηση της κατασκευής, εφ' όσον είναι απαραίτητη (σε πλάκες έναντι του εδάφους και σε υγρούς χώρους)

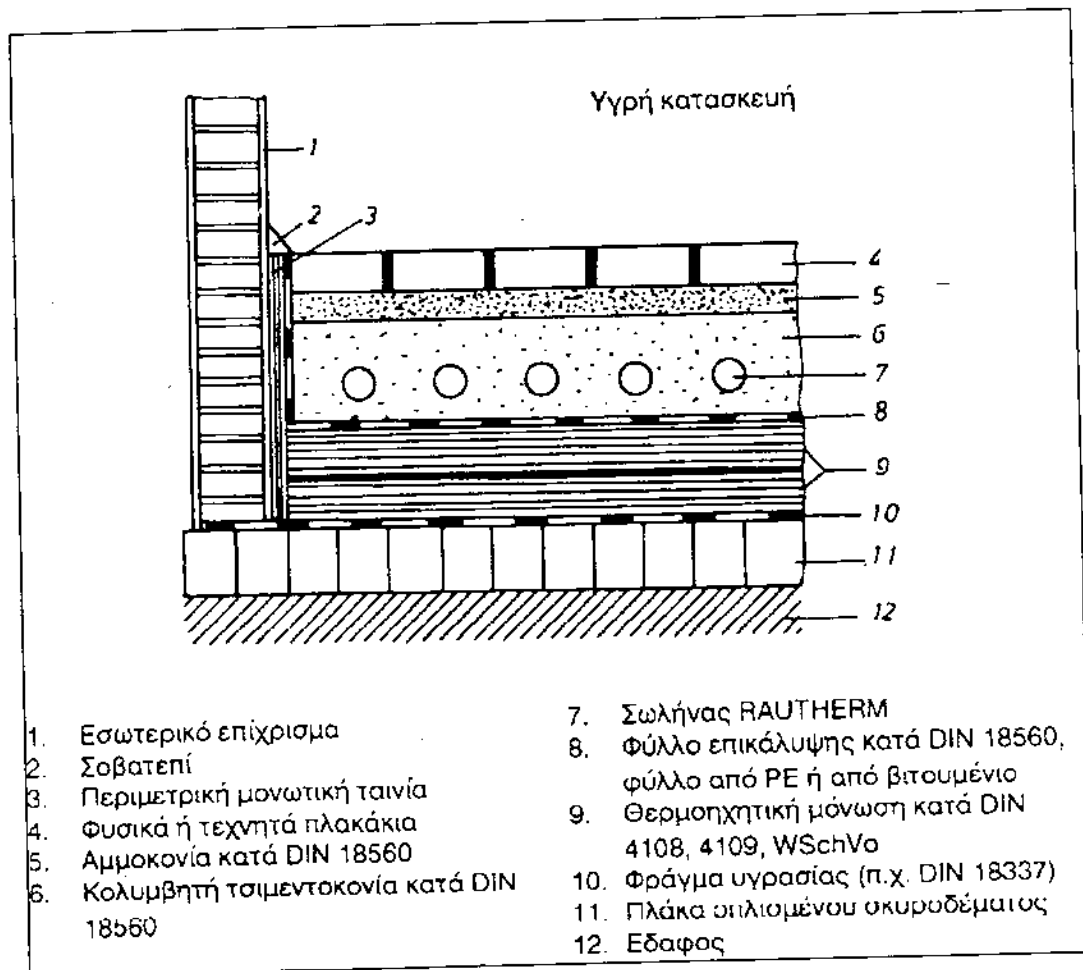
3. Θερμομονωτικό στρώμα και ηχομονωτικό σε θορύβους σε βηρατισμών

4. Περιμετρική μονωτική ταινία

5. Επικάλυψη μονωτικού στρώματος

6. Στρώμα κατανομής φορτίων

7. Επίστρωση δαπέδου



Σχήμα 4.15 : Κατασκευή δαπέδου με υγρό τρόπο

Στις θερμάνσεις δαπέδου οι θερμοσωλήνες εγκαθίστανται ή απ' ευθείας στο δάπεδο ή ακριβώς κάτω από την πλάκα τσιμεντοκονίας κατανομής φορτίου, στα αυλάκια του μονωτικού στρώματος. Βασικά, η κατασκευή ενός δαπέδου είναι ταυτόσημη με αυτήν μίας "κολυμβητής τσιμεντοκονίας", είτε χρειάζεται να εγκατασταθούν θερμοσωλήνες, είτε ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 91 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

προβλέπεται κάποιο άλλο σύστημα θέρμανσης. Όταν προβλέπεται η εγκατάσταση μιας θέρμανσης δαπέδου, τα επί μέρους στοιχεία κατασκευής του δαπέδου προσαρμόζονται στις απαιτήσεις. Το πάχος του μονωτικού στρώματος αυξάνει, οι σωλήνες τοποθετούνται κάτω από την πλάκα του δαπέδου κατανομής φορτίου μέσα στο ενισχυμένο αμμοκονίαμα.

#### 4.7. Στεγανοποίηση των οικοδομών

Ο τρόπος και η έκταση των μέτρων για την προστασία έναντι υγρασίας πρέπει να καθορίζονται από την διεύθυνση του έργου. Οι απαιτούμενες εργασίες πρέπει να πραγματοποιούνται από εξειδικευμένες για αυτό το σκοπό εταιρίες.

Τα πρότυπα που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη:

DIN 4117	Στεγανοποίηση των οικοδομών ενάντια στην υγρασία του δαπέδου
DIN 4122	Στεγανοποίηση των οικοδομών έναντι επιφανειακού νερού χωρίς πίεση
DIN 18195*	Στεγανοποίηση οικοδομών
DIN 18336	Στεγανοποίηση έναντι νερού με πίεση
DIN 18337	Στεγανοποίηση έναντι νερού χωρίς πίεση

\*Αντικαθιστά εν μέρει τα DIN4031/03.78 DIN 4117/11.60 και το DIN 4122/03.78

Όλες οι στεγανοποιήσεις έναντι τρεχούμενου νερού, π.χ. ως υγρασία δαπέδου, υπόγεια νερά, ή νερά από βροχοπτώσεις, πρέπει να πραγματοποιούνται ιδιαίτερα επιμελώς π.χ. συγκόλληση χωρίς αρμούς με προέκταση μέχρι πάνω στους τοίχους. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψη εάν αυτές οι στεγανοποιήσεις είναι ή πρέπει να είναι όχι μόνο υδατοστεγείς, αλλά αδιαπέρατες και από ατμό.

Εάν χρησιμοποιηθούν για την προστασία π.χ. ενάντια στην υγρασία του δαπέδου υλικά από υγρή άσφαλτο σύμφωνα με το DIN

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 92  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

4117, πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετηθεί κάτω από τα μονωτικά υλικά ένα κατάλληλο φύλλο από PE.

#### 4.8. Περιμετρική μονωτική ταινία

Πριν από την τοποθέτηση του δαπέδου πρέπει να εγκαθίστανται περιμετρικές ταινίες ηχομόνωσης σε τοίχους και άλλα δομικά στοιχεία, που ανοιγοκλείνουν π.χ. κουφώματα από πόρτες, δίκτυα σωληνώσεων, κολώνες. Βασική είναι επίσης η προσεκτική τοποθέτηση της περιμετρικής μονωτικής ταινίας για την αποφυγή ηχητικών γεφυρών και για την ανεμπόδιστη θερμική διαστολή του θερμαινόμενου δαπέδου. Σύμφωνα με το **DIN 18560**, μέρος 2 οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες πρέπει να επιτρέπουν στο θερμαινόμενο δάπεδο την διαστολή κατά τουλάχιστον 5mm. Οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες δημιουργούν έναν περιμετρικό αρμό

Για να επιτευχθεί μια ασφαλής τοποθέτηση σε άκρα και γωνίες, η περιμετρική μονωτική ταινία πρέπει να είναι εύκαμπτη και μην θραύεται. Οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες REHAU επιτρέπουν με αξιοπιστία την δυνατότητα διαστολής του δαπέδου κατά τουλάχιστον 5mm, η οποία απαιτείται από το **DIN 18560**, είναι εύκαμπτες και άθραυστες.

#### 4.9. Θερμομόνωση και ηχομόνωση έναντι βηματισμών

##### ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

##### 4.9.1. Νομικές διατάξεις

Οι θερμοτεχνικές απαιτήσεις σε κτίρια με θέρμανση δαπέδου καθορίζονται από:

1. Το DIN 4108 μέρος 2- Θερμομόνωση στις υπέργειες κατασκευές

2. Το DIN 4725(E), μέρος 3 –Θερμική απόδοση και μελέτη θερμάνσεων δαπέδου θερμού νερού.

3 Κανονισμός θερμομόνωσης με εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια(Κανονισμός θερμομόνωσης –Θερμομόνωση V )της 24.2.82.

Όταν βρίσκονται κάτω από έναν θερμαινόμενο όροφο μόνο ένας ή δύο χώροι υπογείου, οι οποίοι δεν θερμαίνονται, ή πρέπει οπωσδήποτε να διατηρούνται ψυχροί, τότε ενδείκνυται οι χώροι αυτοί να διαθέτουν μόνωση οροφής. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να περιοριστεί το συνολικό

ύψος της υπεράνω ευρισκόμενης μόνωσης. Ένας ακόμη λόγος για το μέτρο αυτό είναι, ότι έτσι μπορούν να αποφευχθούν διαφορετικά επίπεδα δαπέδων, ή διαφορετικά ύψη της βασικής κατασκευής του δαπέδου στους εκάστοτε θερμαινόμενους χώρους.

Σε υγρούς χώρους πρέπει να τοποθετείται ένας φραγμός υγρασίας στη βασική κατασκευή δαπέδου κάτω από το μονωτικό στρώμα. Οι σχετικές εργασίες υπόκεινται σε αποφάσεις του τομέα των υπέργειων κατασκευών.

Σαν συμπλήρωση της μόνωσης, οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες πρέπει να τοποθετούνται στους περικλείοντα τον χώρο τοίχους. Πρέπει να δίνουν την δυνατότητα διαστολής του θερμαινόμενου δαπέδου κατά τουλάχιστον 5mm.

#### 4.9.2. Αρχές υπολογισμού.

Στις θερμάνσεις δαπέδου είναι αποφασιστική η θερμοπερατότητα του θερμαινόμενου επιπέδου προς τα κάτω.

Η αντίσταση θερμοπερατότητας  $R_{ges}$  αποτελείται από την αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας ( $WLW$ ) της θερμομόνωσης ( $R_{WD}$ ) της οροφής ( $R_{DE}$ ) και την αντίσταση μεταβίβασης της θερμότητας στην κάτω πλευρά της οροφής ( $R_{a,u}$ ).

Η συνολική αντίστασης θερμικής αγωγιμότητας της κατασκευής ( $R_{WD} + R_{DE}$ ) χαρακτηρίζεται και σαν αντίσταση θερμικής διεισδυτικότητας ( $1/\Lambda$ ).

Οι απαιτούμενες τιμές  $k$  στον κανονισμό θερμομόνωσης αναφέρονται μόνο στη θερμοπερατότητα του θερμαινόμενου επιπέδου προς τα κάτω. Κατά τον υπολογισμό του πάχους του μονωτικού στρώματος πρέπει πάντως, ανάλογα με την περίπτωση εφαρμογής να ληφθούν υπ' όψη οι διαφορετικές αντιστάσεις μεταβίβασης της θερμότητας στην κάτω πλευρά της οροφής (εσωτερικοί χώροι, εξωτερικός αέρας, έδαφος). Όταν χρησιμοποιούνται μονωτικές πλάκες από διαφορετικές ομάδες θερμικής αγωγιμότητας ( $WLG$ ), υπολογίζονται ξεχωριστά οι εκάστοτε τιμές  $WLW$  και προστίθενται. Ο υπολογισμός του πάχους των μονωτικών στρωμάτων γίνεται με το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:

$$R_{ges} = R_{WD} + R_{DE} + R_{a,u}$$

$$R_{ges}=1/\Lambda+1/a_u$$

$$R_{ges}=d_{wd}/\lambda_{wd} + d_{De}/\lambda_{De} + 1/a_u$$

Με δεδομένη την απαιτούμενη αντίσταση θερμικής διεισδυτικότητας ( $1/\Lambda$ ) μπορεί να υπολογιστεί από τις εξισώσεις (2) και (3) το ελάχιστο αναγκαίο πάχος του μονωτικού στρώματος ( $d_{wd}$ ) μέσα σε μία ομάδα θερμικής αγωγιμότητας

$$D_{wd}=(1/\Lambda-d_{De}/\lambda_{De} \times \lambda_{wd})$$

Με δεδομένο τον απαιτούμενο συντελεστή θερμοπερατότητας  $k$  αναφορικά με τον κανονισμό θερμομόνωσης- υπολογίζεται αυτό το πάχος από την τιμή του  $k$  και την αντίσταση μεταβίβασης της θερμότητας  $R_{a,u}$ .

$$d_{DW}=(1/k-R_{a,u}-d_{De}/\lambda_{De}) \times \lambda_{WD}$$

#### 4.9.3. Υπερκείμενες κατασκευές μονωτικών στρωμάτων REHAU

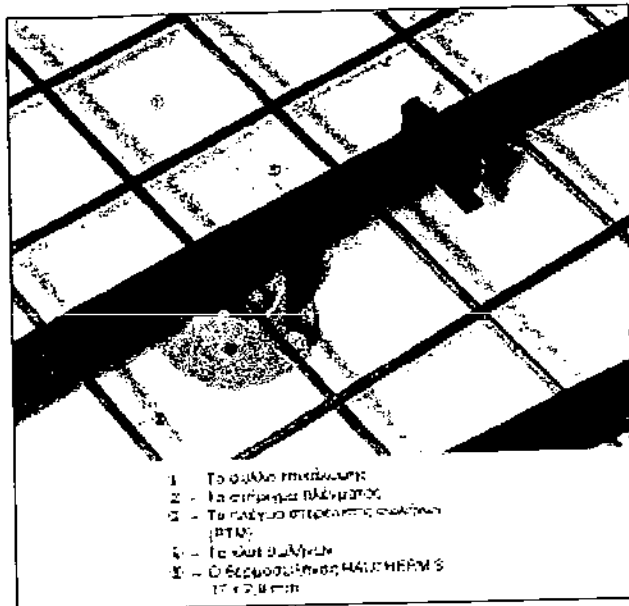
Οι απαιτούμενες τιμές των  $k$  και  $R$  εξασφαλίζονται με τη βοήθεια των εκάστοτε υπερκείμενων κατασκευών μονωτικών στρωμάτων. Πρακτικά υπερκαλύπτονται αυτές οι τιμές μια και εκεί προστίθενται στις αντιστάσεις της θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης και οι αντιστάσεις θερμικής αγωγιμότητας και μεταβίβασης της θερμότητας της οροφής. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι τιμές των  $k$  αντίστοιχα.

#### 4.10 Επικάλυψη των μονωτικών στρωμάτων

##### 4.10.1 Φύλλο επικάλυψης REHAU

Το φύλλο επικάλυψης πληρεί τις απαιτήσεις του **DIN 18560** και του ενημερωτικού φυλλαδίου του **ZDB**. Δεν επιτρέπει την ύγρανση του μονωτικού στρώματος από το δάπεδο (νερό εφίδρωσης) και τη δημιουργία ηχητικών και θερμικών γεφυρών.





**Σχήμα 4.16 :** Το σύστημα RTM με φύλλο επικάλυψης.

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να καλύπτεται το μονωτικό στρώμα από πριν από τη τοποθέτηση του σκυροδέματος, ώστε να εμποδίζεται το πέρασμα της τσιμεντοκονίας ανάμεσα από τους αρμούς του μονωτικού υλικού, που έχει σαν αποτέλεσμα, την επιδείνωση της ηχητικής προστασίας βηματισμών και την ύγρανση του μονωτικού υλικού από νερό εφίδρωσης. Το φύλλο επικάλυψης πρέπει να τοποθετείται κατά μήκος των περιμετρικών μονωτικών ταινιών.

#### **4.11. Αρμοί διαστολής**

##### **4.11.1. Κινήσεις του δαπέδου**

Σε κάθε κολυμβητή τσιμεντοκονία προκύπτουν κινήσεις από διάφορα αίτια:

- συστολή λόγω ξήρανσης
- διαστολή λόγω θερμοκρασιακών διαφορών

Αυτές οι κινήσεις γίνονται κατ' αρχήν στην κατεύθυνση των κυρίων διαστολών του δαπέδου, δηλαδή δυσδιάστατα σε οριζόντια κατεύθυνση. Μπορούν όμως να προκύψουν επίσης κάθετες κινήσεις (εξίσωση) λόγω διαφορών στις διαστολές της άνω και της κάτω πλευράς της πλάκας του δαπέδου.

Οι κινήσεις συστολής αποτελούν συνέχεια της ξήρανσης δαπέδου και παρουσιάζονται μόνο μία φορά. Με οριοθέτηση των μεγεθών του

πεδίου του δαπέδου και αντίστοιχες διατάξεις των αρμών αποφεύγονται ανεξέλεγκτες ρωγμές. Οι κινήσεις λόγω θερμοκρασιακών διαφορών εκτιμούνται περίπου ως εξής:

$$\Delta l = l_0 \times \alpha \times \Delta t$$

$l$  = κατά μήκος διαστολή (mm)

$l_0$  = μήκος της πλάκας (m)

$\alpha$  = συντελεστής κατά μήκος διαστολής (1/K)

$\Delta t$  = διαφορά θερμοκρασίας (K)

#### 4.11.2. Σχέδιο αρμών

Η θέση των αρμών καθορίζεται στο σχέδιο αρμών, το οποίο εκτελείται κατά κανόνα από τον αρχιτέκτονα και αποτελεί εξίσου βάση για τον σχεδιασμό της θέρμανσης δαπέδου όπως π.χ. και οι θερμοτεχνικές απαιτήσεις.

#### 4.11.3. Διάταξη των αρμών

Που απαιτούνται οι αρμοί;

- Περιφερειακά στην πλάκα του δαπέδου έτσι ώστε να μπορούν να απορροφηθούν οι κινήσεις του.

- Για οριοθέτηση των πεδίων του δαπέδου:

επιφάνειες  $F=40m^2$  (μέγιστη τιμή)

μήκος πλευράς  $a= 8m$  (μέγιστη τιμή)

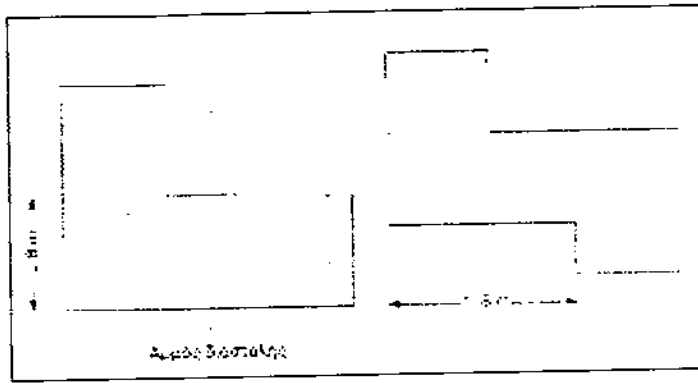
σχέση πλευρών  $a/\beta$  μικρότερη του  $\frac{1}{2}$

- Πάνω από αρμούς διαστολής της οικοδομής

- Σε διόδους θυρών

- Σε ιδιαίτερα εύθραυστα σημεία

**Η λανθασμένη διάταξη και διαμόρφωση των αρμών είναι η συνηθέστερη αιτία καταστροφικών ζημιών που προξενούνται στις τσιμεντοκονίες των δαπέδων.**



Σχήμα 4.17 : Διάταξη των αρμών διαστολής

#### 4.11.4. Κατασκευή των αρμών

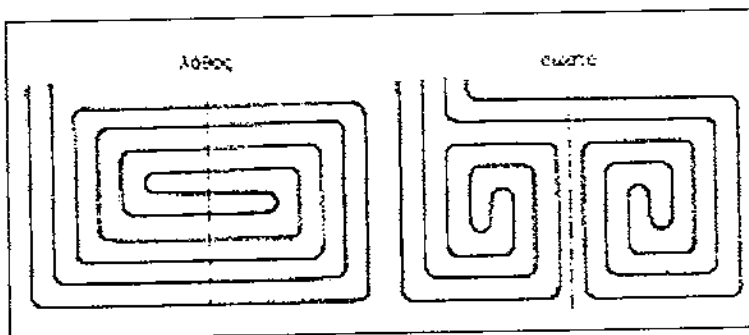
Κατά την κατασκευή του δαπέδου

Η διάταξη θερμοσωλήνα και τα πεδία του δαπέδου πρέπει να είναι εναρμονισμένα μεταξύ τους:

Οι διατάξεις σωλήνων πρέπει να σχεδιάζονται και να τοποθετούνται έτσι, ώστε να μην διέρχονται σε καμία περίπτωση από τους αρμούς διαστολής.

Επιτρέπεται η διασταύρωση με αυτούς τους αρμούς μόνο με αγωγούς σύνδεσης.

Σε αυτές τις περιοχές οι θερμοσωλήνες πρέπει να προστατεύονται από τυχόν παρουσιαζόμενες καταπονήσεις διάτμησης με έναν προστατευτικό σωλήνα (σπιράλ σωλήνας REHAU ή μονωτικό κέλυφος), ο οποίος τοποθετείται και στις δύο πλευρές των αρμών και μάλιστα σε απόσταση τουλάχιστον 40cm από κάθε πλευρά.



Σχήμα 4.18 : Διάταξη αρμών σε θερμαντικές διατάξεις

## **Κατά τη εκλογή της επίστρωσης του δαπέδου**

Προς τούτο πρέπει να φθάνουν οι αρμοί μέχρι το τέλος της επίστρωσης όταν έχουμε σκληρές επιστρώσεις (κεραμικές πλάκες κ.τ.λ.).

**Προσοχή:** Συνεννόηση με τον τεχνίτη που τοποθετεί το δάπεδο!

Για μαλακά δάπεδα (παρκέ, πλαστική επίστρωση και μοκέτα) δεν είναι αναγκαστικά απαραίτητη η συνεννόηση με τον προϊστάμενο τεχνίτη τοποθέτησης του δαπέδου.

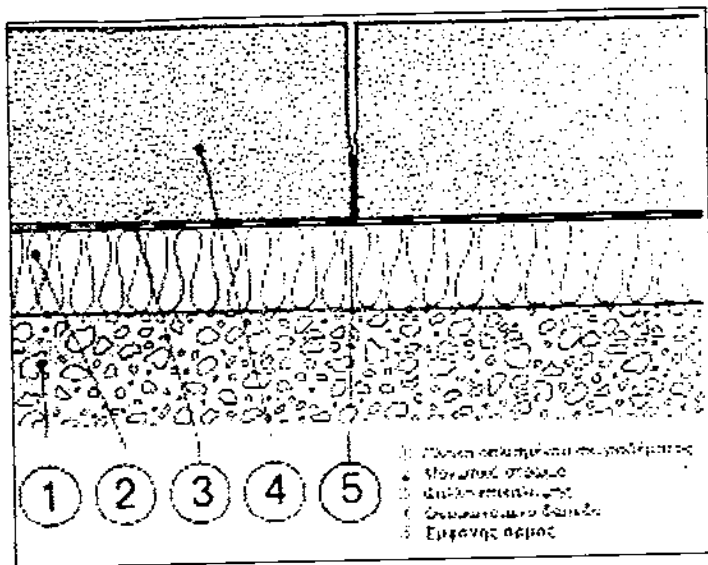
### **4.11.5. Είδη αρμών διαστολής**

#### **α) Εμφανείς αρμοί**

Αυτοί κόβονται στο νωπό δάπεδο στο 1/2 έως 1/3 του ύψους περίπου (τομή μυστριού) και θα έπρεπε με αυτόν τον τρόπο να εμποδίσουν την ανεξέλεγκτη δημιουργία ρωγμών (θεωρητικά σημεία ρωγμών). Αυτοί μπορούν να παραλάβουν μόνο τις κινήσεις που προκύπτουν από την συστολή του δαπέδου και γεμίζονται στη συνέχεια με κονία από συνθετική ρητίνη ή παρόμοια υλικά δημιουργώντας έτσι σταθερή σύνδεση.

Οι εμφανείς αρμοί έχουν συχνά μόνο έναν προσωρινό σκοπό. Χρησιμεύουν στην περαιτέρω υποδιαίρεση των επιφανειών που είναι χωρισμένες με αρμούς διαστολής. Ενδείκνυται δε για την χρήση σε περιοχές δαπέδων θερμάνσεων μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες:

- σε μεγέθη πεδίου  $5 \times 5 \text{m} = 25 \text{m}^2$
- κατά την αποκλειστική χρήση μαλακών επιστρώσεων όχι όμως σε διόδους θυρών.

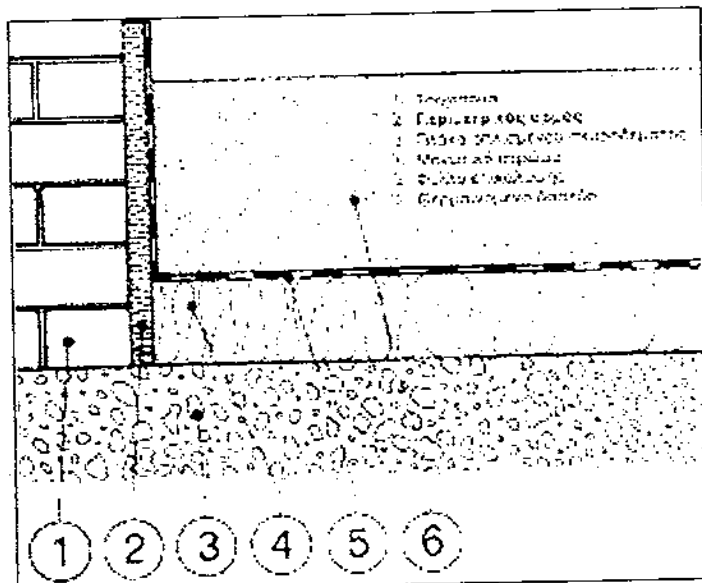


Σχήμα 4.19 : Εμφανής αρμός (τομή)

### β) Περιμετρικοί αρμοί

Αυτό το είδος των αρμών ανήκει επίσης στους αρμούς διαστολής. Αυτοί δημιουργούνται στη θέρμανση δαπέδου REHAU από τις περιμετρικές μονωτικές ταινίες.

Είναι σημαντικό να είναι οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες δύσκαμπτες μεν ώστε να μην συμπιέζονται από το ακόμη υγρό σκυρόδεμα αλλά και ικανοποιητικά μαλακές για να μπορούν να παραλάβουν τις παρουσιαζόμενες κινήσεις. Οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες REHAU εκπληρούν αυτές τις απαιτήσεις.



Σχήμα 4.20 : Περιμετρικός αρμός

### γ)Αρμοί διαστολής

Οι κινήσεις διαστολής μπορούν να παραληφθούν μέσω ειδικών κατασκευών των αρμών. Οι εξής παράγοντες έχουν ουσιαστική σημασία κατά την κατασκευή των αρμών:

συχνότητα της κίνησης

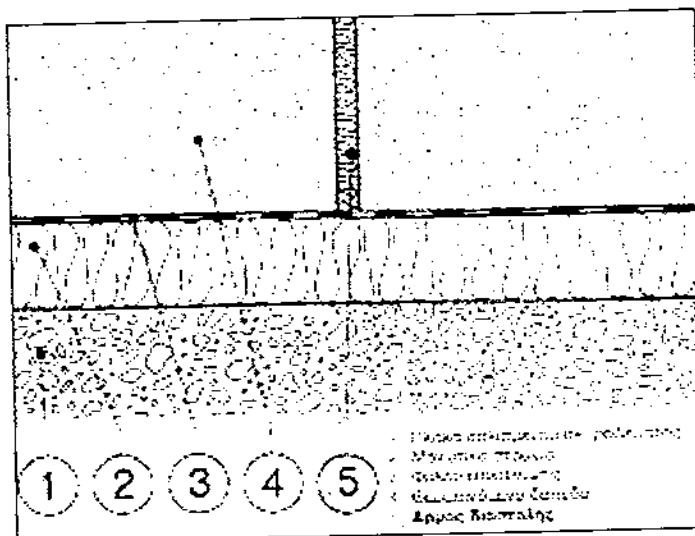
το μέγεθος της διαστολής του δαπέδου λόγω θερμοκρασιακών επιρροών

οι απαιτήσεις θερμικής και ηχητικής προστασίας

Οι αρμοί διαστολής είναι σε θέση να παραλάβουν μεγαλύτερες κινήσεις. Αυτοί θα έπρεπε να οριοθετούν τα πεδία, να διαχωρίζουν τα διάφορα πεδία του δαπέδου/επιστρώσεις του δαπέδου στα ανοίγματα θυρών και πρέπει να δημιουργούνται σε κάθε περίπτωση πάνω από τους αρμούς του οικοδομήματος.

Με βάση τον τρόπο κατασκευής τους είναι οι αρμοί αυτοί σε θέση να παραλαμβάνουν μεγαλύτερες οριζόντιες και κάθετες κινήσεις(του οικοδομήματος).

Οι αρμοί διαστολής τοποθετούνται σύμφωνα με τις ενδείξεις του σχεδίου αρμών και θα έπρεπε να έχουν ένα πλάτος 8mm τουλάχιστον. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην διασταύρωση με αγωγούς θέρμανσης (προστατευτικό κέλυφος ή σωλήνας αμφίπλευρα στους αρμούς).



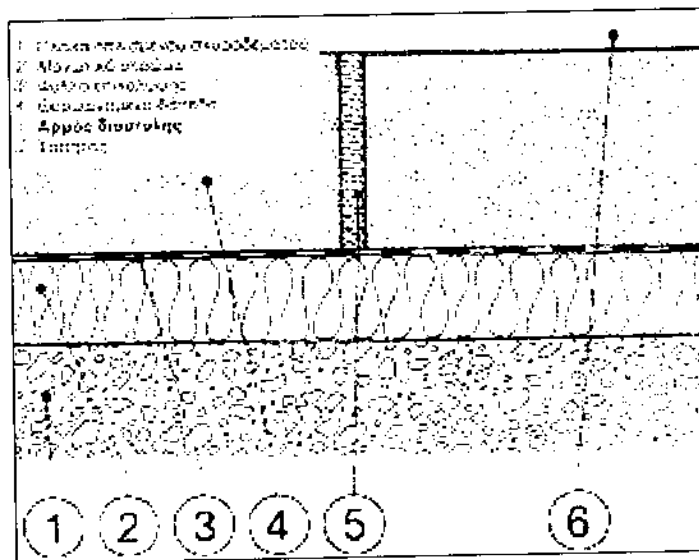
Σχήμα 4.21 : Αρμός διαστολής

#### 4.11.6. Επίδραση των αρμών στην επίπτωση του δαπέδου

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω για να αποφευχθούν ρωγμές στην επίστρωση του δαπέδου:

##### α) Μαλακές επιστρώσεις (PVC, λινέλαιο, τάπητας)

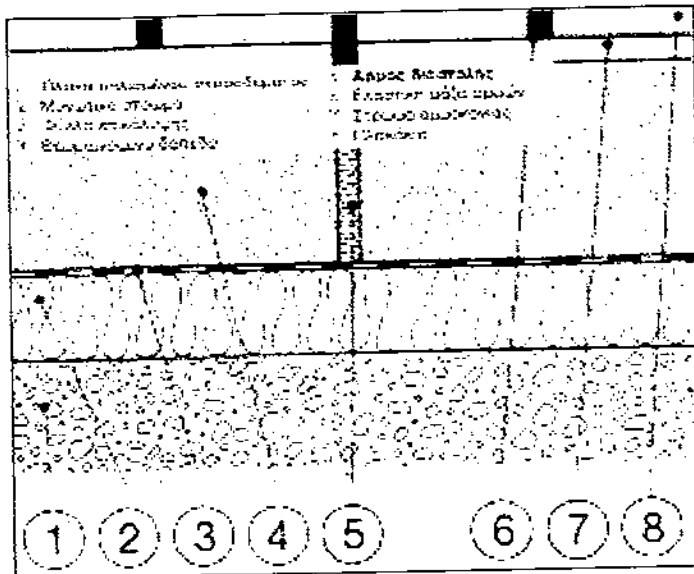
Σε αυτή την περίπτωση το είδος και η θέση του αρμού- με εξαίρεση του αρμούς του οικοδομήματος – δεν έχουν καμία επίδραση στη επίστρωση, επειδή αυτές οι επιστρώσεις δαπέδου μπορούν κατά κανόνα να παραλάβουν κινήσεις.



Σχήμα 4.22 : Δημιουργία αρμών σε μαλακές επιστρώσεις δαπέδου

##### β) Σκληρές επιστρώσεις (Πλακάκια, πέτρινο δάπεδο)

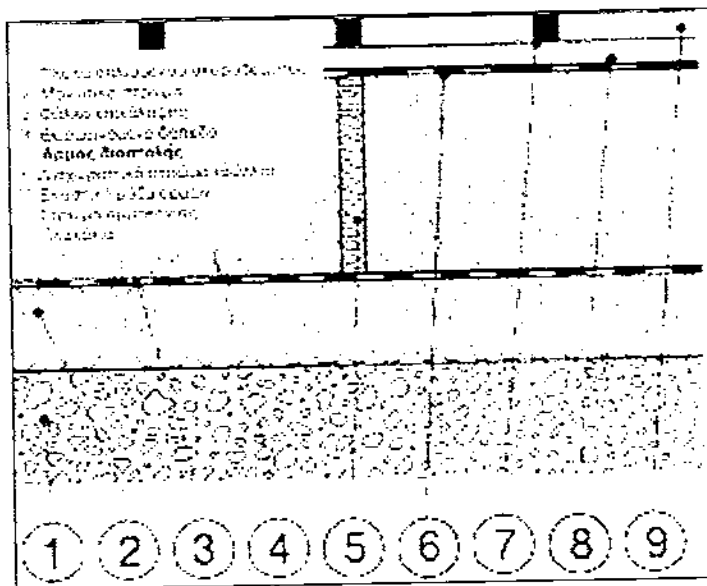
Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ληφθεί οπωσδήποτε υπ' όψη η θέση των αρμών κατά την τοποθέτηση των πλακιδίων και των πλακών στο νωπό δάπεδο. Επειδή σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να δοθεί μόνο κατά προσέγγιση η θέση των αρμών στο σχέδιο αρμών, πρέπει να καθοριστεί κατόπιν συνεννοήσεως με τον τεχνίτη τοποθέτησης του δαπέδου η ακριβής θέση των αρμών- σύμφωνα με το σχέδιο τοποθέτησης- προ της τοποθέτησής του δαπέδου.



Σχήμα 4.23 : Δημιουργία αρμών σε σκληρές επιστρώσεις δαπέδου

### γ) Σκληρές επιστρώσεις με διαχωριστικό στρώμα

Στο θερμαινόμενο δάπεδο μπορούν να τοποθετηθούν όλοι οι αρμοί σύμφωνα με το σχέδιο αρμών χωρίς να ληφθούν υπ' όψη οι αρμοί της επίστρωσης του δαπέδου.



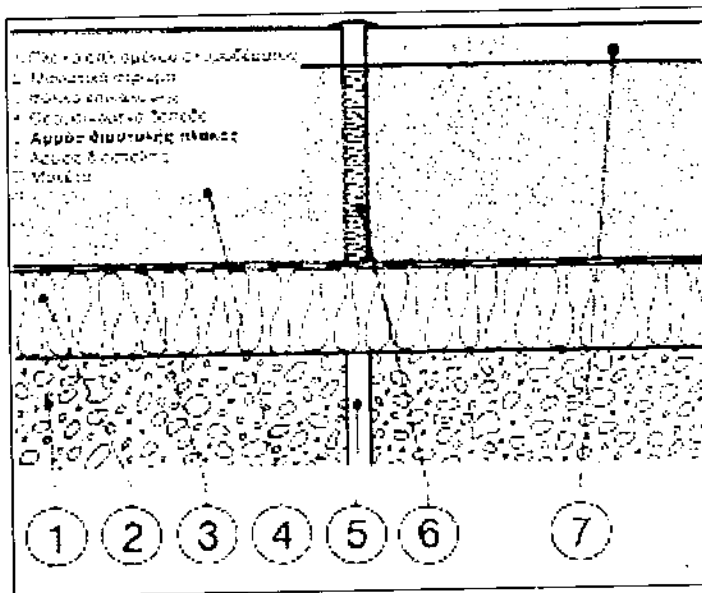
Σχήμα 4.24 : Δημιουργία αρμών με διαχωριστικό στρώμα σε σκληρές επιστρώσεις δαπέδου



## δ) Αρμοί διαστολής σκυροδέματος

### Προσοχή!

Οι αρμοί διαστολής του σκυροδέματος πρέπει να οδηγούνται παρ' όλα αυτά- ανεξάρτητα από το είδος της επίστρωσης- μέσω της κατασκευής δαπέδου έως την άνω επιφάνεια της επίστρωσης του δαπέδου!



Σχήμα 4.25 : Κατασκευή αρμών στα σημεία αρμών του σκυροδέματος

## 4.12. Επίστρώσεις δαπέδου

Κατά τους θερμοτεχνικούς υπολογισμούς μιας θέρμανσης δαπέδου (καθορισμός της θερμοκρασίας του νερού θέρμανσης και του διαστήματος μεταξύ των σωλήνων), πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας (WLW) της επίστρωσης του δαπέδου.

Σε γενικές γραμμές, η αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας του άνω δαπέδου δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή  $R_{λ,Β} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ , ανεξάρτητα από το είδος και τη διάταξη.

### α) Πέτρινες επίστρώσεις δαπέδου

Πέτρα, κεραμικές πλάκες και άλλες κεραμικές επίστρώσεις είναι τα πιο κατάλληλα υλικά για τις θερμάνσεις δαπέδου. Οι παρακάτω συνηθισμένες εργασίες τοποθέτησης στην τεχνική τοποθέτησης πλακιδίων και πλακών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς περιορισμούς.

α) με την μέθοδο λεπτού στρώματος πάνω σε σκληρυμένη τσιμεντοκονία

β) με την μέθοδο παχέος στρώματος πάνω σε σκληρυμένη τσιμεντοκονία

γ) σε στρώμα αμμοκονίας πάνω σε διαχωριστικό στρώμα

## **β) Πλαστικά δάπεδα**

Επιστρώσεις από PVC ενδείκνυται επίσης κατά βάση για θερμάνσεις δαπέδου. Συνίσταται η κόλληση πλακιδίων ή διαδρόμων από PVC.

## **γ) Ξύλινα δάπεδα**

Επιστρώσεις από ξύλινο παρκέ μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξ' ίσου για θερμάνσεις δαπέδου. Πρέπει όμως να συνυπολογιστεί η δημιουργία αρμών. Σε αυτήν την περίπτωση συνίσταται επίσης η κόλληση. Πρέπει επίσης να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο να ανταποκρίνεται η υγρασία του ξύλου και της τσιμεντοκονίας κατά την τοποθέτηση στην τιμή που θεωρείται επιτρεπτή σύμφωνα με το πρότυπο (DIN 280)

## **δ) Υφασμάτινες επιστρώσεις δαπέδου**

Η μοκέτα θα έπρεπε σε γενικές γραμμές να κολληθεί για να επιτευχθεί μια καλύτερη θερμοπερατότητα. Το πάχος της μοκέτας δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει τα 10mm. Πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις συστάσεις του κατασκευαστή όσον αφορά τη συναρμολόγηση, την τοποθέτηση και την λειτουργία.

### **4.13. Μελέτη και υπολογισμός**

#### **4.13.1. Θερμικές ανάγκες**

##### *Εξοικονόμηση ενέργειας*

Η απαίτηση προς το μελετητή να σχεδιάσει μια εγκατάσταση θέρμανσης πρέπει να εκπληρωθεί απέναντι στον ιδιοκτήτη της οικοδομής και κάτοχο των εγκαταστάσεων θέρμανσης όχι μόνο σύμφωνα με τεχνικά αλλά και με οικονομικά κριτήρια, δηλαδή η μελέτη, η επιλογή η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας της εγκατάστασης

θέρμανσης πρέπει να διεξαχθούν και να συντονιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλισθεί μια λειτουργία που να εξοικονομεί ενέργεια.

Η αναμφισβήτητη αναγκαιότητα για βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας των εγκαταστάσεων θέρμανσης, προκύπτει κατ' αρχήν για τον μελετητή από τον νόμο για εξοικονόμηση ενέργειας (EnEG) και τους κανονισμούς εφαρμογής του νόμου αυτού, ιδιαίτερα δε από τον κανονισμό θερμοπροστασίας, τον κανονισμό εγκαταστάσεων θέρμανσης και τον κανονισμό λειτουργίας θερμάνσεων. Αυτή η "πίεση από τις αρχές", θα πρέπει πάντως να αποτελέσει κίνητρο για ακόμη πιο εκτεταμένη μελετητική συνέπεια.

#### **4.13.2. Κατασκευή της εγκατάστασης**

Κατά κανόνα μία θέρμανση κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η θαλπωρή, ακόμα και όταν επικρατούν ελάχιστες εξωτερικές θερμοκρασίες.

Ο σχεδιασμός αυτός οδηγεί πάντως σε έναν τέτοιο καθορισμό του μεγέθους της ισχύος της εγκατάστασης, η οποία, μετρημένη στην συνολική περίοδο θέρμανσης, θα χρειαστεί πολύ σπάνια. Διότι κατά τη διάρκεια περίπου του 70% της περιόδου θέρμανσης απαιτούνται μόνον 30% της εγκαταστημένης θερμικής ισχύος!

#### **4.13.3. Θερμοκρασίες του αέρα**

Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών κτιρίων κατά **DIN 4701** και τελικά ο καθορισμός του μεγέθους της εγκατάστασης, διενεργείται συνήθως για ακραίες συνθήκες, δηλαδή το χειμώνα για την χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία η οποία εμφανίζεται κατά μέσο όρο δύο ημέρες το χρόνο, ή είναι μικρότερη από αυτήν δέκα φορές σε είκοσι χρόνια!

Η θεώρηση αυτή δεν υπολογίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την συχνότητα και διάρκεια των θερμοκρασιών αναφοράς και ιδιαίτερα την πορεία της θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα επικρατεί περίπου κατά την ανατολή, δηλαδή εντός του συνηθισμένου χρόνου χρήσης.

#### **4.13.4. Βελτιστοποίηση της εγκατάστασης**

Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών των κτιρίων κατά **DIN 4701** δεν οδηγεί λοιπόν στον ιδανικό καθορισμό του μεγέθους της εγκατάστασης θέρμανσης, εάν αφ' ενός μεν υπάρχει η απαίτηση , "...ότι

δεν θα προκύψει υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας απ' όση απαιτείται για την κανονική χρήση" αφ' ετέρου δε, όταν αποδεικνύεται από την εμπειρία, ότι οι υπολογισθείσες θερμικές ανάγκες δεν ανταποκρίνονται στην πράξη με τις πραγματικές θερμικές ανάγκες.

Τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί υπ' όψη στους πίνακες και στα διαγράμματα μέγιστου φορτίου, όπου δίνονται οι τιμές των μέγιστων φορτίων. Οι τιμές μέγιστου φορτίου ισούνται αριθμητικά (για την εκάστοτε εγκατάσταση), μετά από την σωστή επιλογή, με τις υπολογισθείσες θερμικές ανάγκες, ή και τις ξεπερνούν παρ' όλο που η πραγματική απόδοση θερμότητας της επιφάνειας του δαπέδου είναι μικρότερες από τις τιμές του μέγιστου φορτίου. Με τις τιμές μέγιστου φορτίου πάντως καλύπτονται οι πραγματικές θερμικές ανάγκες.

Οι θερμικές ανάγκες ( $Q_H$ ) σύμφωνα με τα πρότυπα, ακόμα και σε καιρικές συνθήκες που αντιστοιχούν σε αυτά τα πρότυπα, δεν ταυτίζονται με την απαιτούμενη ισχύ στην πραγματική λειτουργία της θέρμανσης. Αυτές θα είναι κατά κανόνα μικρότερες, επειδή π.χ. οι τιμές των υλικών περιέχει προσαυξήσεις ασφάλειας και εκτός αυτού οι υπολογισμένες πρότυπες θερμικές ανάγκες αερισμού δεν εμφανίζονται ποτέ ταυτόχρονα σε όλα τα τμήματα του κτιρίου. Η προτροπή του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Οικονομικών (BMWI) "Για να μην καίτε τα χρήματά σας", θα πρέπει να αποτελεί για τον μελετητή στόχο και πρόκληση, ώστε να συμφωνήσει ανάλογα με τον ιδιοκτήτη για τον καθορισμό του μεγέθους της εγκατάστασης, ώστε να εξοικονομηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο ενέργεια και χρήματα.

#### 4.13.5. Υπολογισμός των θερμικών αναγκών

Η θερμική ισχύ μιας εγκατάστασης θέρμανσης πρέπει να υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι απαιτούμενες θερμικές ανάγκες. Η στιγμιαία ισχύς που πρέπει να αποδίδεται από την εγκατάσταση θέρμανσης πρέπει να είναι τόσο μεγάλη, ώστε υπό τις υπάρχουσες συνθήκες, όπως θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, καιρικές συνθήκες (άνεμος, ηλιακή ακτινοβολία), θερμοκρασία χώρου να μπορεί να εξασφαλιστεί η θερμική ισορροπία του κτιρίου (**θερμική απώλεια από το κτίριο = παροχή θερμότητας από την εγκατάσταση θέρμανσης**). Εδώ η ισορροπία μπορεί να θεωρηθεί σαν μία συγκεκριμένη, απαιτούμενη θερμοκρασία του χώρου, που αποτέλεσε τη βάση για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών.

Οι παραπάνω αναφορές (υπολογισμός της εγκατάστασης) δεν θα έπρεπε να παραληφθούν στο θέμα αυτό.

Οι θερμικές ανάγκες υπολογίζονται σύμφωνα με το **DIN 4701**, έκδοση 83 και για το εξωτερικό σύμφωνα με τις εκεί ισχύουσες οδηγίες. Για τον προγραμματισμό μίας θέρμανσης δαπέδου REHAU μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ήδη υπάρχων υπολογισμός αναγκών ή να διεξαχθεί ένας τέτοιος υπολογισμός με διάθεση του απαραίτητου έντυπου υλικού.

#### 4.13.6. Καθαρές θερμικές ανάγκες

Οι νόμοι της θερμοδυναμικής (θερμότητα) αναφέρουν μεταξύ άλλων: Ένα ρεύμα θερμότητας <<ρέει>> μόνο από το ανώτερο προς το κατώτερο θερμοκρασιακό επίπεδο.

Το γεγονός αυτό επιτρέπει κατά τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος, να μην ληφθεί υπ' όψη η θερμική απώλεια του χώρου μέσω του δαπέδου, η οποία έχει ήδη υπολογισθεί στον υπολογισμό θερμικών αναγκών.

Για τον υπολογισμό της θέρμανσης δαπέδου REHAU, οι καθαρές θερμικές ανάγκες  $Q_{ber}$  παίζουν αποφασιστικό ρόλο. Αυτές προκύπτουν από τις πρότυπες θερμικές ανάγκες  $Q_N$  μείον τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες  $Q_F$  μέσω του δαπέδου.

$$Q_{ber} = Q_N - Q_{Fb}$$

$$Q_N = \text{Θερμικές ανάγκες κατά DIN 4701 σε W}$$

$$Q_{Fb} = \text{Θερμικές απώλειες μέσω δαπέδου σε W}$$

$$Q_{ber} = \text{Καθαρές θερμικές ανάγκες σε W}$$

Κατά τον υπολογισμό εγκατάστασης θέρμανσης δαπέδου πρέπει να ληφθεί υπ' όψη εάν το κτίριο θα θερμαίνεται αποκλειστικά από την εγκατάσταση, ή εάν η εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθεί μόνο σαν θέρμανση βασικού ή μερικού φορτίου. Αντίστοιχα, οι θερμικές ανάγκες του χώρου θα ληφθούν υπ' όψη μόνο κατ' αναλογία.

#### 4.13.7. Θερμότητας από την οροφή.

Όταν εξοπλίζονται πολυώροφα κτίρια με θερμάνσεις δαπέδου, θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στον υπολογισμό και το κέρδος θερμότητας για τον υποκείμενο χώρο από την ενδιάμεση οροφή.

Επειδή όμως πρέπει να υπολογίζεται, ότι ο υπερκείμενος χώρος ενδέχεται να μην θερμαίνεται καθόλου ή όχι με πλήρη ισχύ, προτείνεται να μην υπολογίζεται το κέρδος θερμότητας από την οροφή και να θεωρείται σαν "σιωπηλό απόθεμα".

#### 4.1.3.8. Ειδική ανάγκη θερμότητας

Αυτή ορίζει το ανά μονάδα επιφάνειας ( $m^2$ ) απαραίτητο, καθαρό ποσό θερμότητας σε σχέση με την απόδοση θερμότητας της θερμαντικής επιφάνειας προς τα πάνω.

$$q_{ber} = Q_{ber} / A_{Fb}$$

$q_{ber}$  = ειδική, καθαρή ανάγκη θερμότητας σε  $W/m^2$

$A_{Fb}$  = επιφάνεια του δαπέδου σε  $m^2$

Η τιμή αυτή είναι η βάση για τον περαιτέρω υπολογισμό της θέρμανσης δαπέδου REHAU.

Η τήρησή της από άποψη φυσιολογίας ανεκτής μέγιστης θερμοκρασίας επιφανείας του δαπέδου έχει απόλυτη προτεραιότητα για την επιφάνεια διαμονής ενός χώρου, και έτσι, έχει καθοριστεί μέσω της φυσικής και το μέγιστο δυνατό ειδικό ποσό θερμότητας σε σχέση με την θερμαινόμενη επιφάνεια του δαπέδου.

#### 4.13.9. Θερμική ισχύς της θέρμανσης δαπέδου

Στην θέρμανση δαπέδου χρειάζεται για την εξασφάλιση των λειτουργιών της ροής της θερμότητας σε όλες τις πιθανές καιρικές συνθήκες, ένα επίπεδο θερμοκρασίας της επιφάνειας του δαπέδου, υψηλότερο από αυτό του αέρα του χώρου, το οποίο πρακτικά δεν θα επιτρέπει την εμφάνιση του δυσάρεστου συναισθήματος <<κρύα πόδια λόγω των ψυχρών επιφανειών των δαπέδων>>. Από την άλλη δεν επιτρέπεται ακόμα και υπό το πνεύμα της υψηλής ισχύος των θερμαντικών επιφανειών, να αυξάνονται χωρίς όρια οι θερμοκρασίες της επιφάνειας των δαπέδων.

#### 4.13.10. Απόδοση θερμότητας της επιφάνειας του δαπέδου

Βασικά, ισχύει ότι η απόδοση θερμότητας της επιφάνειας του δαπέδου αποτελείται από ποσοστά της θερμικής ακτινοβολίας και μεταφοράς (μεταφορά θερμότητας μέσω ροής αέρα). Τα ποσοστά αυτά υπολογίζονται με τον τελικό συντελεστή θερμοπερατότητας  $\alpha_{ges}$  σε  $(W/m^2K)$ , ο οποίος μπορεί να θεωρηθεί σαν σχετικά σταθερός.

Ο συντελεστής βρίσκεται στην περιοχή γύρω από τα  $11 W/m^2$  και το μέγεθός του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ιδιαίτερα από:

- Θερμοκρασία επιφάνειας των δαπέδων
- Θερμοκρασία του αέρα του χώρου
- Ταχύτητα του αέρα στη επιφάνεια του δαπέδου (επίδραση των θερμικών αναγκών αερισμού)
- Προσανατολισμός, αριθμός και μέγεθος των παραθύρων και των εξωτερικών τοίχων
- Είδος της επίστρωσης δαπέδου (λεία ή αδρή)
- Ύψος του χώρου.

Από τα παραπάνω προκύπτει η ειδικά απόδοση θερμότητας ( $q_{Fb}$ ) του δαπέδου ως εξής:

$$q_{Fb} = \alpha_{ges} \cdot t_{ue}$$

όπου για  $t_{ue}$  ισχύει

$$t_{ue} = t_{Fb} - t_i$$

Εδώ σημαίνουν:

$\alpha_{ges}$  : Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας

$t_{Fb}$  : Θερμοκρασία επιφάνειας του δαπέδου °C

$t_i$  : Θερμοκρασία χώρου σε °C

$t_{ue}$  : Υπερβαίνουσα θερμοκρασία σε °K

$q_{Fb}$  : Ειδική απόδοση θερμότητας του δαπέδου  $W/m^2$

#### 4.13.11.Ροή θερμότητας του θερμαινόμενου δαπέδου προς τα κάτω

Μία θερμαινόμενη κατασκευή δαπέδου αποδίδει φυσιολογικά την θερμότητα προς τα πάνω και προς τα κάτω. Η σχέση της ροής της θερμότητας προς τα πάνω και προς τα κάτω μπορεί να επηρεασθεί από τις αντιστάσεις θερμοπερατότητας των εκάστοτε στρωμάτων της κατασκευής (τόσο προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω). Επειδή όμως σε μία θέρμανση δαπέδου η κύρια απόδοση θερμότητας πρέπει να γίνεται προς τα πάνω για να μειωθεί η ροή θερμότητας στους του δαπέδου προς τους υποκείμενους χώρους και προς το έδαφος στην περίπτωση υπογείων, ή προς τον εξωτερικό αέρα (π.χ. σε διόδους οχημάτων, ανοικτούς χώρους παραμονής κ.λ.π.), πρέπει να τεθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις στην αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας της επίστρωσης δαπέδου, καθώς και στην θερμομόνωση κάτω από την θερμαινόμενη επιφάνεια.

Η μέγιστη τιμή της αντίστασης θερμικής αγωγιμότητας της επίστρωσης δαπέδου επιτρέπεται να είναι  $R_{\lambda B} = 0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ . Κατά τον υπολογισμό της ροής θερμότητας προς τα κάτω πρέπει να διακρίνονται και να λαμβάνονται υπ' όψη διαφορετικές δυνατότητες.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις (DIN 4108, DIN 4725), πρέπει ο μελετητής να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις αυτές επιλέγοντας τους κατάλληλους τύπου μονωτικών στρωμάτων και υπερκείμενων εγκαταστάσεων. Εάν πρέπει να επιτραπεί μεγαλύτερη ροή θερμότητας προς τα κάτω από ότι ορίζει το DIN 4725 σε σχέση με τους υποκείμενους, με τον ίδιο τρόπο θερμαινόμενους χώρους, πρέπει να γίνει κάποια συμφωνία ώστε η ροή θερμότητας μέσω του δαπέδου να υπολογίζεται για την κάλυψη των προτύπων θερμικών αναγκών του υποκείμενου χώρου. Προϋπόθεση για κάτι τέτοιο είναι ότι απόδοση θερμότητας της θέρμανσης δαπέδου του υπερκείμενου χώρου θα είναι συνεχής.

Πρέπει ακόμα να είναι γνωστή η αλλαγή ισχύος της θέρμανσης δαπέδου σε άλλα μεγέθη ροής θερμότητας προς τα κάτω. Εδώ απαιτείται από το DIN 4725 να έχει διεξαχθεί έλεγχος για την επίδραση της ροής της θερμότητας.

Σε πολυώροφα κτίρια μπορεί να συμφωνηθεί, ώστε τα θερμικά ρεύματα προς τα κάτω να υπολογίζονται στους υπερκείμενους



χώρους. Αυτό προϋποθέτει ότι η μόνωση θα γίνεται σύμφωνα με το DIN 4725.

Ο μελετητής μπορεί να πληροφορηθεί λεπτομέρειες για το θέμα αυτό από το DIN 4725.

Για έναν χονδρικό υπολογισμό μπορούμε να δεχθούμε το 15% της απόδοσης προς τα πάνω, ενώ ο ακριβής υπολογισμός πρέπει να γίνει σύμφωνα με το DIN 4725.

#### 4.13.12. Μέγεθος κυκλώματος θέρμανσης.

Το μέγεθος μιας επιφάνειας τοποθέτησης σωλήνων εξαρτάται από περισσότερους παράγοντες:

- α) Μέγιστο μέγεθος επιφάνειας του δαπέδου
- β) Μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση πίεσης
- γ) Μήκος των σωλήνων
- δ) Επιθυμητή άνεση
- ε) Προβλεπόμενη επίστρωση δαπέδου
- στ) Διάστημα τοποθέτησης του θερμοσωλήνα
- ζ) Περιορισμός της θερμοκρασίας προσαγωγής
- η) Διερχόμενοι αγωγοί
- θ) Σταθερές κατασκευές
- ι) Τυφλές επιφάνειες

Ένα μέρος των παραγόντων αυτών βρίσκονται σε αλληλεπίδραση, π.χ. β/γ ή δ/ε/στ. Σίγουρα πρέπει να καθοριστεί, σε ποιόν τομέα (κατοικίες ή βιομηχανία) θα εγκατασταθεί η θέρμανση δαπέδου REHAU, επειδή τότε, ορισμένα από τα παραπάνω κριτήρια δεν έχουν πλέον βαρύτητα, ή μπορούν να παρακαμφθούν με την λήψη κατάλληλων μέτρων.

### α) Μέγιστη επιφάνεια δαπέδου

Για το δάπεδο από τσιμεντοκονία ισχύουν εδώ σαφείς κανονισμοί:

Οι αρμοί πρέπει να διαμορφώνονται ως εξής :

- Αρμοί διαστολής του οικοδομήματος  
(πρέπει να παραλαμβάνονται)
- σε διόδους με πόρτες
- σε χώρους με πολλά ιδιαίτεως εύθραυστα σημεία  
(δωμάτια σε σχήμα Γ)
- για την οριοθέτηση των πεδίων του δαπέδου:

Επιφάνεια δαπέδου	:	μέγιστη τιμή 40 m <sup>2</sup>
Μήκος πλευράς	:	μέγιστη τιμή 8 m
Σχέσεις πλευρών a/b	:	μέγιστη τιμή 1:2

Ακόμη και εάν μπορούσα να εκπληρωθούν τα άλλα κριτήρια, πρέπει σε πρώτη προτεραιότητα να ληφθεί υπ' όψη η διαμόρφωση των αρμών.

Σχετικά με το σχέδιο των αρμών συνιστάται η διαμόρφωση γνώμης μετά από συζήτηση με τον τεχνίτη που τοποθετεί το σκυρόδεμα.

### β) Μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση πίεσης

Εδώ θα έπρεπε να ληφθεί υπ' όψη η μέγιστη ταχύτητα του νερού, με την οποία επιτρέπεται να εισέλθει αυτό στο θερμοσωλήνα, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία θορύβων. Σε αυτήν πρέπει να δοθεί προσοχή ειδικά κατά την οικοδόμηση κατοικιών.

Εδώ ισχύει:

Μέγιστη ταχύτητα του νερού στο θερμοσωλήνα: 0.7 m/s.

Στα κτίρια με γραφεία, όπου επικρατεί γενικότερα περισσότερος θόρυβος, μπορεί να τεθεί η τιμή του 1m/s.

Από την ταχύτητα του νερού εξαρτάται τότε η ειδική απώλεια πίεσης στον σωλήνα, (τιμή R π.χ, 1mbar/m= 0.1 kPa=100 Pa) από την οποία πάλι προκύπτει, σε συνδυασμό με το προβλεπόμενο μήκος του σωλήνα, η ολική απώλεια πίεση του – αναφερόμενου στον σωλήνα-κυκλώματος θέρμανσης. Ανάλογα με αυτήν πρέπει να υπολογισθεί αργότερα ο κυκλοφορητής.

Επειδή εδώ αναφερόμαστε στο θερμοσωλήνα της REHAU RAUTHERM S 17x2 (σωλήνας σταθερής διατομής), συνδέεται η παροχή V με την ταχύτητα του νερού(v) συγχρόνως, η οποία παροχή με την σειρά της μεταφέρει σε συνδυασμό με τη διαφορά της θερμοκρασίας παραγωγής και επιστροφής ( $\Delta t$ ) την απαραίτητη ποσότητα θερμότητας για το δωμάτιο στα αντίστοιχα κυκλώματα θέρμανσης. Για αυτή την περίπτωση ορίζει ο νόμος του Fourier:

$$Q=V \times \rho \times c \times \Delta t$$

Q= Θερμική ισχύς σε W

V= Παροχή σε  $m^3/s$

$\rho$ = Πυκνότητα (νερού σε  $Kg/m^3$ )

c= Ειδική θερμοχωρητικότητα (νερό) σε  $J/kg \cdot K$

c= 4,18  $kJ/kg \cdot K$

Στις κατασκευές κατοικιών η μέγιστη απώλεια πίεσης ενός κυκλώματος θέρμανσης δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει τα 300 mbar , για να υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης συνηθισμένων κυκλοφορητών θερμάνσεων. Σε περίπτωση υψηλότερων απωλειών πίεσης θα πρέπει να προβλεφθούν άλλες διατάξεις κυκλώματος θέρμανσης (περισσότερα κυκλώματα θέρμανσης, ενδεχομένως διαφορετική τοποθέτηση των διανομέων κυκλωμάτων θέρμανσης, ή και πρόβλεψη για ακόμα περισσότερους, ώστε να μειωθεί το μήκος των αγωγών σύνδεσης).

#### γ) Μήκος των σωλήνων

Σε εξάρτηση από τα δεδομένα μήκη που έχουν οι κουλούρες σωλήνων, προκύπτουν τα μέγιστα μεγέθη κυκλωμάτων θέρμανσης, τα οποία υπό ορισμένες προϋποθέσεις εξαρτώνται από το προβλεπόμενο διάστημα τοποθέτησης (VA).

## **δ) Επιθυμητή άνεση**

Αυτή επηρεάζει τελικά τα κυκλώματα θέρμανσης, έμμεσα επειδή για την άνεση στην προκειμένη περίπτωση παίζουν ρόλο η επιθυμητή επίστρωση δαπέδου και η όσο το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας. Η κατά το δυνατόν πιο ομοιόμορφη θερμοκρασία επιφανείας επιτυγχάνεται με το μικρότερο δυνατό διάστημα τοποθέτησης των σωλήνων και με επιστρώσεις δαπέδου οι οποίες προκαλούν την καλή κατανομή της θερμότητας

## **ε) Προβλεπόμενη επίστρωση δαπέδου**

Η διακύμανση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του δαπέδου πρωταρχικά από το διάστημα τοποθέτησης του θερμοσωλήνα, αλλά και από την επίστρωση του δαπέδου. Ένα παχύ χαλί π.χ. με το ίδιο διάστημα σωλήνων προκαλεί μικρότερη διακύμανση από ότι για παράδειγμα τα πλακάκια. Η αιτία είναι η σχετικά μεγαλύτερη αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας (WLW) , η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη κατανομή. Εδώ πρέπει πάντως να δεχθούμε, ότι θα υπάρχει και υψηλότερη θερμοκρασία του νερού θέρμανσης.

## **στ) Διάστημα τοποθέτησης του θερμοσωλήνα**

Ειδικά όταν ο ιδιοκτήτης επιθυμεί θέρμανση δαπέδου, συμβαίνει πολύ συχνά να ζητούνται και πλακάκια σαν υλικό επίστρωσης (κατασκευή κατοικιών). Ειδικά σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει τα διαστήματα τοποθέτησης να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα . Έτσι όμως, με το ίδιο μήκος σωλήνων, τα κυκλώματα θέρμανσης, γίνονται μικρότερα.

## **ζ) Περιορισμός της θερμοκρασίας προσαγωγής**

Η θερμοκρασία προσαγωγής και με αυτόν τον τρόπο η μέση θερμοκρασία νερού θέρμανσης μπορούν βασικά να αυξηθούν κατά την λειτουργία τόσο, ώστε να μην ξεπεραστούν οι επιτρεπόμενες θερμοκρασίες επιφάνειας. Η απαραίτητη θερμοκρασία προσαγωγής για την επίτευξη συγκεκριμένων θερμοκρασιών επιφανείας (επειδή πρέπει να επέλθει μία συγκεκριμένη , απαιτούμενη απόδοση θερμότητας), εξαρτάται πάντως καθαριστικά από την προβλεπόμενη επίστρωση δαπέδου.

Σε περίπτωση που η θερμοκρασία προσαγωγής δεν μπορεί ή δεν πρέπει να αυξηθεί κατά βούληση, πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για την επίτευξη της απαραίτητης θερμοκρασίας επιφάνειας μέσω μικρότερων διαστημάτων τοποθέτησης.

Ακόμα και με τον τρόπο αυτό τα κυκλώματα θέρμανσης, γίνονται μικρότερα, όλη η εγκατάσταση όμως μπορεί να λειτουργήσει οικονομικότερα.

#### **η) Εντοιχισμένες κατασκευές**

Εδώ προκύπτει το ερώτημα, εάν έχει νόημα η θέρμανση μέσω της θέρμανσης δαπέδου κάτω από τις εντοιχισμένες κατασκευές, ή ακόμα και αν κάτι τέτοιο δεν είναι μάλιστα επιθυμητό. Η απόδοση θερμότητας της θέρμανσης δαπέδου μειώνεται σε κάθε περίπτωση από τις κατασκευές και η ισχύς που λείπει πρέπει να πρέπει να αποδοθεί από την υπόλοιπη, κατελιημμένη επιφάνεια. Η μείωση ισχύος μπορεί κατά προσέγγιση να υπολογισθεί ως εξής:

- ✓ Κλειστές κατασκευές(ντουλάπια χωρίς πόδια, μπανιέρες): περ. 60%
- ✓ Ανοικτές κατασκευές ντουλάπια με πόδια και αεριζόμενα δάπεδα):40%

#### **θ) Τυφλές επιφάνειες**

Τυφλές επιφάνειες είναι επιφάνειες, οι οποίες δεν καλύπτονται με θερμοσωλήνες, που παρουσιάζουν την ίδια διαμόρφωση δαπέδου όπως οι κανονικές θερμάνσεις, επιφάνειες. Οι επιφάνειες δεν αποδίδουν θερμότητα, λαμβάνονται όμως υπ' όψη στον υπολογισμό, επειδή τα στοιχεία του συστήματος που εξαρτώνται αποκλειστικά από την επιφάνεια (όπως η μόνωση, οι περιμετρικές μονωτικές ταινίες, τα φύλλα επικάλυψης, οι πρόσθετες ουσίες του σκυροδέματος), πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό.

#### **ι) Διερχόμενοι αγωγοί**

Συχνά διαπερνούν στον προκείμενο χώρο αγωγοί σύνδεσης άλλων κυκλωμάτων θέρμανσης, Αυτοί μπορούν να ληφθούν υπ' όψη κατά τον υπολογισμό της μέγιστης απόδοσης του χώρου από άποψη απόδοσης θερμότητας, δεν υπολογίζονται όμως στην επιφάνεια του κυκλώματος θέρμανσης. Οι αγωγοί αφαιρούνται από τις συνολικές ανάγκες σε σωλήνες μίας θερμαντικής διάταξης, για να γίνει ο υπολογισμός του

πραγματικού μήκους για ένα κύκλωμα θέρμανσης. Για παράδειγμα σε διαδρόμους όπου υπάρχουν πολλοί διερχόμενοι αγωγοί, πρέπει αυτές οι ήδη κατειλημμένες επιφάνειες να αφαιρεθούν από την επιφάνεια του χώρου, ώστε με αυτόν τον τρόπο να υπολογιστεί η λεγόμενη προς κατάληψη επιφάνεια του χώρου.

#### **4.14. Διαστασιολόγηση του συστήματος**

##### **4.14.1. Προϋποθέσεις**

Για να μπορούμε να ενσωματώσουμε μία μελετημένη θέρμανση δαπέδου REHAU στην σχεδιαζόμενη εγκατάσταση, πρέπει να εκπληρωθούν ορισμένες προϋποθέσεις, έτσι ώστε να δημιουργηθούν σαφείς σχέσεις όσον αφορά τη μελέτη και να μπορεί να εκτελεστεί η τοποθέτηση ορθά από τεχνική άποψη και χωρίς προβλήματα.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω μεταξύ άλλων:

- Κατάσταση τοιχοποιίας
- Σημάδεμα μέτρου
- Υποδοχές για αγωγούς τροφοδοσίας
- Τροφοδοσία ενέργειας
- Φέρον υπόστρωμα
- Στρώματα αντιστάθμισης
- Κλίση επιφάνειας
- Διατάξεις στεγανότητας του οικοδομήματος

Επειδή η θέρμανση δαπέδου αποτελεί ένα σταθερό μέρος του κτιρίου, πρέπει να υπάρχει εναρμονισμός μεταξύ θέρμανσης δαπέδου και κτιρίου, παρόμοιος όπως για τους αγωγούς πόσιμου ύδατος και τους ηλεκτρικούς αγωγούς, για να μπορεί να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία. Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται όμως και η τεχνικά ορθή τοποθέτηση της θέρμανσης δαπέδου.

Πέραν τούτου μεγάλη σημασία έχει η όσον το δυνατόν πιο έγκυρη συνεργασία μεταξύ αρχιτέκτονα, πολιτικού μηχανικού και μελετητή της

**ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 117  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ**

θέρμανσης, έτσι ώστε να μπορούν να εναρμονιστούν όλα τα στοιχεία κατά τον καλύτερο δυνατόν τρόπο.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις εντοιχισμένες κατασκευές, οι οποίες κάτω από ορισμένες συνθήκες θα έπρεπε να τοποθετηθούν αργότερα, π.χ. εντοιχισμένες κουζίνες, εντοιχισμένες ντουλάπες, εντοιχισμένες κεραμικές θερμάνσεις.

Πρέπει επίσης να γίνει έλεγχος των αντικειμένων του οικοδομικού σχεδιασμού σε σχέση με εντοιχισμένες κατασκευές, ελεύθερες επιφάνειες και τα συναφή. Αυτός ο έλεγχος γίνεται με βάση τα οικοδομικά σχέδια( κατόψεις, τομές).

Η μελέτη και η κατασκευή της θέρμανσης δαπέδου πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες της εταιρείας REHAU AG+Co. Ο κατασκευαστής αναλαμβάνει με την υπογραφή του στο οικοδομικό συμβόλαιο την εξασφάλιση, ότι θα λάβει υπ' όψη του τις προκείμενες αρχικές παρατηρήσεις καθώς και ότι θα εκτελέσει τεχνικώς σωστά τις εργασίες.

#### **4.14.2. Βασικές αρχές σχεδιασμού**

Ο μελετητής χρειάζεται για τον συγκεκριμένο σχεδιασμό ενός αντικειμένου συγκεκριμένα στοιχεία για το είδος του αντικειμένου, καθώς και για την κατασκευή του και τον εξοπλισμό του.

Αυτός χρειάζεται οικοδομικά σχέδια, οικοδομικές περιγραφές καθώς και άλλα στοιχεία για το αντικείμενο, τα οποία θα επιτρέψουν έναν τεχνικά ορθό σχεδιασμό και θα οδηγήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο στην αποφυγή των μετέπειτα ερωτήσεων.

Μια βοήθεια στη συγκέντρωση των στοιχείων για την μελέτη και τον υπολογισμό μιας θέρμανσης δαπέδου REHAU αποτελούν τα ερωτηματολόγια αντικειμένου. Το ερωτηματολόγιο αντικειμένου θα έπρεπε αφ' ενός να παρέχει μια γενική άποψη γύρω απ' το αντικείμενο και αφ' ετέρου να βοηθήσει στον ξεκαθαρισμό ορισμένων συσχετισμών οι οποίοι δεν προκύπτουν από το οικοδομικό σχέδιο, αλλά είναι βασικοί για τη μελέτη.

Το προκείμενο φυλλάδιο χωρίζεται στα εξής μέρη:

##### **1. Ανάθεση της παραγγελίας**

2. Γενικά στοιχεία
3. Θερμοτεχνικός σχεδιασμός
4. Κατασκευή δαπέδου
5. Μονωτικά στρώματα
6. Παραλαβή φορτίων
7. Επιστρώσεις δαπέδου
8. Εγκαταστάσεις ρύθμισης

#### 4.14.3. Πρότυπα και κανονισμοί

Ήδη κατά τον σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνεται υπ όψη ένας μεγάλος αριθμός κανονισμών και διατάξεων, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται κανείς στις προκείμενες απαιτήσεις κατά την εκτέλεση του έργου.

Οι τεχνικοί κανόνες χωρίζονται ως εξής:

1. Νόμοι και διατάγματα
2. Κανονισμός κατασκευών, οικοδομικών εργασιών VOB, μέρος C
3. Πρότυπα, συστάσεις
4. Ενημερωτικά φυλλάδια DVS
5. Οδηγίες
6. Ενημερωτικά φυλλάδια

#### 4.14.4. Υπολογισμός του μέγιστου φορτίου

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ελεγχθεί εάν η συνολική μέγιστη απόδοση είναι σε θέση να καλύψει τις θερμικές ανάγκες σε συνάρτηση με τη μέση θερμοκρασία του νερού θέρμανσης. Το φορτίο πρέπει να ανταποκρίνεται τουλάχιστον στις θερμικές ανάγκες. Εάν αυτή η προϋπόθεση δεν ικανοποιείται πρέπει να επαναληφθεί ο υπολογισμός



με τιμές μέγιστης απόδοσης για μια υψηλότερη μέση θερμοκρασία του νερού θέρμανσης.

Εάν παρά την εκλογή άλλων επιστρώσεων δαπέδου με μικρότερες αντιστάσεις θερμικής αγωγιμότητας WLW δεν υπάρχει δυνατότητα κάλυψης, πρέπει να διευκρινιστεί, εάν και σε ποιο βαθμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θέρμανση δαπέδου REHAU ως θέρμανση μερικού ή ολικού φορτίου. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να επαληθευτεί εάν πρέπει να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετες θερμαντικές επιφάνειες και ποια μορφή θα έπρεπε αυτές να παρουσιάζουν.

Λάβετε επίσης υπ' όψη σας στα πλαίσια του υπολογισμού της μέγιστης απόδοσης και τις επεξηγήσεις των παρακάτω παραγράφων:

- Είδη τοποθέτησης διάταξης θερμοσωλήνων
- Καθαρές θερμικές ανάγκες
- Κέρδος θερμότητας από την οροφή
- Ειδικές θερμικές ανάγκες
- Συνολική ποσότητα θερμότητας ανά κύκλωμα θέρμανσης
- Θερμική ισχύς
- Μέγεθος κυκλώματος θέρμανσης
- Περιμετρικές ζώνες/επιφάνειες διαμονής
- Υπολογισμός πτώσης πίεσης

#### **α) Μέση θερμοκρασία νερού θέρμανσης $t_{HM}$**

Ο μελετητής (κατασκευαστής θερμάνσεων, σχεδιαστής) πρέπει να έχει στη διάθεσή του κατά την έναρξη της μελέτης μίας θέρμανσης δαπέδου REHAU στοιχεία για τις θερμικές ανάγκες και την επιθυμητή επίστρωση δαπέδου. Ξεκινώντας από αυτά τα στοιχεία μπορεί πια να υπολογίσει σε συνάρτηση από το διάστημα τοποθέτησης των θερμοσωλήνων VA την απαιτούμενη μέση θερμοκρασία του νερού θέρμανσης, η οποία πρέπει να υπάρχει για την κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών. Εάν είναι γνωστή η απαιτούμενη μέση θερμοκρασία του νερού θέρμανσης πρέπει να καθοριστεί για τον δυσμενέστερο χώρο η διαφορά θερμοκρασία  $\Delta t$ , επειδή από τον

καθορισμό της εξαρτώνται οι διαφορές θερμοκρασίας των άλλων χώρων.

### **β) Διαφορά θερμοκρασίας $\Delta t$**

Η διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta t$  θα πρέπει να καθοριστεί μεταξύ 5 και 10K για τον δυσμενέστερο χώρο (κύκλωμα θέρμανσης). Μικρές διαφορές θερμοκρασίας παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να παραμείνουν σχετικά μικρές και οι διαφορές θερμοκρασίας των άλλων κυκλωμάτων θέρμανσης (αναλόγως της μέσης θερμοκρασίας του νερού θέρμανσης). Πρέπει όμως να δοθεί σε κάθε περίπτωση προσοχή στις απώλειες πίεσης που προκύπτουν.

Οι διαφορές θερμοκρασίας των άλλων κυκλωμάτων θέρμανσης δεν θα έπρεπε πάντως να υπερβαίνουν τους 16K, έτσι ώστε να μπορεί να εξασφαλιστεί μία ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στην επιφάνεια του δαπέδου.

Ως πρακτικός κανόνας μπορεί να ληφθεί το εξής: όσο περισσότερο συγκλίνουν οι υπολογισθείσες μέσες θερμοκρασίες του νερού θέρμανσης, τόσο πιο μεγάλη μπορεί να εκλεγεί η διαφορά θερμοκρασίας με το δυσμενέστερο κύκλωμα θέρμανσης (= μέγιστη μέση θερμοκρασία νερού θέρμανσης), επειδή σε αυτή την περίπτωση συγκλίνουν οι διαφορές θερμοκρασίας των "ευνοϊκών" κυκλωμάτων θέρμανσης. Αν οι διαφορές θερμοκρασίας πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους (περισσότερα από 10K μεταξύ δυσμενέστερου κυκλώματος θέρμανσης- μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας - και ευνοϊκότερου κυκλώματος θέρμανσης-μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας), πρέπει να αυξηθεί ή να μειωθεί το διάστημα τοποθέτησης σε μεμονωμένα κυκλώματα θέρμανσης έτσι ώστε να εξισωθούν κάπως οι διαφορές θερμοκρασίας.

### **γ) Μη ευνοϊκός χώρος.**

Με βάση τη μέγιστη θερμοκρασία προσαρμογής  $t_v$  (σε βαθμούς °C), η οποία απαιτείται για τον λιγότερο ευνοϊκό χώρο –κατά κανόνα ο χώρος με τις υψηλότερες ειδικές θερμικές ανάγκες ή/ και με τη λιγότερη ευνοϊκή επίστρωση δαπέδου (μέγιστος WLW )- μπορεί να υπολογιστεί η απαιτούμενη διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta t$  (σε K) για τον προκείμενο χώρο και κύκλωμα θέρμανσης, έτσι ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη μέση θερμοκρασία νερού θέρμανσης  $t_{hm}$ .

#### 4.14.5. Ο υπολογισμός πτώσης πίεσης

Ο υπολογισμός πτώσης πίεσης χρησιμεύει στον καθορισμό του μεγέθους του κυκλοφορητή. Στην περίπτωση αυτή καθορίζεται η προσωρινή, απαιτούμενη παροχή  $V_v$  (ποσότητα ροής του νερού θέρμανσης) σε συνάρτηση με τις καθαρές θερμικές ανάγκες  $Q_{ber}$  και την επιθυμητή διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta t$  μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής.

Στον υπολογισμό πτώσης πίεσης πρέπει να χρησιμοποιηθεί για το  $Q$  η συνολική απαιτούμενη θερμική ισχύς ( $Q_{HK}$ ), η οποία πρέπει να αποδοθεί στο σύνολό της στο κύκλωμα θέρμανσης, έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν όλες οι αποδοθείσες θερμικές ισχύεις.

Απόδοση θερμότητας της θερμαντικής διάταξης προς τα άνω:

$Q_{o,t}$  σε W

+Απόδοση θερμότητας της θερμαντικής διάταξης προς τα κάτω:  $Q_u$  σε W

+Απόδοση των αγωγών σύνδεσης της θερμαντικής διάταξης:  $Q_{A,HR}$  W

- Απόδοση θερμότητας των διερχόμενων αγωγών σύνδεσης:  $Q_{A,d}$  σε W

---

=Συνολική απόδοση θερμότητας για ένα κύκλωμα θέρμανσης:  $Q_{HK}$  σε W

Η συνολική ποσότητα θερμότητας που πρέπει να αποδοθεί σε ένα κύκλωμα θέρμανσης και μάλιστα περιορίζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- 1) Την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία επιφανείας
- 2) Την χρησιμοποιούμενη επίστρωση του δαπέδου(αντίσταση θερμικής αγωγιμότητας) με μέγιστη τιμή  $R_{\lambda,B}=0,15$  m<sup>2</sup>K/W
- 3) Την μέγιστη θερμοκρασία προσαγωγής που μπορεί να επιτευχθεί από τη μονάδα παραγωγής θερμότητας (π.χ. σε μια αντλία θερμότητας)
- 4) Την μέγιστη ανεκτή απώλεια πίεσης αναφορικά προς τον κυκλοφορητή.

Η συνολική πίεση ενός κυκλώματος θέρμανσης δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει τα 300mbar ανάλογα με τον τύπο του κυκλοφορητή και τις επικρατούσες συνθήκες ( μέγιστη πτώση πίεσης της θέρμανσης δαπέδου, πτώσεις πίεσης από τη μονάδα παραγωγής θερμότητας, τους προσαγωγούς , τα διάφορα εξαρτήματα και τα παρόμοια). Εάν παρουσιάζονται μεγαλύτερες απώλειες πίεσης πρέπει να δοθεί προσοχή κατά την εκλογή του κυκλοφορητή στο μέγιστο μανομετρικό ύψος της αντλίας σε συνάρτηση με την απαιτούμενη παροχή. Πέραν τούτου δεν επιτρέπεται να υπερβεί μία ορισμένη ταχύτητα η τιμή του νερού (v) στον σωλήνα (προβλήματα θορύβου). Ως τιμές προσανατολισμού ισχύουν εδώ οι παρακάτω:

Κατασκευή κατοικιών:  $v=0,7$  m/s το μέγιστο

Βιομηχανικές κατασκευές:  $v=1$  m/s το μέγιστο

Εάν οι απώλειες πίεσης ενός κυκλώματος θέρμανσης είναι ιδιαίτερα υψηλές, πρέπει να διαιρεθεί η προκείμενη θερμαντική επιφάνεια σε περισσότερα κυκλώματα θέρμανσης. Εάν με αυτόν τον τρόπο δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητικό αποτέλεσμα, τότε είναι το μήκος των αγωγών σύνδεσης προς τη θερμαντική διάταξη πολύ μεγάλο. Σε αυτήν την περίπτωση θα έπρεπε να εξεταστεί εάν θα μπορούσε κανείς να τοποθετήσει τον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης σε διαφορετική θέση ή να προβλέψει περισσότερους διανομείς κυκλωμάτων θέρμανσης για την επιφάνεια που πρέπει να τροφοδοτηθεί.

Επειδή τα μεμονωμένα κυκλώματα θέρμανσης μπορούν να παρουσιάσουν διαφορετικές τιμές της συνολικής πτώσης πίεσης, πρέπει να επέλθει μια εξισορρόπηση των απωλειών πίεσης, έτσι ώστε να επιτευχθεί μία ομοιόμορφη κατανομή της ποσότητας του νερού. Η εξισορρόπηση γίνεται με ρυθμιστικές βαλβίδες ακριβείας οι οποίες ευρίσκονται στο εσωτερικό των βαλβίδων επιστροφής του διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης. Κατά τον υπολογισμό απωλειών πίεσης, υπολογίζονται οι θέσεις προρύθμισης της βαλβίδας οι οποίες οδηγούν σε απώλειες πίεσης, οι οποίες εξισορροπούν στη συνέχεια από τη μεριά τους τις εκάστοτε διαφορές πίεσης των κυκλωμάτων θέρμανσης.

Οι τιμές ρύθμισης αντίστοιχα σε μία ορισμένη επιπρόσθετη πτώση πίεσης, που παρουσιάζεται σε ένα κύκλωμα θέρμανσης με την παροχή που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως για τον καθορισμό των απωλειών πίεσης. Αυτή η πτώση πίεσης που προκύπτει μέσω στραγγαλισμού από

την ρυθμιστική βαλβίδα ακριβείας ανταποκρίνεται στην διαφορά πίεσης μεταξύ της συνολικής πτώσης πίεσης  $\Delta P_{ges}$  του προκείμενου κυκλώματος πίεσης σε σύγκριση με τα άλλα κυκλώματα θέρμανσης.

#### 4.15. Θερμοσωλήνες RAUTHERM S

Οδηγίες για την τοποθέτηση

- α) Κατά την τοποθέτηση των πλεγμάτων θερμοσωλήνων πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη το σχέδιο αρμών. Η τοποθέτηση των πλεγμάτων θερμοσωλήνων επάνω από τους αρμούς των κτιρίων δεν επιτρέπεται!
- β) Η αγωγή σύνδεσης των κυκλωμάτων θέρμανσης που διασταυρώνονται αναγκαστικά με τους αρμούς διατομής του κτιρίου, πρέπει να καλύπτονται με προστατευτικούς σωλήνες (σπирάλ σωλήνας REHAU κωδ.257364), όπως επίσης και τα κυκλώματα θέρμανσης όταν τοποθετούνται επάνω από άλλους αρμούς διατομής.
- γ) Συνιστάται το ίδιο προστατευτικό μέτρο με τους θερμοσωλήνες σε περιπτώσεις ρηγμάτων στους τοίχους ή στις οροφές καθώς και κατά την έξοδο των θερμοσωλήνων από την τσιμεντοκονία, π.χ. στη σύνδεση με το διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης.

Σε αλλαγές διεύθυνσης που αποκλίνουν από τις τιμές που δίνονται παρακάτω πρέπει τουλάχιστον να τηρείται οπωσδήποτε η ελάχιστη ακτίνα κάμψης για τους θερμοσωλήνες RAUTHERM S 17 x 2,0.

##### 4.15.1. Κάμψεις σωλήνων

Οι θερμοσωλήνες RAUTHERM S είναι εύκαμπτοι και μπορούν να τοποθετηθούν "εν ψυχρώ".

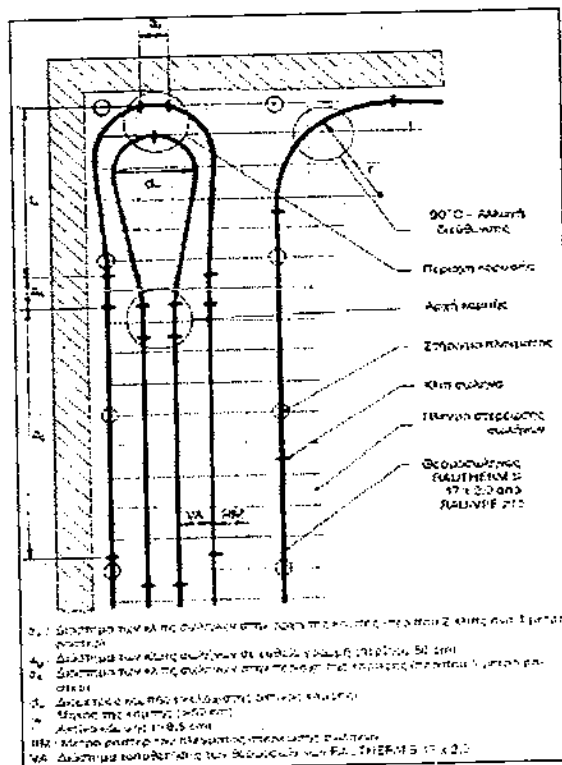
Η επιτρεπόμενη ακτίνα κάμψης είναι

σε  $>0^{\circ}\text{C}$ : 85 mm (5 x D)

σε περίπου  $130^{\circ}\text{C}$ : 51 mm (3 x D)

(D εξωτερική διάμετρος του σωλήνα, εδώ 17mm)

Ακτίνες κάμψης με ελάχιστη ακτίνα 3xD είναι δυνατόν να διαμορφωθούν μόνο "εν θερμώ".



**Σχήμα 4.26:** Καμπή και αλλαγή διεύθυνσης στη διάταξη θερμοσωλήνων

Με έναν κατάλληλο ανεμιστήρα (περίπου 2000W το πολύ 180 °C) θερμαίνεται ο σωλήνας στην θερμοκρασία κάμψης, που είναι περίπου 130°C (μέχρι να γίνει ο σωλήνας VPE καθαρός/διαφανής) και κάμπτεται με τον αντίστοιχο οδηγό. Να αποφεύγεται η υπερθέρμανση

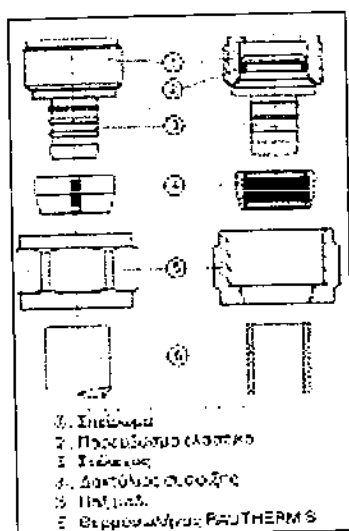
#### 4.15.2. Συνδέσεις σωλήνων

Για τη σύνδεση θερμοσωλήνων RAUTHERM με μεταλλικά υλικά επιτρέπεται η χρήση μόνο κατάλληλων κοχλιοτών συνδέσεων με ρακόρ (π.χ. κατά DIN 8076). Πλεονεκτική είναι η χρήση των κοχλιοτών συνδέσεων REHAU

Συνιστάται να υπάρχει ελεύθερη πρόσβαση στην εγκατάσταση αυτών των συνδέσεων σωλήνων και η τελική σύσφιξη τους να γίνει μετά από μερικές ώρες.

**Οι θερμοσωλήνες RAUTHERM S δεν συγκολλούνται!**

#### 4.15.3. Δημιουργία των συνδέσεων σωλήνων στον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης

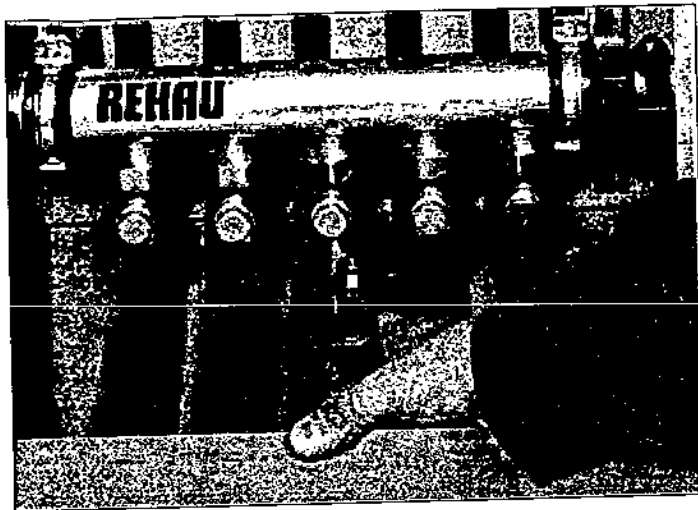


Σχήμα 4.27: Εξαρτήματα σύνδεσης

Η τοποθέτηση του σωλήνα ξεκινά από τον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης. Ο θερμοσωλήνας συνδέεται μέσω των εξαρτημάτων σύνδεσης με τη βαλβίδα προσαγωγής.

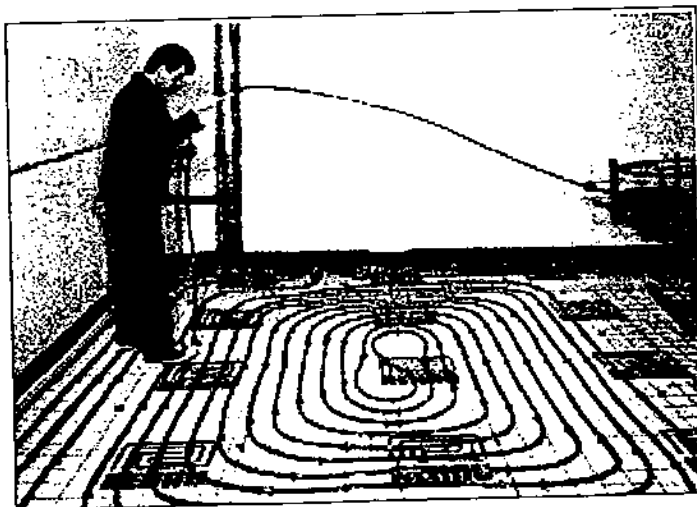
Συναρμολόγηση της σύνδεσης :

- Ενθυλάκωση του στελέχους
- Στερέωση του δακτύλιου σύσφιξης στην άκρη του σωλήνα
- Εισαγωγή του θερμοσωλήνα μέσα στο στέλεχος
- Σύσφιξη στο παξιμάδι



Σχήμα 4.28: Σύνδεση θερμοσωλήνα με την βαλβίδα προσαγωγής κυκλώματος θέρμανσης

Στη συνέχεια εγκαθίσταται ο θερμοσωλήνας στα κλίπς σωλήνων που έχουν τοποθετηθεί για το δίκτυο προσαγωγής του κυκλώματος θέρμανσης, μέχρι την ολοκλήρωση της "προβλεπόμενης" επιφάνειας του κυκλώματος θέρμανσης. Από την εξωτερική περιοχή μέχρι τη μέση της επιφάνειας του κυκλώματος θέρμανσης τοποθετείται ο θερμοσωλήνας, σε διπλό διάστημα τοποθέτησης, μέσα στα κλίπς σωλήνων. Μετά από τη δημιουργία της καμπής οδηγείται ο θερμοσωλήνας – σαν επιστροφή θέρμανσης πλέον- πίσω προς τον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης.

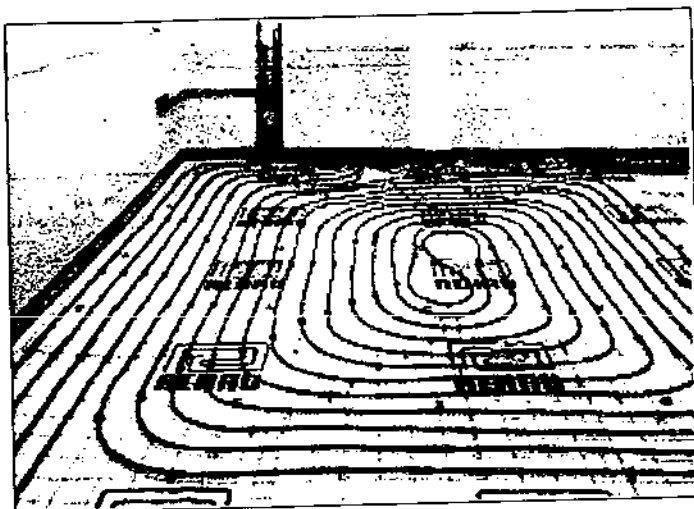


Σχήμα 4.29 : Οι θερμοσωλήνες RAUTHERM οδηγείτε πίσω στον διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης

Οι θερμοσωλήνες RAUTHERM κόβονται εύκολα και γρήγορα με τον ειδικό κόπτη σωλήνων έτσι, ώστε να μπορεί να εξασφαλιστεί μία ορθογώνια τομή, δηλ. μια στεγανή σύνδεση. Με αυτές τις εργασίες τελειώνει η τοποθέτηση ενός κυκλώματος θέρμανσης.

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 127  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ



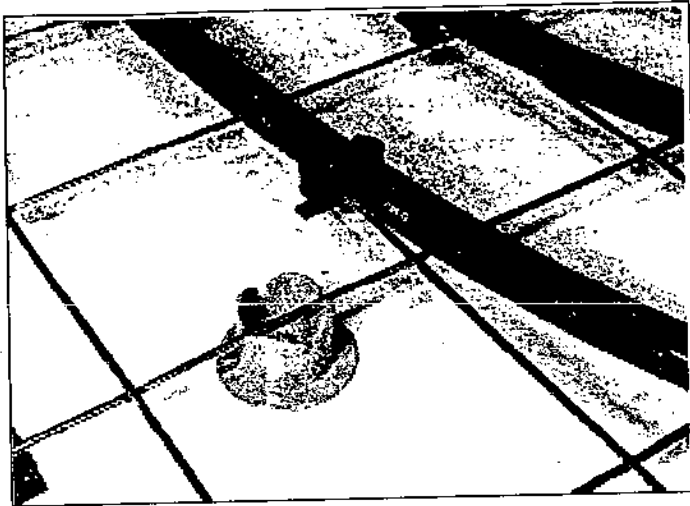


Σχήμα 4.30 : Τοποθετημένο κύκλωμα θέρμανσης

#### 4.15.4. Στηρίγματα πλέγματος REHAU

Αυτά τα ειδικά στηρίγματα πλέγματος τοποθετούνται μετά από την εγκατάσταση των σωλήνων, πριν από την τοποθέτηση της κολυμβητής τσιμεντοκονίας—κάτω από τα πλέγματα στερέωσης σωλήνων και είναι έτσι διαμορφωμένα, ώστε :

- ✓ μην φθείρουν το μονωτικό στρώμα και το φύλλο επικάλυψης,
- ✓ να στηρίζεται σε πλέγμα στερέωσης σωλήνων στην απαιτούμενη απόσταση από το μονωτικό στρώμα και έτσι να εξασφαλίζεται η λειτουργία σπλισμού.
- ✓ Να είναι δυνατή η συναρμολόγηση σε οποιοδήποτε σημείο, ακόμη και ακριβώς κάτω από το θερμοσωλήνα RAUTHERM S.
- ✓ Για μία ιδανική λειτουργία συνιστάται η τοποθέτηση τουλάχιστον 4 στηριγμάτων πλέγματος ανά  $m^2$ .



Σχήμα 4.31 : Στηρίγματα και κλιπ θέρμανσης RAUTHERM

## 4.16. Πλήρωση της εγκατάστασης και δομική πίεσης

### 4.16.1. Γενικά

Πρέπει να χρησιμοποιούνται όργανα μέτρησης της πίεσης, που επιτρέπουν χωρίς πρόβλημα την ανάγνωση μίας μεταβολής της πίεσης κατά 0,1 bar. Το όργανο μέτρησης της πίεσης θα ήταν σκόπιμο να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν πιο χαμηλά στην εγκατάσταση του δικτύου.

Οι ιδιότητες του RAU-VPE 215 οδηγούν κατά τη δοκιμή πίεσης σε μία διαστολή του σωλήνα, η οποία επηρεάζει το αποτέλεσμα της δοκιμής.

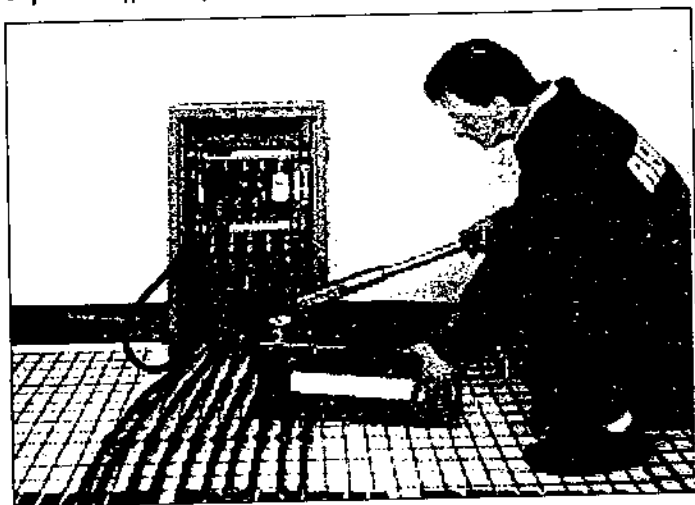
Ακόμη μπορεί να επηρεαστεί το αποτέλεσμα από την διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του σωλήνα από VPE και του περιβάλλοντος στο οποίο λαμβάνει χώρα η δοκιμή. Αυτές οι διαφορές θερμοκρασίας δημιουργούνται εξ' αιτίας του υψηλού συντελεστή θερμικής διαστολής του RAU-VPE 215, όπου μία μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 10°C αντιστοιχεί σε μία μεταβολή της πίεσης κατά 0,5 έως 1 bar. Γι' αυτό θα έπρεπε να επιδιώκεται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής πίεσης να διατηρείτε όσο το δυνατόν περισσότερο σταθερή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όπου λαμβάνει χώρα η δοκιμή.

- Νερό πλήρωσης σύμφωνα με το **VDI 2035**
- Λάστιχο πλήρωσης και εκκένωσης 1/2"
- Αντλία πίεσης

Το λάστιχο πλήρωσης συνδέεται με τον διανομέα προσαγωγής και το λάστιχο εκκένωσης με τον διανομέα επιστροφής.

Δυνατότητες σύνδεσης:

- σε μία από τις βαλβίδες του διανομέα προσαγωγής
- Κατευθείαν στο σωλήνα του διανομέα μετά από ξεβίδωμα των πωμάτων ασφαλείας και με τη χρήση συνηθισμένων στο εμπόριο μειωτήρων με διακόπτες ροής ΚΦΕ.



Σχήμα 4.32. : Διαδικασία προελέγχου της εγκατάστασης θέρμανσης

**Σημαντικό:**

Οι διακόπτες ροής στο διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης κλείνουν και παραμένουν κλειστοί καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

#### 4.16.2. Πλήρωση και έλεγχος στεγανότητας

Οι τοποθετημένοι αλλά όχι ακόμα καλυμμένοι σωλήνες πρέπει να πληρωθούν κατά τέτοιο τρόπο με φιλτραρισμένο νερό, ώστε να μην περιέχουν καθόλου αέρα.

Η πλήρωση των μεμονωμένων κυκλωμάτων θέρμανσης πραγματοποιείται διαδοχικά, όπου οι βαλβίδες των κυκλωμάτων θέρμανσης για θέρμανσης για τα εκάστοτε άλλα κυκλώματα θέρμανσης παραμένουν κλειστές:

Το εν λόγω κύκλωμα θέρμανσης γεμίζει αρχικά προς την κλειστή βαλβίδα επιστροφής. Μετά από την εξισορρόπηση της πίεσης ανοίγεται σιγά-σιγά η επιστροφή.

Όταν γεμίσει το εν λόγω κύκλωμα θέρμανσης κλείνεται αργά αρχικά η βαλβίδα επιστροφής και τελικά η βαλβίδα προσαγωγής.

Με τη σειρά γεμίζουν λοιπόν και όλα τα υπόλοιπα κυκλώματα.

Στη συνέχεια ανοίγονται όλες οι βαλβίδες - προσαγωγής και επιστροφής - και γίνεται εξαέρωση στο διανομέα κυκλωμάτων θέρμανσης.

Τελικά ελέγχεται όπως συνήθως η στεγανότητα της θέρμανσης δαπέδου REHAU και ειδικά όλα τα σημεία σύνδεσης σωλήνων.

#### **4.16.3. Τρόπος διεξαγωγής του ελέγχου πίεσης**

Ο έλεγχος πίεσης πρέπει να διεξαχθεί σαν προέλεγχος και σαν βασικός έλεγχος όπου για μικρότερα τμήματα της εγκατάστασης, όπως π.χ. δίκτυα σύνδεσης και διανομής μέσα σε υγρούς χώρους, μπορεί να θεωρηθεί επαρκής ο προέλεγχος.

#### **4.16.4. Προέλεγχος**

Για τον προέλεγχο χρησιμοποιείται μία πίεση που αναλογεί στο 1,5πλάσιο της μέγιστης δυνατής υπερπίεσης λειτουργίας, η οποία δημιουργείται 2 φορές μέσα σε 30 λεπτά και σε διαστήματα των 10 λεπτών. Στη συνέχεια και μετά από έλεγχο 30 ακόμη λεπτών δεν επιτρέπεται να έχει μειωθεί η πίεση ελέγχου κατά περισσότερο από 0,6 bar και να έχουν εμφανιστεί σημεία μη στεγανότητας.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

5.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών έγινε με την βοήθεια του πακέτου ηλεκτρονικής σχεδίασης ηλεκτρομηχανολογικών εφαρμογών 4M. Έτσι όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία βασίζονται στο παραπάνω υπολογιστικό πακέτο.

Πάλη	Παράμετρος	Τύπος	Τιμή
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	-1		
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20		
Θερμοκρασία Μη Θερμανόμενων Χώρων (°C)	12		
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10		
Μεθοδολογία Υπολογισμού (1: DIN77 2: DIN83)	2		
Τιμή Χαρακτηριστικού Αριθμού Κτηρίου (Hκ)	0.58		
Ωρες Διακοπής (0: 0 h 1: 8-12 h 2: 12-16 h)	2		
Τυπ. Τιμή Χαρακτηρικού Μεγέθους ή Αριθμού (R)	0.9		
Μέση Προσάεση Χώρου (%)	20		
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1-15)	1		
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	3.20		
Σύστημα Μονάδων (1: Kcal/h 2: Watt)	2		
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1		
Αυτόματος Υπολ. Προσαυξήσεων (1: Όχι 2: Ναι)	2		
Συντελεστής Απόδοσης του Συστήματος Θέρμανσης	0.8		

F11: Επιλογή στο Βιβλιοθήκη

Σχήμα 5.1 : Τυπικά στοιχεία κτηρίου

Κωδ.	Όνομα	Υπόστ.	Υποστ. (mm)	Υποστ. (m)	Υποστ. (m²)	Υποστ. (W/m²K)	Υποστ. (W/m²)	Υποστ. (W)	Υποστ. (K)
01	Ε	1.74	0.2	1.30	2.7	2	1		
02	Ε3	0.3	0.2	1.41	2.7	2	1		
03	Ε4	0.4	0.2	1.20	0.90	2	1		
04	Ε5	0.5	0.2	0.9	0.9	2	1		
05	Ε6	0.6	0.2	0.8	0.9	2	1		
06	Ε7	0.7	0.2	0.7	0.9	2	1		
07	Ε8	0.8	0.2	0.6	0.9	2	1		
08	Ε9	0.9	0.2	0.5	0.9	2	1		
09	Ε10	1.0	0.2	0.4	0.9	2	1		
10	Ε11	1.1	0.2	0.3	0.9	2	1		
11	Ε12	1.2	0.2	0.2	0.9	2	1		
12	Ε13	1.3	0.2	0.1	0.9	2	1		
13	Ε14	1.4	0.2	0.0	0.9	2	1		
14	Ε15	1.5	0.2	0.0	0.9	2	1		
15	Ε16	1.6	0.2	0.0	0.9	2	1		
16	Ε17	1.7	0.2	0.0	0.9	2	1		
17	Ε18	1.8	0.2	0.0	0.9	2	1		
18	Ε19	1.9	0.2	0.0	0.9	2	1		
19	Ε20	2.0	0.2	0.0	0.9	2	1		
20	Ε21	2.1	0.2	0.0	0.9	2	1		
21	Ε22	2.2	0.2	0.0	0.9	2	1		
22	Ε23	2.3	0.2	0.0	0.9	2	1		
23	Ε24	2.4	0.2	0.0	0.9	2	1		
24	Ε25	2.5	0.2	0.0	0.9	2	1		
25	Ε26	2.6	0.2	0.0	0.9	2	1		
26	Ε27	2.7	0.2	0.0	0.9	2	1		
27	Ε28	2.8	0.2	0.0	0.9	2	1		
28	Ε29	2.9	0.2	0.0	0.9	2	1		
29	Ε30	3.0	0.2	0.0	0.9	2	1		

F11: Επιλογή στο Βιβλιοθήκη

Σχήμα 5.2 : Τυπικά κατασκευαστικά στοιχεία

Κωδ.	Είδος	Μον.	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία	Αξία
Α1	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α2	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α3	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α4	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α5	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α6	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α7	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α8	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α9	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Α10	Η	"	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

1.000.000.000/1	Μηχανική	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Επιπέδωση	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Υδατοδότηση	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Αποχέτευση	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Παροχή	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Επιπέδωση	1.00	1.000.000.000
1.000.000.000/1	Αποχέτευση	1.00	1.000.000.000

Σχήμα 5.3 : Απώλειες χώρου.

**5.2. ΔΙΑΣΤΑΣΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ f-chart.** Τα σχήματα που αναφέρονται είναι [7] στην αναφορά

Το σύστημα θα λειτουργήσει στην Πάτρα.

Επιλέγω διάλυμα προπυλενογλυκόλης 20% με Σ.Π. = -8 °C (Σχήμα 3.4α σελ. 41). [7]

Θερμοχωρητική παροχή : από 3,4β σελ. 42 έχουμε ότι  $Cp_c = 4100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ .

Από θεωρία γνωρίζω  $Gc = 0,015 \frac{W}{m^2 \cdot s}$ .

Αρα  $Gc \cdot Cp_c = 61,5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  Ροδ/τος = 1

Θεωρώντας ότι  $\rho = 1 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow Gc = 0,015 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$  και  $Gr = 4.190 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  (σχήμα 3.4β) για δ/μα 0% κ.β.

Εστω  $\frac{Gc \cdot Cp_c}{G_T \cdot Cp_T} = 1 \Rightarrow G_T \cdot Cp_T = 61,5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ .

Όμως για  $GrCp_T = 61,5$  από (σχήμα 3.5 σελ. 44) έχουμε :

$$\frac{Gc \cdot Cp_c}{G_T \cdot Cp_T} = 0,57$$

Αρα και  $G_T \cdot Cp_T = 107,8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ .

Όμως για  $G_T \cdot Cp_T = 107,8 \frac{W}{m^2 \cdot C}$  θα έχουμε :  $\frac{GcCp_c + GrCpr}{2} = 84,65 \frac{W}{m^2 \cdot C}$  έχω  $\frac{GcCp_c}{GrCpr} = 0,5$ .

Συνεπώς  $G_T \cdot Cp_T = 123,0 \frac{W}{m^2 \cdot C}$ .

Άρα  $Gr = 0,029 \frac{kg}{m^2 \cdot s} \Rightarrow Gr = 0,029 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$ .

ΤΥΠΟΣ	Περιγραφή	$F_R(Ta)\eta$	$F_R U_L (W/m^2 \cdot ^\circ C)$	$F'_R/F_R$
II	Μαύρο χρώμα 2-τζάμια	0,75	S	0,90

Με την βοήθεια του σχήματος 3.3 σελ. 40 και με  $\frac{F'_R}{F_R} = 0,90$  και  $\frac{GcCp_c}{F_R U_L} = 12,3$  προκύπτει :  $\frac{\Delta T}{\Delta T'} = 0,5$ .

$$\Sigma L = \frac{\Delta T}{\Delta T'} = 0,5$$

Από σχήμα 3.6β σελ. 45 και  $\Sigma L = 0,5$   $\frac{C_{min}}{C_{max}} = 0,5$  προκύπτει  $\frac{UAe}{C_{min}} = 1 \Rightarrow Ae = 0,103 Ac$  όπου  $C_{min} = Ac \cdot GcCp_c$  και  $U = 600 \frac{W}{^\circ C}$ .

### Υπολογισμός θερμικού φορτίου (θέρμανση χώρου)

$(UA)_b = 446 W/m^2$  και  $T_{επιθυμητή} = 20^\circ C$

16ωρη λειτουργία  $\rightarrow fe = 0,85$

Ισχύει  $L = 24 (UA)_b \cdot D \cdot Fe$

Οι μήνες θέρμανσης είναι 8 για την ζώνη 3 Πάτρα.

$$D = \left\{ N \Delta T_b + \left[ 0,744 + 0,00387 Da - 0,5 \cdot 10^{-6} Da^2 \right] N \cdot e \right.$$

$$\left. e^{-\left( \frac{\Delta T_b + 11,11}{9,02} \right)^2} \right\}^+$$

$Da = 1267$  ετήσιος αριθμός βαθμομερών για τους  $18^\circ C$  για ζώνη 3 (Πάτρα).

$$\text{Άρα } D = \left\{ N \cdot \Delta T_b + (4,844) N \cdot e^{-\left( \frac{\Delta T_b + 11,11}{9,02} \right)^2} \right\}^+$$

$$L = 3,2 \cdot D \cdot 10^7 [J]$$

ΜΗΝΑΣ	ΑΡ. ΗΜΕΡΩΝ	$\Delta T_b (^\circ C)$	D	L (GJ)
I	31	9	280	8,96
Φ	28	8	225	7,20
M	31	7	219	7,00
A	30	4	128	4,10
M	31	0	30	0,96
O	31	0	30	0,96

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 134 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

N	30	4	128	4,10
Δ	31	7	219	7,00

\* Όπου  $\Delta T_b - T_{επ}$  - μέση θερμ. 24ωρου (°C)

$$\Sigma L = 59,99 \text{ GJ}$$

### Υπολογισμός θερμικού φορτίου (θέρμανση νερού χρήσης)

Μέση κατανάλωση ζεστού νερού θερμοκρασίας 60 °C

$$V_w = 250 \frac{\text{lit}}{\text{ημερ.}}$$

Θεωρώ σωλήνες διαμέτρου  $\frac{3}{4}$ " μονωμένους στους 30 °C και συνολικό μήκος 75 m.

Από θεωρία έχουμε :

$$L = L_w + L_p$$

$$L_w = N \cdot V_w \cdot \rho \cdot C_p (T_w - T_m)$$

$$L_p = N \cdot t \cdot U \cdot L$$

$$t = 57.600 \text{ sec}$$

$$U = 0,42 (60-30) = 12,6$$

ΜΗΝΑΣ	Θερμ. Κρύου νερού $T_m$ (°C)	Ημέρες μήνα (N)	Διαφ. Θερμ. $T_m - T_w$ °C	$L_w$ (GJ)	$L_p$ (GJ)	$L = L_m + L_p$ (GJ)
Ι	10	31	50	1,62	1,68	3,30
Φ	10	28	50	1,47	1,52	2,99
Μ	12	31	48	1,56	1,68	3,24
Α	15	30	45	1,41	1,63	3,04
Μ	19	31	41	1,33	1,68	3,01
Ι	21	30	39	1,22	1,63	2,85
Ι	24	31	36	1,17	1,68	2,85
Α	24	31	36	1,17	1,68	2,85
Σ	22	30	38	1,19	1,63	2,82
Ο	19	31	41	1,33	1,68	3,01
Ν	15	30	45	1,41	1,63	3,04
Δ	12	31	48	1,56	1,68	3,24



## Μέθοδος καμπυλών $f$

Από θεωρία γνωρίζω ότι :

$$\frac{x}{Ac} = \frac{F_R U_L (F' / F_R) (100 - T_a) \Delta t K_2 K_3}{L}$$

$$F_R U_L = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}, F' / F_R = 0,90$$

ΜΗΝΑΣ	$\Delta t$ (sec) $10^6$	L (GJ)	Ta(°C)	X/Ac (m <sup>-2</sup> )
Ι	2,68	12,26	12	0,038
Φ	2,42	10,19	13	0,041
Μ	2,68	10,24	14	0,046
Α	2,59	7,14	18	0,066
Μ	2,68	3,97	21	0,167
Ι	-	-	-	-
Ι	-	-	-	-
Α	-	-	-	-
Σ	-	-	-	-
Ο	2,68	3,97	21	0,167
Ν	2,59	7,14	17	0,067
Δ	2,68	10,24	14	0,046

Όπου  $L = L_{v,x} + L_{e,x}$

$$K_2 = K_3 = 1$$

$$\frac{Y}{Ac} = \frac{F_R (T_a) n F' / F_R \frac{(T_a)}{(T_a)_n} H_T K_4}{1}$$

ΜΗΝΑΣ	(τα) / (τ α) <sub>n</sub>	R	H (MJ)	H <sub>T</sub> (MJ)	L (GJ)	Y / Ac (m <sup>-2</sup> )
Ι	0,92	1,65	220	363	12,26	0,008
Φ	0,92	1,38	259	357	10,19	0,010
Μ	0,92	1,16	400	464	10,24	0,013
Α	0,91	0,96	493	473	7,14	0,020
Μ	0,89	0,85	684	581	3,97	0,061
Ι	0,88	-	-	-	-	-
Ι	0,89	-	-	-	-	-
Α	0,91	-	-	-	-	-

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 136 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

Σ	0,92	-	-	-	-	-
Ο	0,93	1,36	367	499	3,97	0,055
Ν	0,93	1,60	241	386	7,14	0,017
Δ	0,92	1,70	187	318	10,24	0,009

$$F_R(Ta)_n = 0,75, \quad F'_R / F_R = 0,90, \quad K_4 = 1$$

Για  $Ac = 50 \text{ m}^2$

ΜΗΝΑΣ	X/Ac (m <sup>2</sup> )	Y/Ac (m <sup>2</sup> )	L (GJ)	X	Y	f	fL
Ι	0,038	0,008	28,25	3,8	0,8	0,46	12,99
Φ	0,041	0,010	22,99	4,1	1,0	0,57	13,10
Μ	0,046	0,013	22,74	4,6	1,3	0,71	16,14
Α	0,066	0,020	14,44	6,6	2,0	0,90	13,0
Μ	0,167	0,061	5,71	16,7	6,1	1	5,71
Ι	-	-	-	-	-	-	-
Ι	-	-	-	-	-	-	-
Α	-	-	-	-	-	-	-
Σ	-	-	-	-	-	-	-
Ο	0,167	0,055	5,71	16,7	5,5	1	5,71
Ν	0,067	0,017	14,44	6,7	1,7	0,80	11,55
Δ	0,046	0,009	22,74	4,6	0,9	0,48	10,92

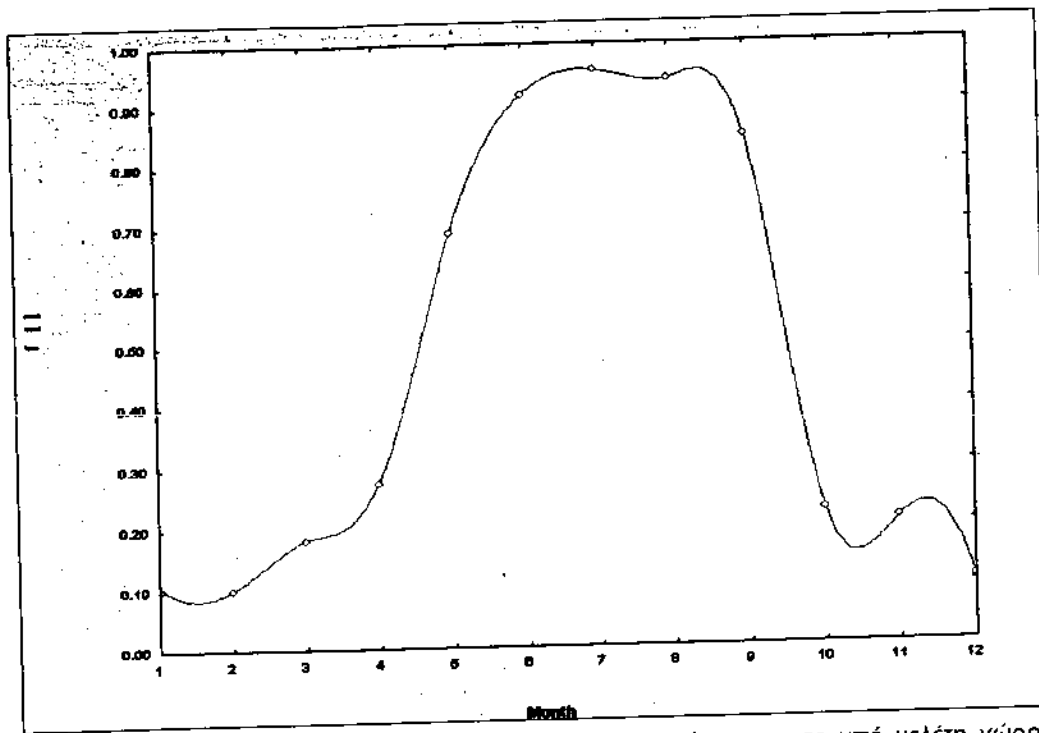
$$\Sigma L = 137,02 \text{ (GJ)}$$

$$\Sigma(fL) = 89,12$$

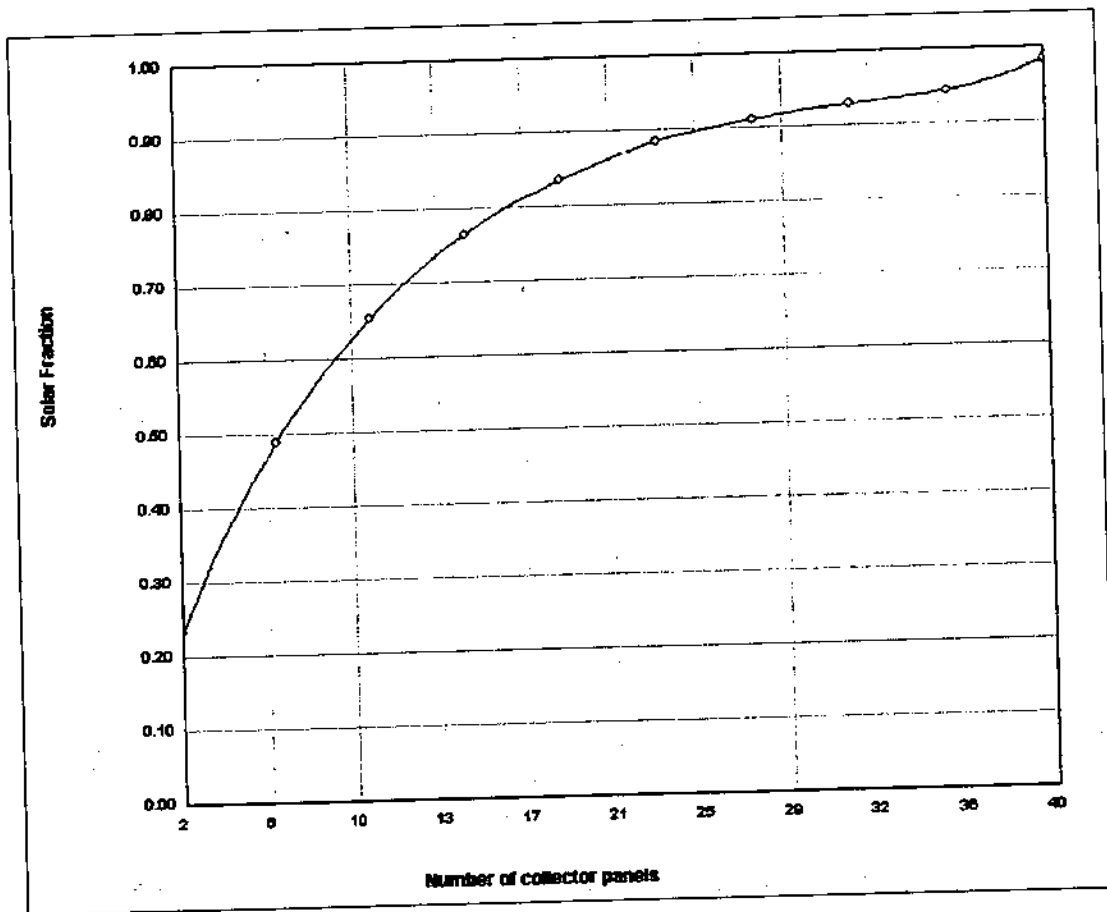
$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3$$

και κατά συνέπεια υπολογίζεται η μέση ετήσια κάλυψη :  $\frac{\Sigma(fL)}{\Sigma L} = 71,3\%$ .

Μια άλλη προσέγγιση που έγινε για την παρούσα εργασία είναι και αυτή του υπολογισμού της ετήσιας κάλυψης με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού πακέτου. Μερικές εικόνες από αυτό παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Σχήμα 5.4: Μηνιαία κάλυψη  $f$  σε σχέση με τους μήνες του έτους για το υπό μελέτη χώρο για συλλεκτική επιφάνεια  $A_c = 4 \text{ m}^2$



Σχήμα 5.5 : Διάγραμμα της μέσης ετήσιας κάλυψης σε σχέση με την συλλεκτική επιφάνεια

### 5.3. ΔΙΑΣΤΑΣΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Για την διαστασολόγηση του συγκεκριμένου χώρου με ενδοδαπέδιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πακέτο που παρέχει η εταιρεία REHAU στους επίσημους αντιπροσώπους της. Με βάση λοιπόν αυτό έχουν ληφθεί όλες οι κείμενες νομοθεσίες που ισχύουν για την θέρμανση χώρων με την ενδοδαπέδια θέρμανση, καθώς επίσης και οι προδιαγραφές.

Τα αποτελέσματα από το συγκεκριμένο υπολογιστικό πακέτο παρουσιάζονται στην συνέχεια όπως φαίνονται παρακάτω.

### 5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΩΡΟ

Ο υπολογισμός των συγκεκριμένων παραμέτρων έγινε με την χρήση του υπολογιστικού πακέτου IDA climate & Energy v.3.0. Στο συγκεκριμένο λογισμικό γίνεται μια πλήρης εξομοίωση του υπό μελέτη χώρου σε πραγματικές συνθήκες και πραγματικό χρόνο.

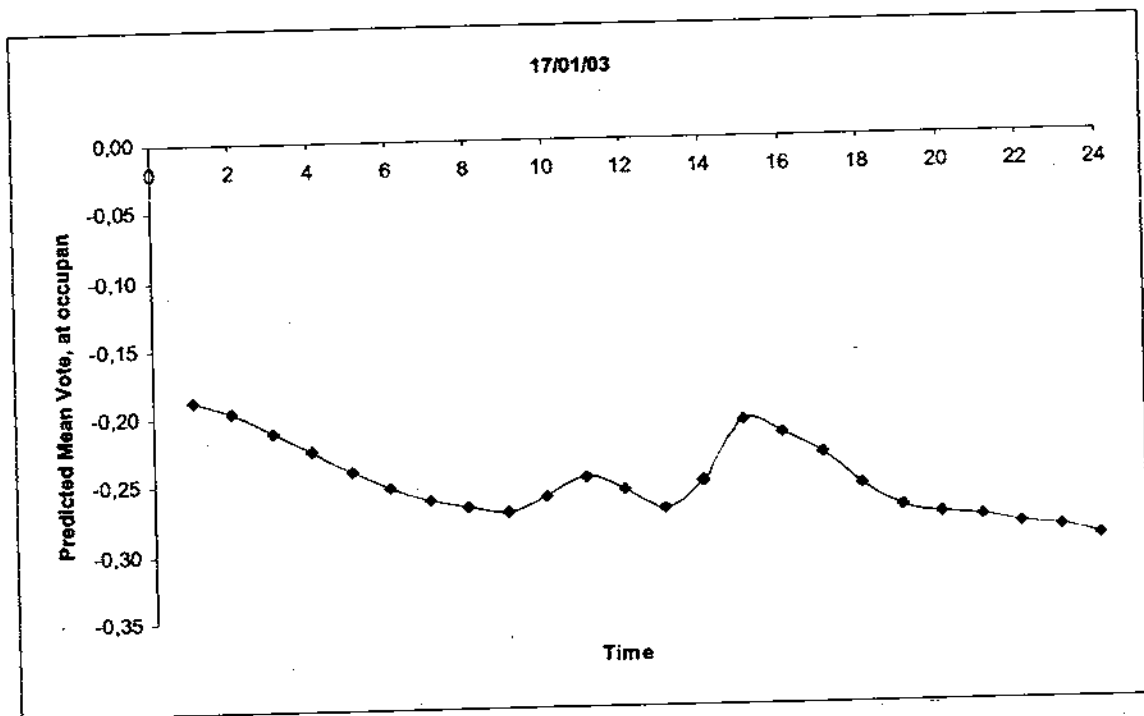
Έτσι λοιπόν το πρόγραμμα δημιουργεί ένα μαθηματικό μοντέλο με το οποίο κάνει την εξομοίωση του συστήματος και συνάμα μας παρέχει όλες τις αναγκαίες πληροφορίες που χρειαζόμαστε ώστε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για το σύστημα και κατά πόσο αυτό ανταποκρίνεται στις συνθήκες λειτουργίας του χώρου.

Για να μπορέσει το πρόγραμμα να λειτουργήσει είναι λογικό ότι χρειάζεται ορισμένες παραμέτρους οι οποίες είναι σημαντικές για τον καθορισμό-υπολογισμό των δεικτών άνεσης (PMV & PDD). Οι πιο σημαντικές από αυτές τις παραμέτρους είναι:

- Θερμοκρασία του αέρα κατά την διάρκεια της περιόδου που εξετάζεται
- Επιθυμητή θερμοκρασία των θερμαινόμενων χώρων
- Σχετική υγρασία που επικρατεί στο τόπο της εγκατάστασης κ.α.

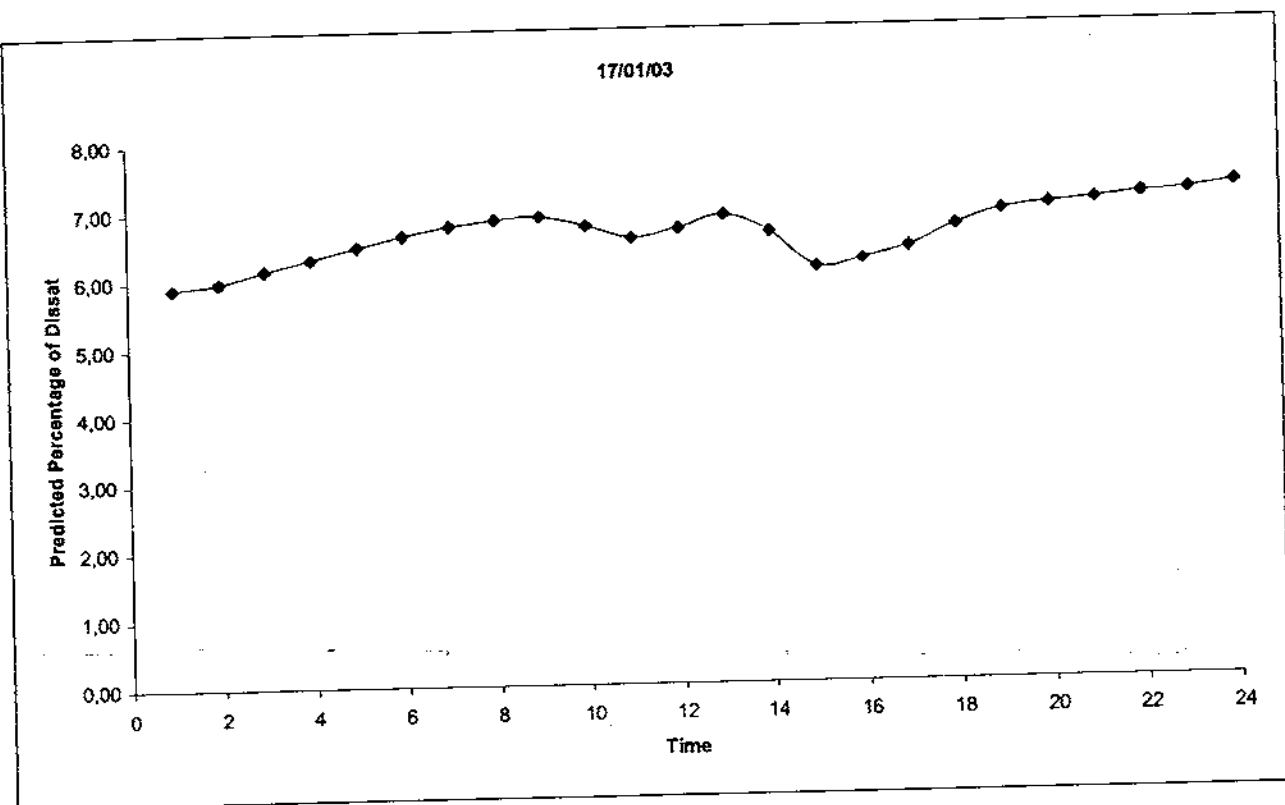
Όλα τα παραπάνω στοιχεία έχουν υπολογισθεί με την βοήθεια των δελτίων τα οποία εκδίδει η ΕΜΥ για κάθε τόπο. Στην παρούσα εργασία τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών. Τα δεδομένα που ήταν στην διαθεσή μας ήταν για τα έτη :1992-2000 και ήταν μηνιαία δελτία. Για λόγους ευκολίας και χρηστικότητας των μετρήσεων κρίθηκε σκόπιμο να γίνουν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα παραπάνω στοιχεία. Για τα συγκεντρωτικά στοιχεία πρώτα έγινε μια στατιστική ανάλυση και εν συνεχεία εξήχθησαν οι μέσες τιμές των παραμέτρων για κάθε μήνα ξεχωριστά. Τα στοιχεία αυτά παρέχονται στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Με βάση λοιπόν όλα τα προαναφερθέντα τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν από το συγκεκριμένο πρόγραμμα παρουσιάζονται στα διαγράμματα



που ακολουθούν στην συνέχεια.

**Διάγραμμα 5.1** Διακύμανση του δείκτη PMV για την 17<sup>η</sup> Ιανουαρίου (διάρκεια 24ωρου)

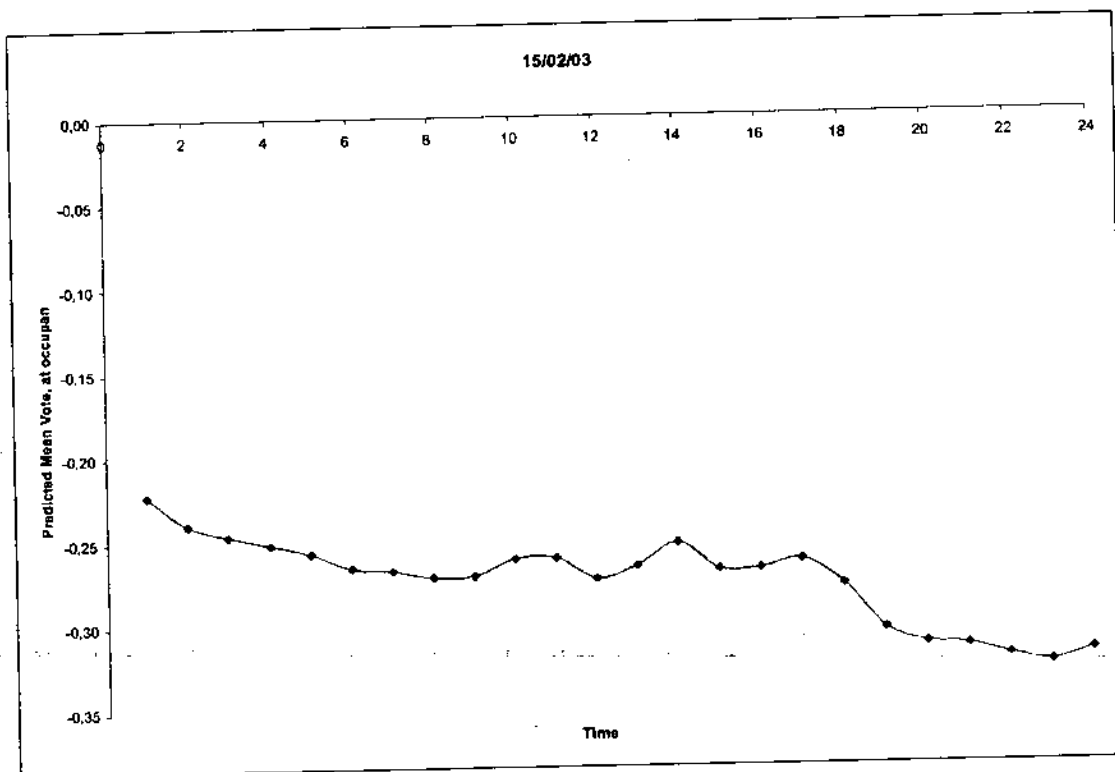


**Διάγραμμα 5.2:** Διακύμανση του δείκτη PDD για την 17<sup>η</sup> Ιανουαρίου (διάρκεια 24ωρου)

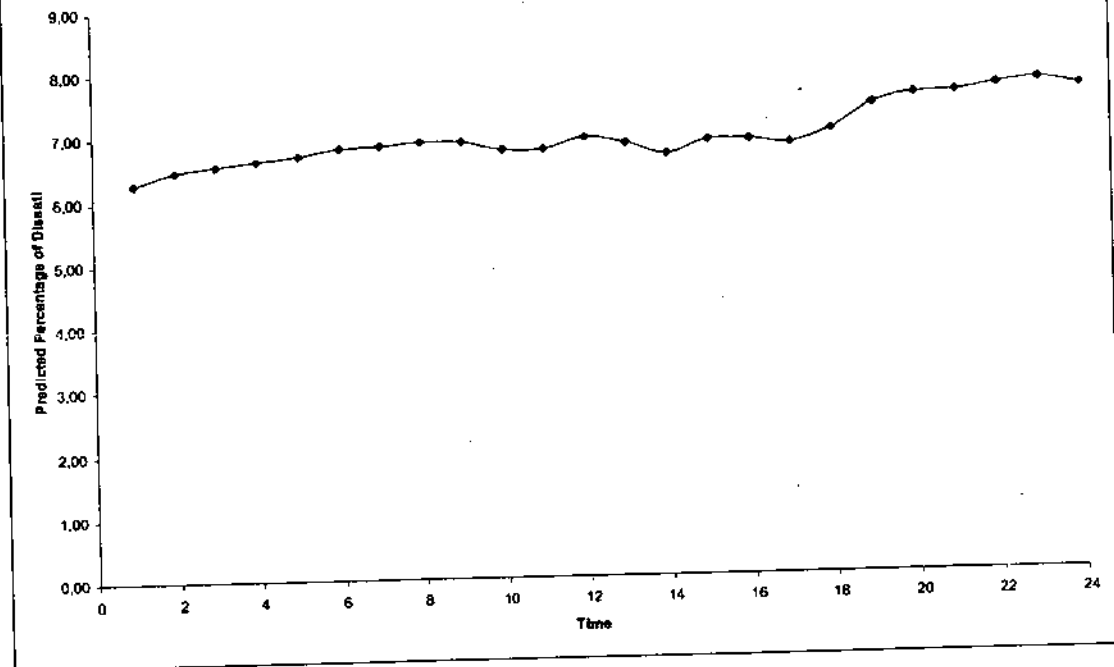
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΤΕΔΙΟΥ 140 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

Πίνακας 5.1: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης για την 17<sup>η</sup> Ιανουαρίου

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
1	5,91	-0,19
2	5,98	-0,20
3	6,15	-0,21
4	6,31	-0,23
5	6,48	-0,24
6	6,65	-0,25
7	6,77	-0,26
8	6,85	-0,27
9	6,89	-0,27
10	6,75	-0,26
11	6,57	-0,25
12	6,70	-0,26
13	6,88	-0,27
14	6,63	-0,25
15	6,10	-0,21
16	6,21	-0,22
17	6,39	-0,23
18	6,68	-0,25
19	6,89	-0,27
20	6,97	-0,28
21	7,02	-0,28
22	7,11	-0,29
23	7,15	-0,29
24	7,24	-0,29



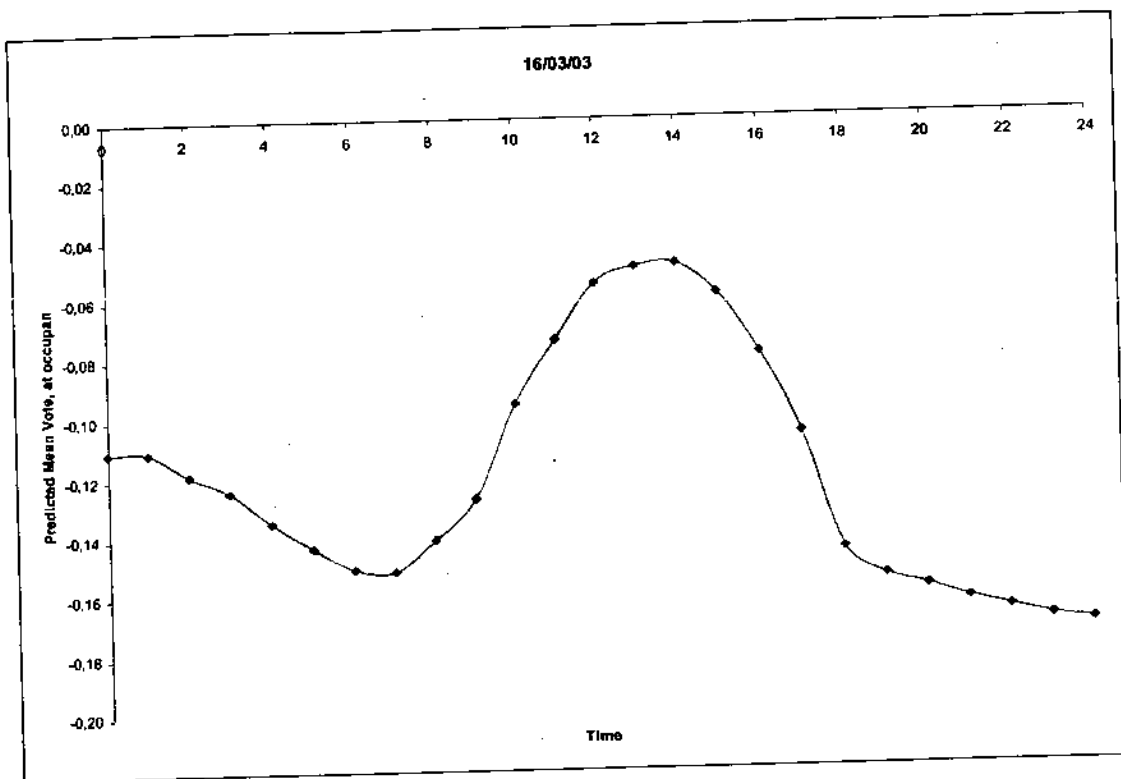
Διάγραμμα 5.3 Διακύμανση του δείκτη PMV για την 15<sup>η</sup> Φεβρουαρίου (διάρκεια 24ωρου)



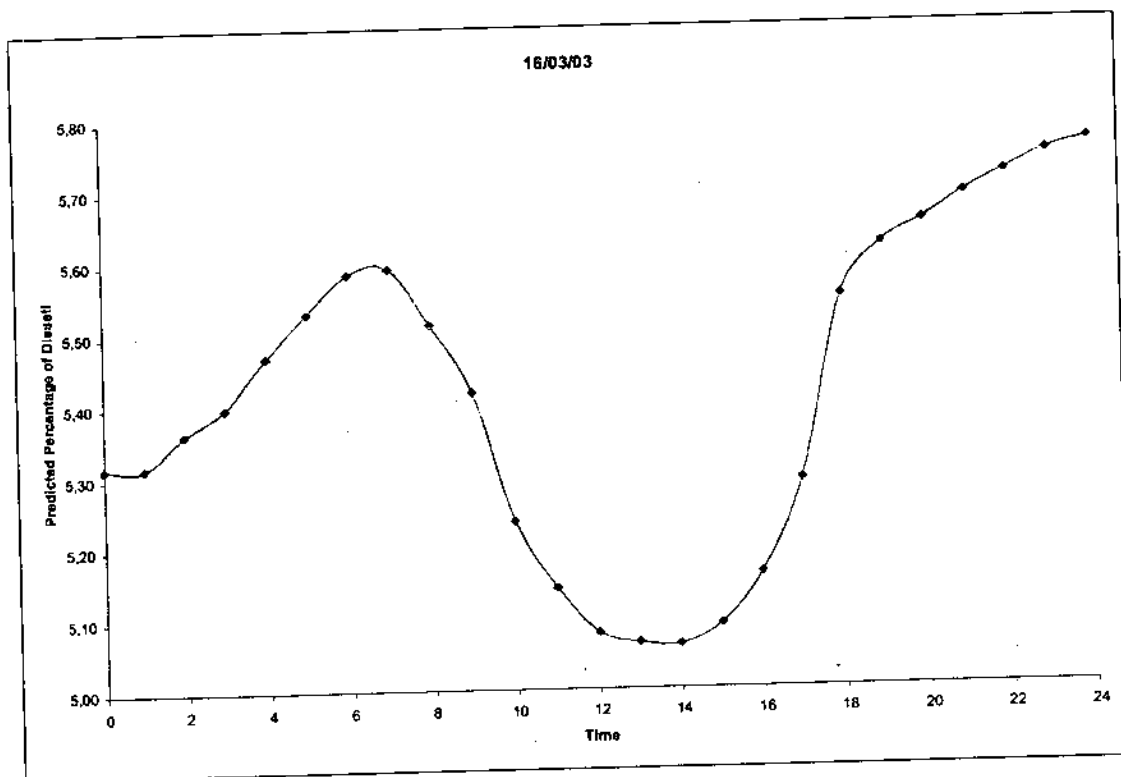
Διάγραμμα 5.4: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 15<sup>η</sup> Φεβρουαρίου (διάρκεια 24ωρου)

Πίνακας 5.2: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης για την 15<sup>η</sup> Φεβρουαρίου

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
1	6,27	-0,22
2	6,47	-0,24
3	6,56	-0,25
4	6,63	-0,25
5	6,70	-0,26
6	6,81	-0,27
7	6,84	-0,27
8	6,90	-0,27
9	6,89	-0,27
10	6,75	-0,26
11	6,75	-0,26
12	6,92	-0,27
13	6,82	-0,27
14	6,64	-0,25
15	6,85	-0,27
16	6,85	-0,27
17	6,78	-0,26
18	6,99	-0,28
19	7,38	-0,30
20	7,52	-0,31
21	7,55	-0,31
22	7,65	-0,32
23	7,72	-0,32
24	7,61	-0,32



Διάγραμμα 5.5: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 16<sup>η</sup> Μαρτίου (διάρκεια 24ωρου)

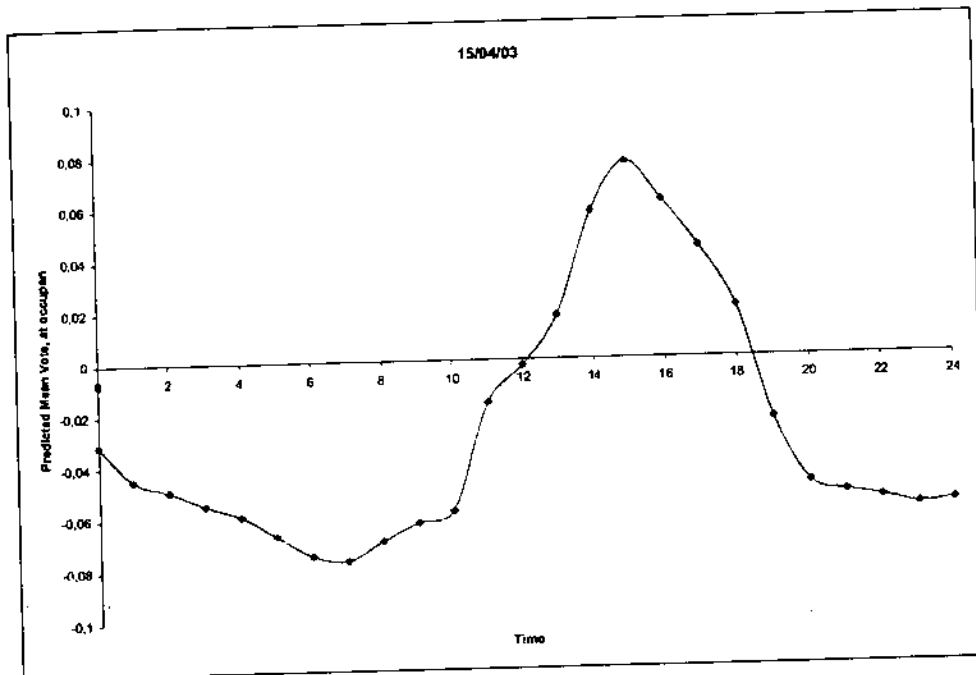


Διάγραμμα 5.6: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 16<sup>η</sup> Μαρτίου (διάρκεια 24ωρου)



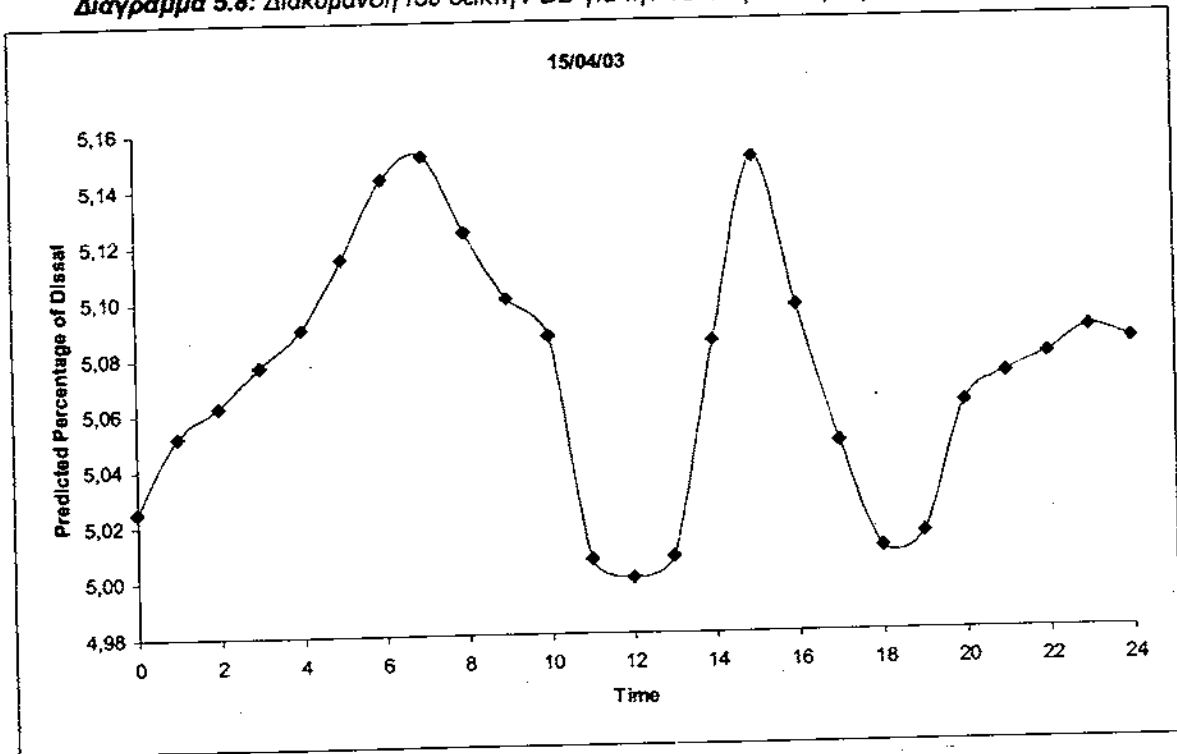
**Πίνακας 5.3: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης για την 16<sup>η</sup> Μαρτίου**

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
0	5,32	-0,11
1	5,32	-0,11
2	5,36	-0,12
3	5,40	-0,12
4	5,47	-0,13
5	5,53	-0,14
6	5,59	-0,15
7	5,59	-0,15
8	5,51	-0,14
9	5,42	-0,13
10	5,24	-0,10
11	5,14	-0,07
12	5,08	-0,06
13	5,07	-0,05
14	5,06	-0,05
15	5,09	-0,06
16	5,16	-0,08
17	5,29	-0,11
18	5,55	-0,15
19	5,62	-0,15
20	5,65	-0,16
21	5,69	-0,16
22	5,72	-0,17
23	5,74	-0,17
24	5,76	-0,17



**Διάγραμμα 5.7: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 15<sup>η</sup> Απριλίου (διάρκεια 24ωρου)**

Διάγραμμα 5.8: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 15<sup>η</sup> Απριλίου (διάρκεια 24ωρου)

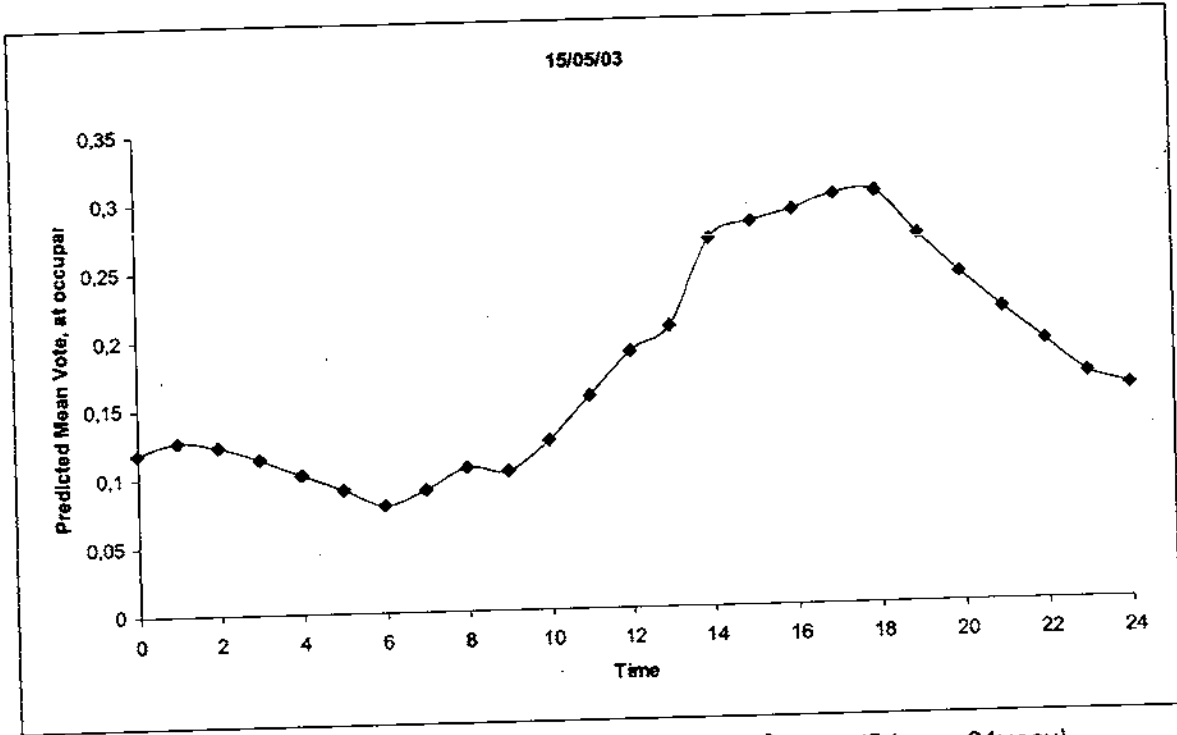


Πίνακας 5.4: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης για την 15<sup>η</sup> Απριλίου

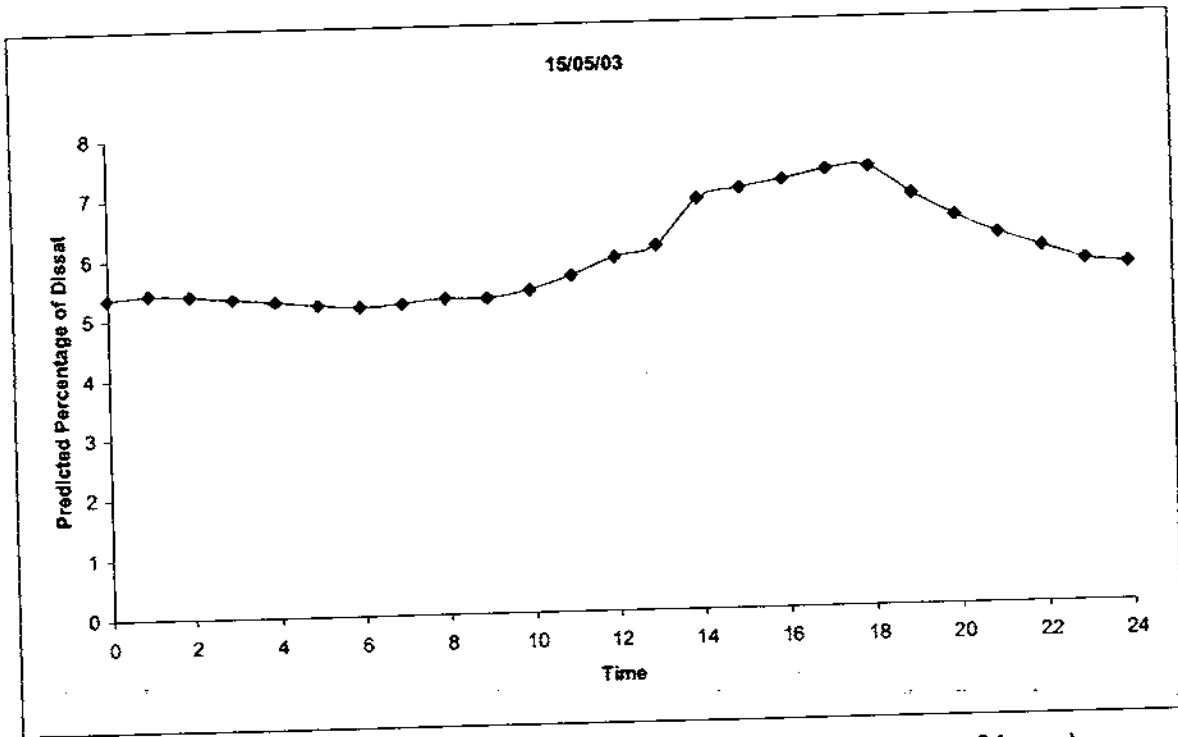
Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
0	5,03	-0,03
1	5,05	-0,04
2	5,06	-0,05
3	5,08	-0,05
4	5,09	-0,06
5	5,12	-0,07
6	5,14	-0,07
7	5,15	-0,08
8	5,12	-0,07
9	5,10	-0,06
10	5,09	-0,06
11	5,01	-0,02
12	5,00	0,00
13	5,01	0,02
14	5,08	0,06
15	5,15	0,08
16	5,10	0,06
17	5,05	0,04
18	5,01	0,02
19	5,01	-0,02
20	5,06	-0,05
21	5,07	-0,05
22	5,08	-0,05
23	5,09	-0,06

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 145 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

24	5,08	-0,06
----	------	-------



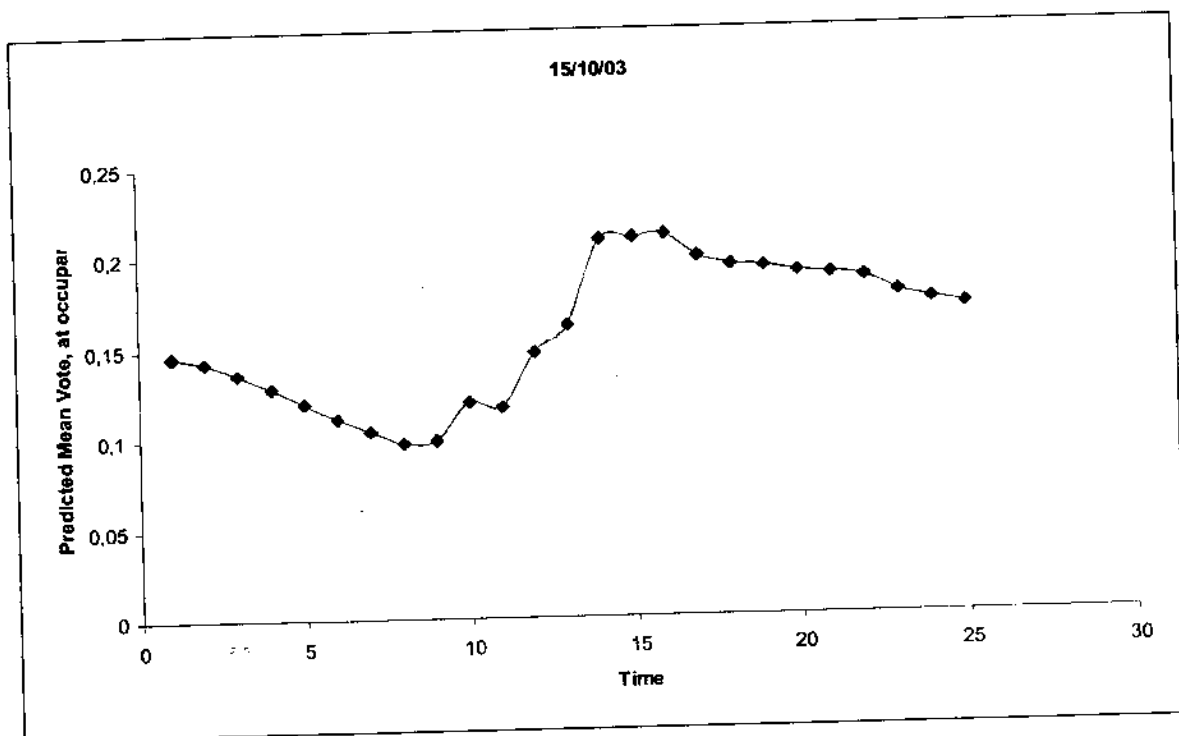
Διάγραμμα 5.9: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 15<sup>η</sup> Μαΐου (διάρκεια 24ωρου)



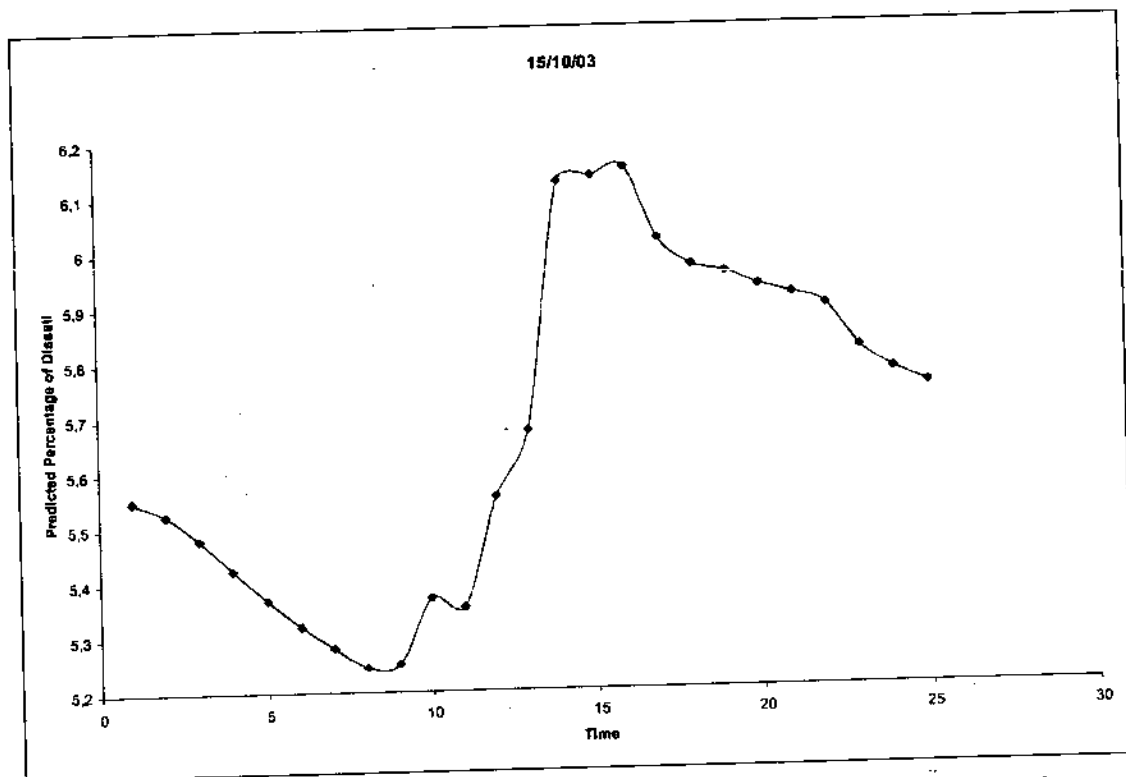
Διάγραμμα 5.10: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 15<sup>η</sup> Μαΐου (διάρκεια 24ωρου)

Πίνακας 5.5: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης 15<sup>η</sup> Μαΐου

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
0	5,3641	0,11874
1	5,4168	0,12703
2	5,392	0,1232
3	5,3343	0,11378
4	5,2693	0,10212
5	5,2148	9,12E-02
6	5,1625	7,93E-02
7	5,2066	8,94E-02
8	5,2861	0,10525
9	5,2702	0,10227
10	5,3964	0,1239
11	5,6255	0,15564
12	5,9038	0,1871
13	6,0846	0,20497
14	6,8531	0,26798
15	7,0247	0,28013
16	7,1438	0,28826
17	7,2962	0,29835
18	7,3216	0,29999
19	6,8596	0,26845
20	6,4823	0,23965
21	6,18	0,2138
22	5,9331	0,19011
23	5,7061	0,16537
24	5,6298	0,15617



Διάγραμμα 7.11: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 15<sup>η</sup> Οκτωβρίου (διάρκεια 24ωρου)

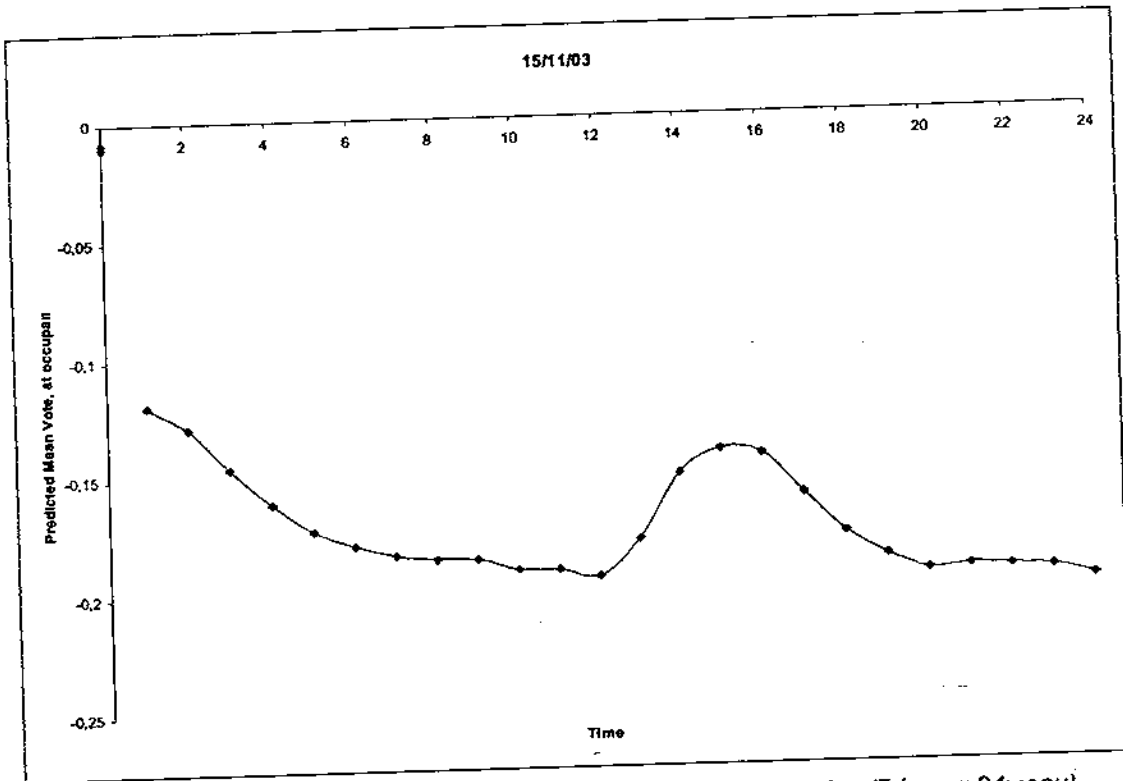


Διάγραμμα 5.12: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 15<sup>η</sup> Οκτωβρίου (διάρκεια 24ωρου)

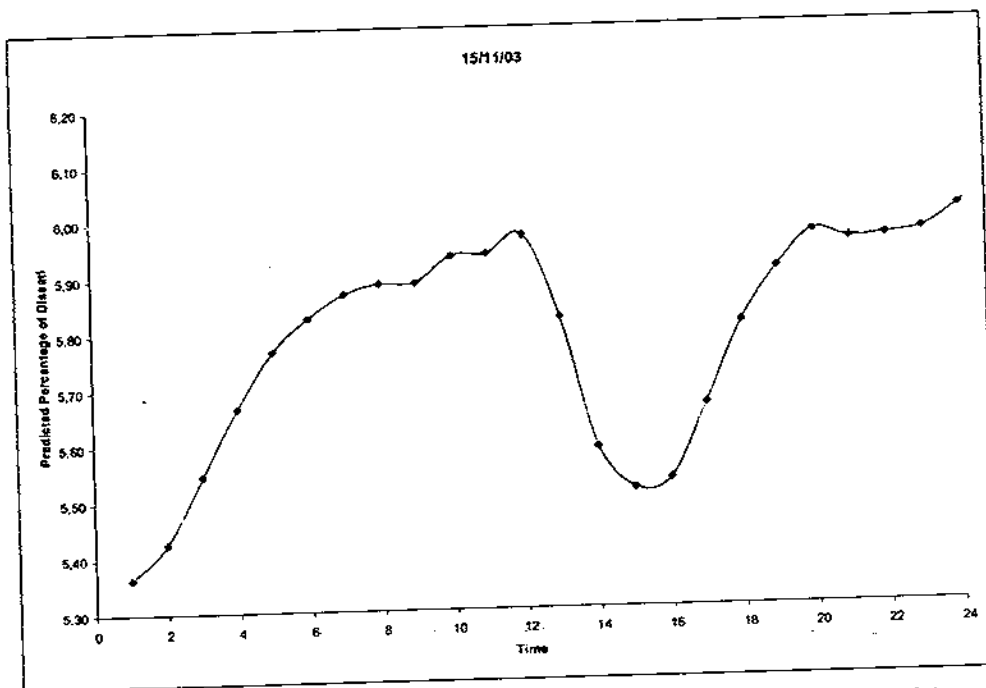
Πίνακας 5. 6: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης 15<sup>η</sup> Οκτωβρίου

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
1	5,55	0,15
2	5,53	0,14
3	5,48	0,14
4	5,43	0,13
5	5,37	0,12
6	5,32	0,11
7	5,28	0,10
8	5,25	0,10
9	5,25	0,10
10	5,37	0,12
11	5,36	0,12
12	5,56	0,15
13	5,67	0,16
14	6,13	0,21
15	6,13	0,21
16	6,15	0,21
17	6,02	0,20
18	5,97	0,19
19	5,96	0,19
20	5,93	0,19
21	5,92	0,19
22	5,89	0,19

23	5,82	0,18
24	5,78	0,17
25	5,75	0,17



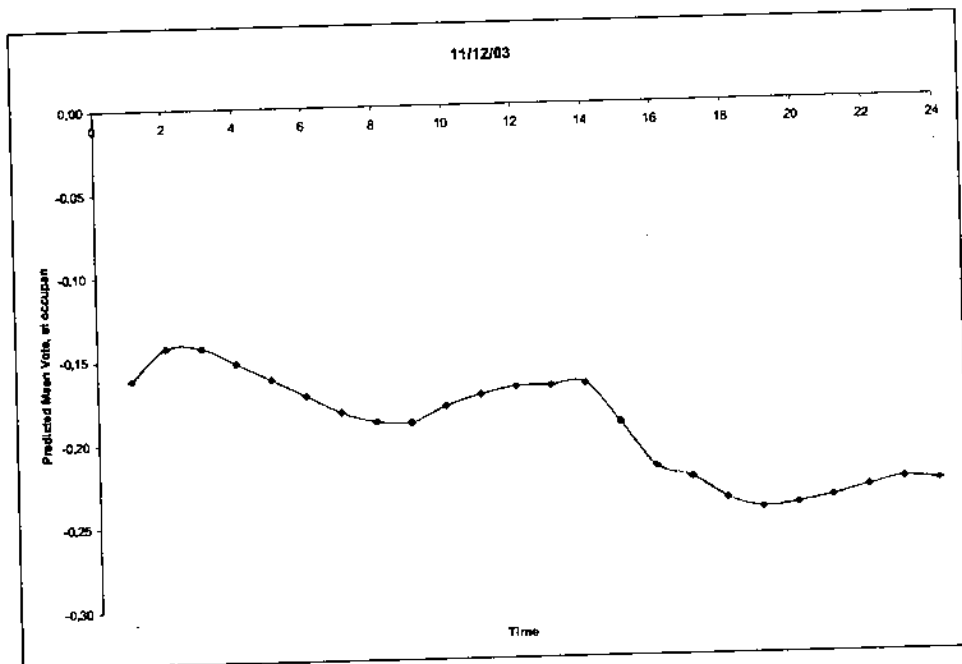
Διάγραμμα 5.13: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 15<sup>η</sup> Νοεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)



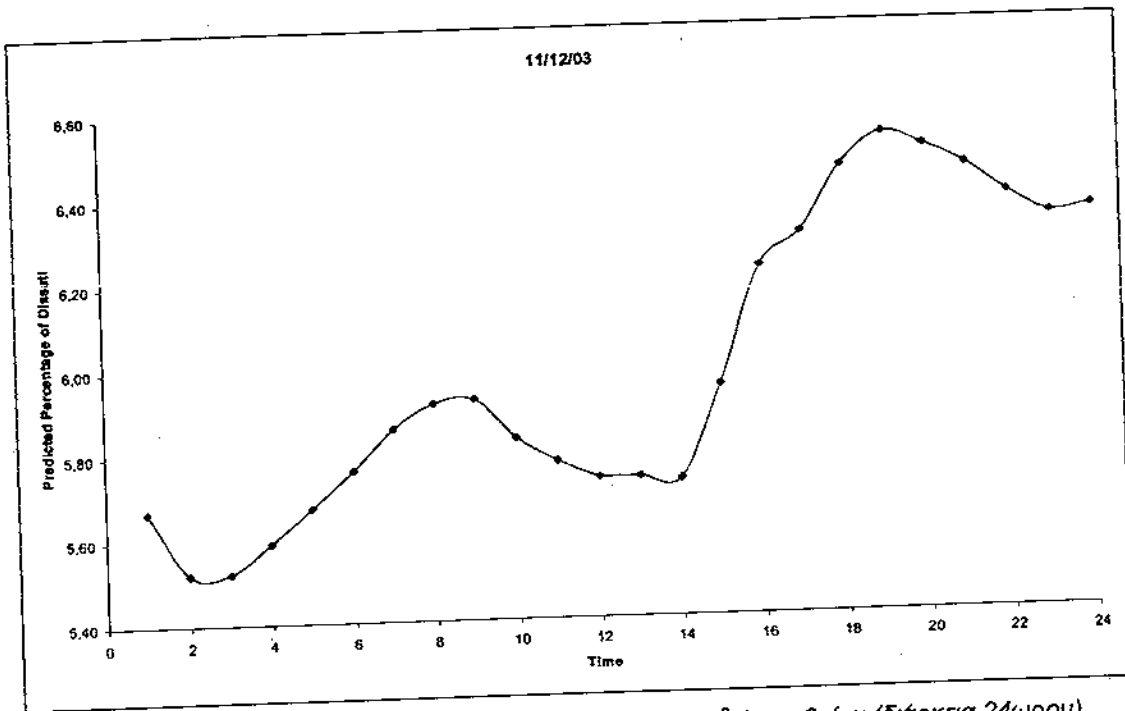
Διάγραμμα 5.14: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 15<sup>η</sup> Νοεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)

**Πίνακας 5. 7: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης 15<sup>η</sup> Νοεμβρίου**

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
1	5,36	-0,12
2	5,43	-0,13
3	5,55	-0,15
4	5,67	-0,16
5	5,77	-0,17
6	5,83	-0,18
7	5,87	-0,18
8	5,89	-0,19
9	5,89	-0,19
10	5,94	-0,19
11	5,94	-0,19
12	5,97	-0,19
13	5,82	-0,18
14	5,59	-0,15
15	5,51	-0,14
16	5,53	-0,14
17	5,66	-0,16
18	5,81	-0,18
19	5,90	-0,19
20	5,97	-0,19
21	5,95	-0,19
22	5,96	-0,19
23	5,97	-0,19
24	6,01	-0,20



**Διάγραμμα 5.15: Διακύμανση του δείκτη PMV για την 11<sup>η</sup> Δεκεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)**



Διάγραμμα 5.16: Διακύμανση του δείκτη PDD για την 11<sup>η</sup> Δεκεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)

Πίνακας 5.8: Μετρήσεις των δεικτών άνεσης Δεκεμβρίου

Time	Predicted Percentage of Dissati	Predicted Mean Vote, at occupant
1	5,67	-0,16
2	5,52	-0,14
3	5,52	-0,14
4	5,59	-0,15
5	5,68	-0,16
6	5,76	-0,17
7	5,86	-0,18
8	5,92	-0,19
9	5,92	-0,19
10	5,83	-0,18
11	5,77	-0,17
12	5,73	-0,17
13	5,73	-0,17
14	5,73	-0,17
15	5,95	-0,19
16	6,22	-0,22
17	6,30	-0,22
18	6,46	-0,24
19	6,53	-0,24
20	6,50	-0,24
21	6,45	-0,24
22	6,38	-0,23
23	6,33	-0,23



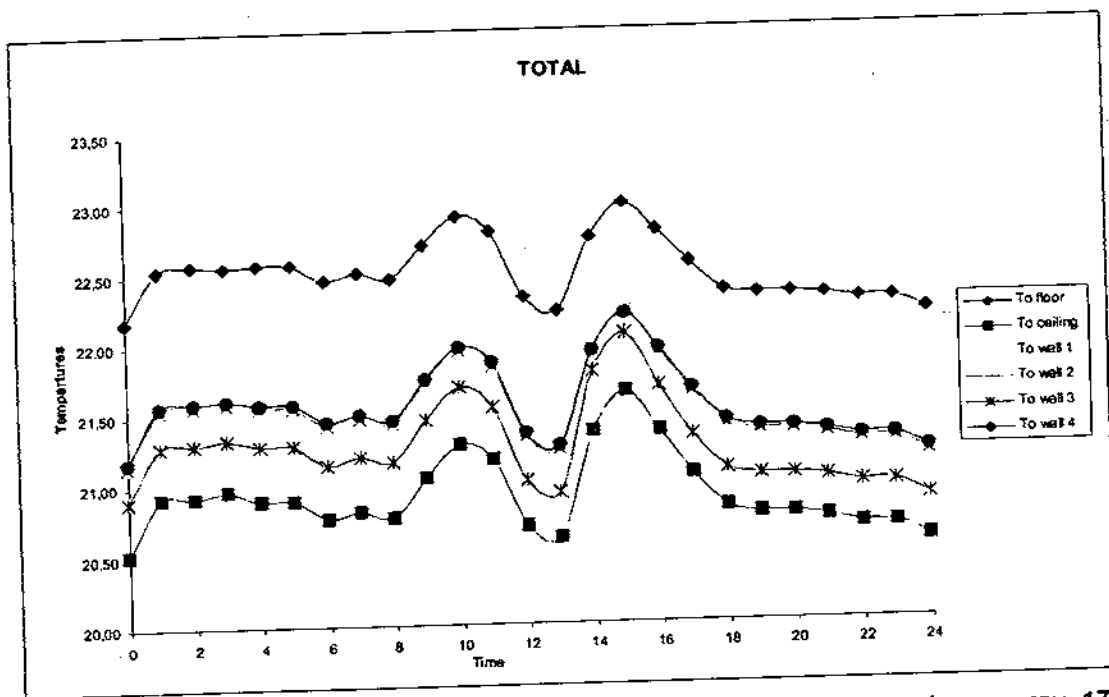
24	6,35	-0,23
----	------	-------

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα που παρουσιάστηκαν με την βοήθεια του ειδικού λογισμικού μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες η ανάγκη για κάλυψη μεγάλων θερμικών φορτίων είναι σημαντική ώστε να επιτύχουμε την θερμική άνεση στον υπό μελέτη χώρο. Με την πάροδο του χρόνου ( περίοδος άνοιξης ) παρατηρείται μια σαφής αύξηση των δεικτών άνεσης πράγμα απόλυτα λογικό αν εξετάσουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα των αντίστοιχων μηνών που μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το κτίριο δεν έχει ανάγκη για μεγάλα θερμικά φορτία διότι η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι συναφής με αυτήν που θέλουμε για την επίτευξη των συνθηκών άνεσης του χώρου. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει ανάγκη για συνεχή λειτουργία του συστήματος παρά μόνο στην περίπτωση που η θερμοκρασία του χώρου μειωθεί κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία άνεσης. Συνεπώς υπάρχει ανάγκη να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα ελέγχου που να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα και με βάση αυτή να ρυθμίζει το σύστημα (εκκίνηση-παύση του συστήματος). Αυτό θα έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του συστήματος και την εξοικονόμηση ενέργειας πράγμα σημαντικότερο στην δημιουργία ενός καθαρού και πράσινου περιβάλλοντος.

Ακόμη, κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι το σύστημα έχει ως πρωταρχικό ρόλο την κάλυψη των θερμικών αναγκών του υπό μελέτη χώρου και συνεπώς την δημιουργία τα κατάλληλων συνθηκών του χώρου.

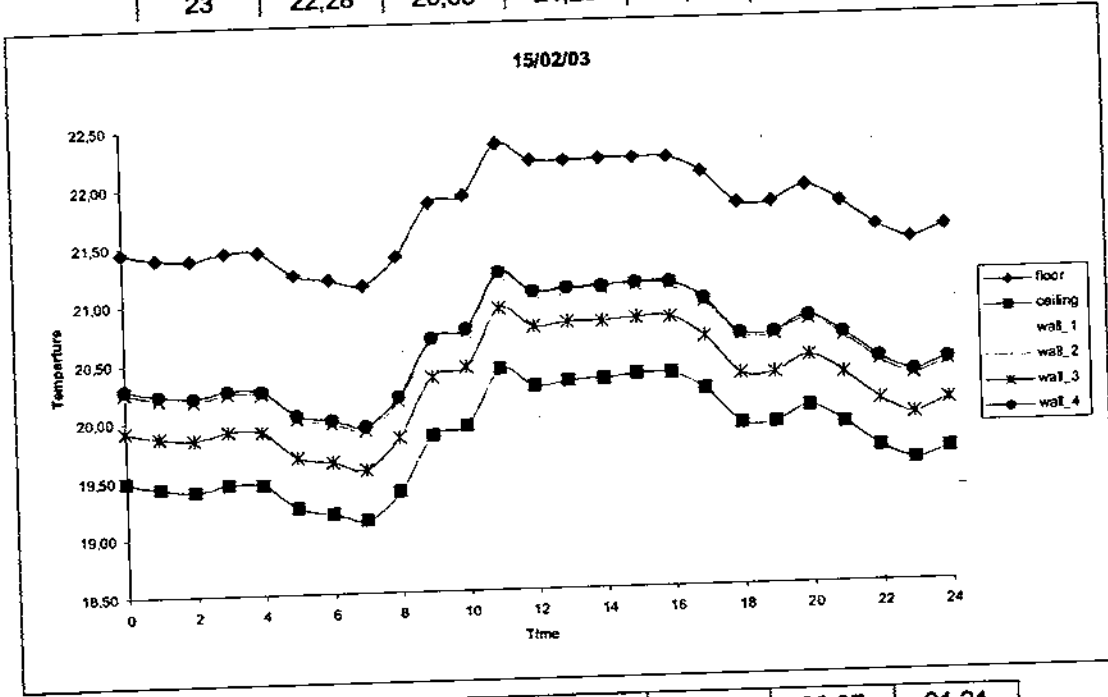
Με βάση λοιπόν την ανάλυση που προηγήθηκε είναι σημαντικό να γνωρίζεται η θερμοκρασία των επιμέρους στοιχείων του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδο, οροφή) που στόχο έχουν να διευκολύνουν τον μελετητή στην ορθότερη λειτουργία του συστήματος και την κατανόηση της διακύμανσης της θερμοκρασίας στον χώρο. Εφόσον ο μελετητής γνωρίζει τη θερμοκρασία των οριακών επιπέδων του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδο, οροφή) έχει την δυνατότητα με την μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών να υπολογίσει την θερμοκρασία στο επίπεδο εργασίας εάν ο χώρος πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τέτοιο σκοπό ή την θερμοκρασία στο επίπεδο του μέσου ύψους ενός ανθρώπου. (συνήθως 1,80m). Για τον λόγο αυτό στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται συνοπτικά τα διαγράμματα των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου που υπολογίσθηκαν για τις συγκεκριμένες συνθήκες όπως περιγράφηκαν παραπάνω.



Διάγραμμα 5.17: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 17<sup>η</sup> Ιανουαρίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	22,18	20,53	21,15	21,16	20,90	21,18
1	22,54	20,92	21,54	21,56	21,29	21,58
2	22,58	20,93	21,56	21,57	21,30	21,60
3	22,56	20,97	21,58	21,60	21,33	21,62
4	22,58	20,90	21,55	21,56	21,29	21,59
5	22,58	20,90	21,55	21,56	21,29	21,59
6	22,46	20,77	21,43	21,43	21,15	21,46
7	22,52	20,81	21,47	21,48	21,20	21,51
8	22,47	20,77	21,43	21,44	21,16	21,46
9	22,71	21,05	21,69	21,73	21,46	21,75
10	22,90	21,29	21,92	21,96	21,69	21,98
11	22,79	21,17	21,82	21,84	21,55	21,86
12	22,32	20,70	21,34	21,33	21,02	21,36
13	22,23	20,61	21,24	21,24	20,93	21,26

14	22,75	21,36	21,86	21,94	21,79	21,93
15	22,98	21,64	22,13	22,21	22,05	22,20
16	22,79	21,36	21,92	21,94	21,68	21,95
17	22,56	21,05	21,65	21,63	21,32	21,66
18	22,35	20,81	21,42	21,40	21,08	21,43
19	22,32	20,76	21,36	21,35	21,04	21,38
20	22,32	20,76	21,36	21,35	21,04	21,38
21	22,31	20,73	21,33	21,32	21,02	21,35
22	22,28	20,68	21,29	21,28	20,98	21,31
23	22,28	20,68	21,29	21,28	20,98	21,31

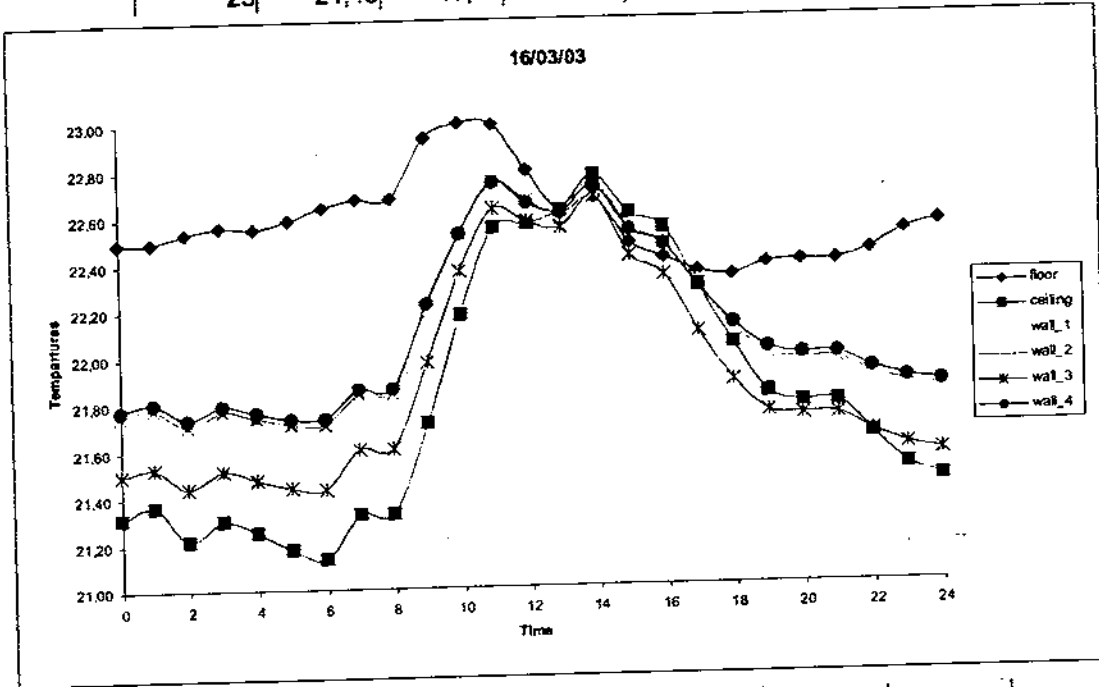


24	22,19	20,58	21,19	21,18	20,87	21,21
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Διάγραμμα 5.18: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Φεβρουαρίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	21,45	19,49	20,27	20,26	19,93	20,29
1	21,40	19,43	20,21	20,20	19,87	20,23
2	21,39	19,41	20,18	20,18	19,84	20,21
3	21,45	19,46	20,23	20,24	19,91	20,27
4	21,45	19,45	20,22	20,23	19,91	20,26
5	21,25	19,25	20,02	20,02	19,69	20,05
6	21,20	19,20	19,97	19,97	19,64	20,00
7	21,15	19,14	19,91	19,91	19,57	19,94
8	21,39	19,37	20,14	20,16	19,84	20,18
9	21,84	19,85	20,61	20,66	20,35	20,68
10	21,90	19,93	20,69	20,73	20,42	20,75
11	22,33	20,40	21,16	21,21	20,92	21,23
12	22,18	20,25	21,01	21,04	20,76	21,06
13	22,17	20,29	21,03	21,07	20,79	21,08
14	22,18	20,30	21,05	21,07	20,79	21,09
15	22,18	20,33	21,07	21,10	20,82	21,12

16	22,18	20,33	21,07	21,10	20,82	21,12
17	22,05	20,19	20,94	20,95	20,65	20,97
18	21,78	19,89	20,65	20,64	20,32	20,67
19	21,78	19,89	20,65	20,64	20,32	20,67
20	21,91	20,02	20,77	20,77	20,46	20,80
21	21,77	19,88	20,63	20,62	20,30	20,65
22	21,56	19,67	20,41	20,41	20,07	20,44
23	21,45	19,55	20,29	20,28	19,95	20,31

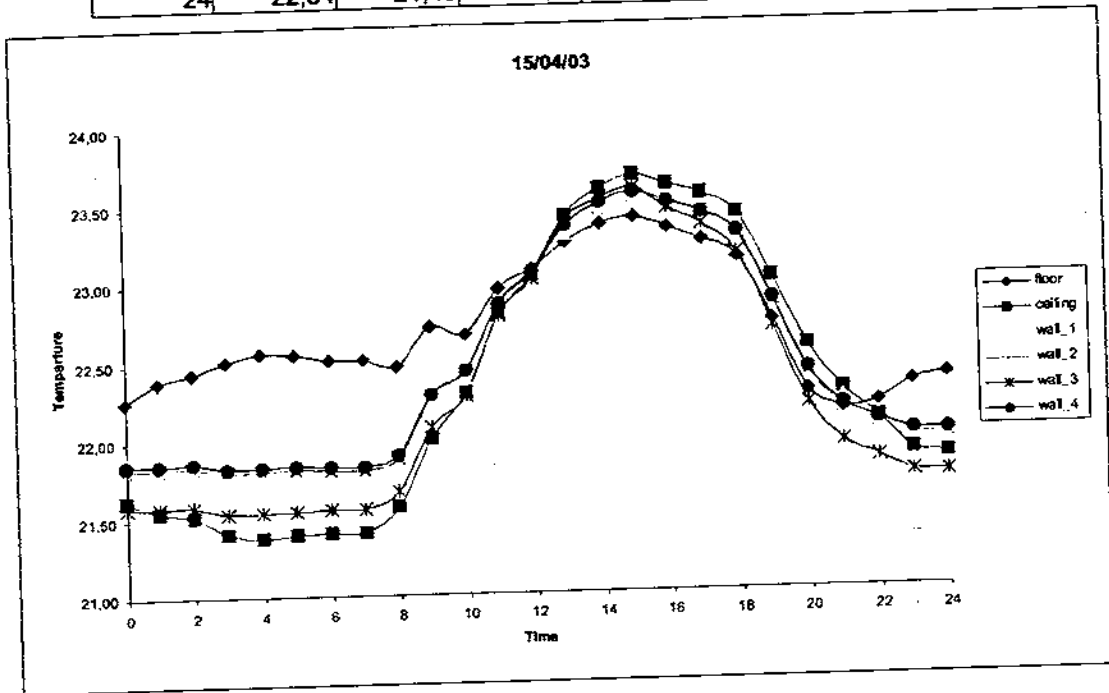


24	21,55	19,65	20,38	20,38	20,06	20,41
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Διάγραμμα 5.19: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 16<sup>η</sup> Μαρτίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	22,49	21,32	21,78	21,75	21,50	21,78
1	22,50	21,37	21,80	21,78	21,53	21,81
2	22,53	21,22	21,73	21,71	21,44	21,74
3	22,56	21,30	21,78	21,77	21,52	21,80
4	22,55	21,25	21,75	21,74	21,48	21,76
5	22,59	21,18	21,72	21,71	21,44	21,74
6	22,64	21,14	21,71	21,71	21,44	21,74
7	22,68	21,33	21,83	21,85	21,60	21,86
8	22,68	21,33	21,83	21,85	21,60	21,86
9	22,94	21,72	22,17	22,21	21,98	22,22
10	23,00	22,18	22,46	22,52	22,36	22,52
11	22,99	22,54	22,68	22,75	22,63	22,74
12	22,79	22,56	22,61	22,66	22,57	22,65
13	22,61	22,61	22,58	22,62	22,54	22,61
14	22,67	22,76	22,69	22,74	22,68	22,72
15	22,47	22,60	22,53	22,54	22,42	22,53
16	22,41	22,54	22,48	22,47	22,33	22,46

17	22,35	22,29	22,31	22,28	22,09	22,28
18	22,33	22,04	22,16	22,11	21,88	22,12
19	22,38	21,83	22,04	21,99	21,74	22,01
20	22,39	21,78	22,01	21,97	21,73	21,99
21	22,39	21,78	22,01	21,97	21,73	21,99
22	22,43	21,64	21,93	21,90	21,65	21,92
23	22,51	21,51	21,88	21,85	21,59	21,88
24	22,54	21,45	21,86	21,83	21,56	21,86

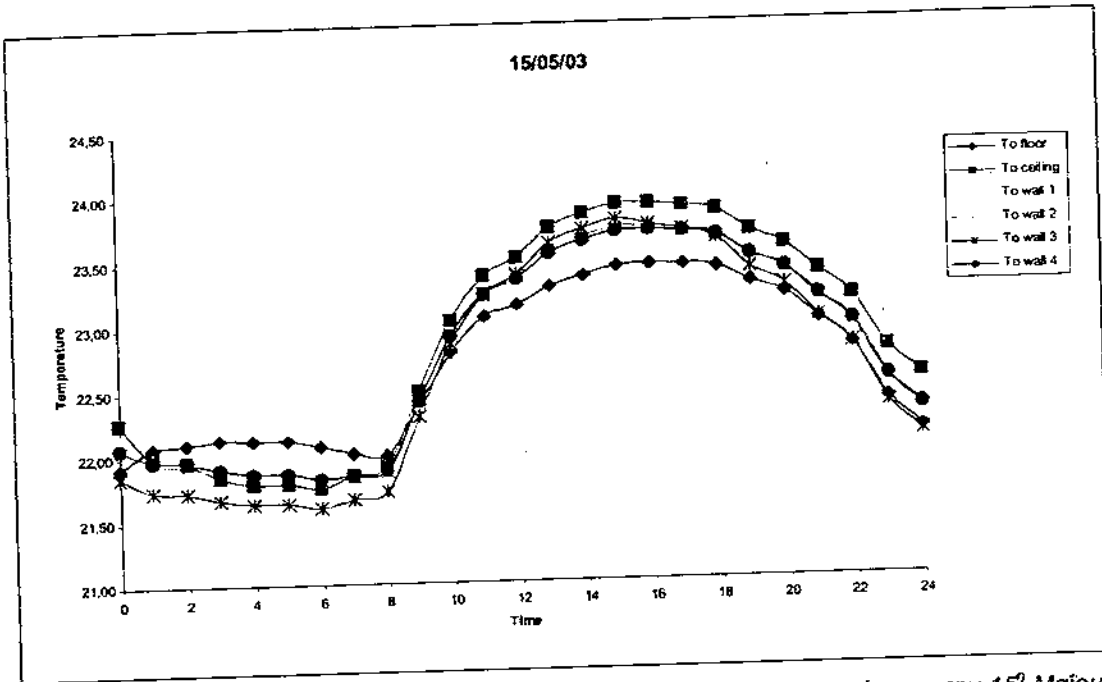


Διάγραμμα 5.20: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Απριλίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	22,27	21,63	21,88	21,83	21,59	21,85
1	22,38	21,55	21,87	21,83	21,58	21,86
2	22,44	21,52	21,87	21,84	21,59	21,86
3	22,52	21,41	21,83	21,81	21,54	21,83
4	22,57	21,38	21,83	21,81	21,54	21,84
5	22,56	21,40	21,83	21,82	21,55	21,84
6	22,52	21,41	21,82	21,81	21,56	21,83
7	22,52	21,41	21,82	21,81	21,56	21,83
8	22,47	21,57	21,88	21,89	21,67	21,91
9	22,73	22,01	22,25	22,28	22,08	22,29
10	22,67	22,29	22,39	22,43	22,28	22,44
11	22,96	22,79	22,79	22,87	22,79	22,86
12	23,09	23,05	23,00	23,08	23,03	23,06
13	23,25	23,42	23,29	23,39	23,40	23,36
14	23,36	23,59	23,46	23,53	23,52	23,50
15	23,40	23,67	23,54	23,59	23,59	23,57
16	23,33	23,61	23,50	23,51	23,46	23,50
17	23,25	23,55	23,44	23,43	23,35	23,43

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 156 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

18	23,14	23,42	23,33	23,29	23,17	23,30
19	22,73	23,01	22,92	22,86	22,69	22,87
20	22,27	22,57	22,47	22,39	22,19	22,41
21	22,15	22,28	22,23	22,16	21,94	22,18
22	22,19	22,09	22,12	22,06	21,83	22,08
23	22,32	21,88	22,03	21,98	21,74	22,00
24	22,36	21,85	22,03	21,97	21,73	22,00

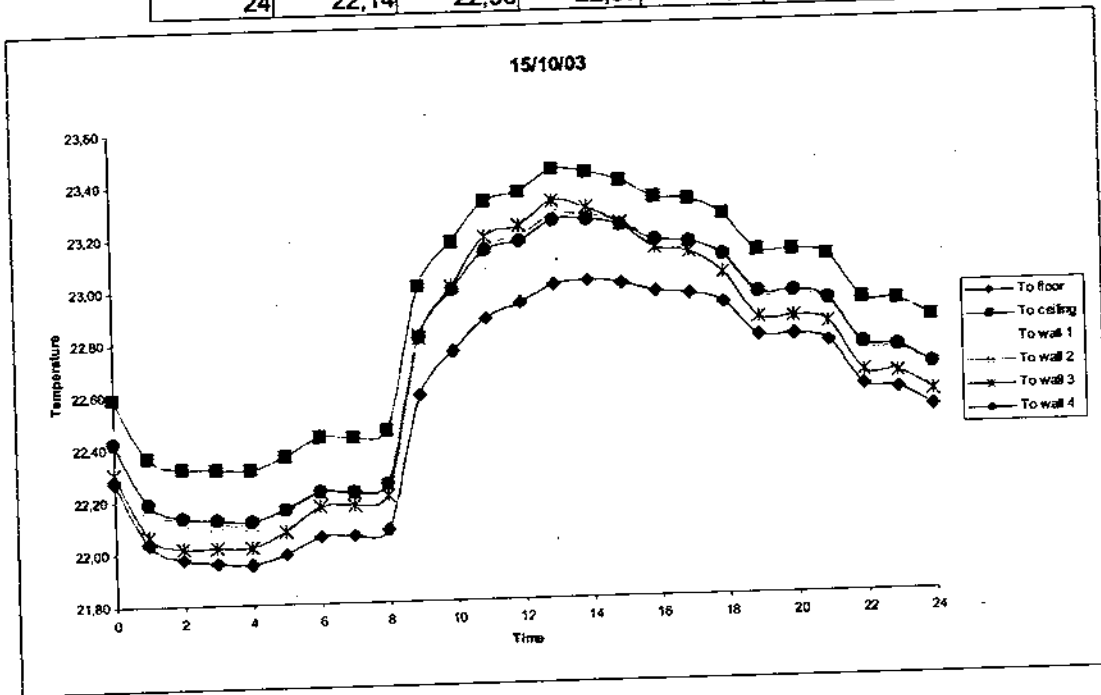


Διάγραμμα 5.21: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Μαΐου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	21,93	22,28	22,14	22,06	21,85	22,08
1	22,08	22,00	22,02	21,95	21,74	21,98
2	22,10	21,96	22,00	21,94	21,73	21,96
3	22,14	21,85	21,93	21,89	21,67	21,91
4	22,13	21,79	21,88	21,85	21,64	21,87
5	22,13	21,79	21,88	21,85	21,64	21,87
6	22,08	21,76	21,83	21,80	21,60	21,82
7	22,02	21,85	21,86	21,84	21,67	21,86
8	22,00	21,92	21,88	21,88	21,72	21,89
9	22,38	22,49	22,38	22,41	22,29	22,41
10	22,79	23,03	22,86	22,92	22,86	22,91
11	23,06	23,37	23,18	23,25	23,23	23,23
12	23,14	23,51	23,30	23,37	23,38	23,34
13	23,28	23,74	23,50	23,57	23,62	23,54
14	23,36	23,84	23,60	23,66	23,72	23,63
15	23,43	23,92	23,68	23,73	23,80	23,70
16	23,45	23,91	23,71	23,73	23,75	23,71
17	23,44	23,89	23,70	23,71	23,71	23,69
18	23,42	23,86	23,68	23,67	23,64	23,66

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΙΠΛΟΥ 157 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

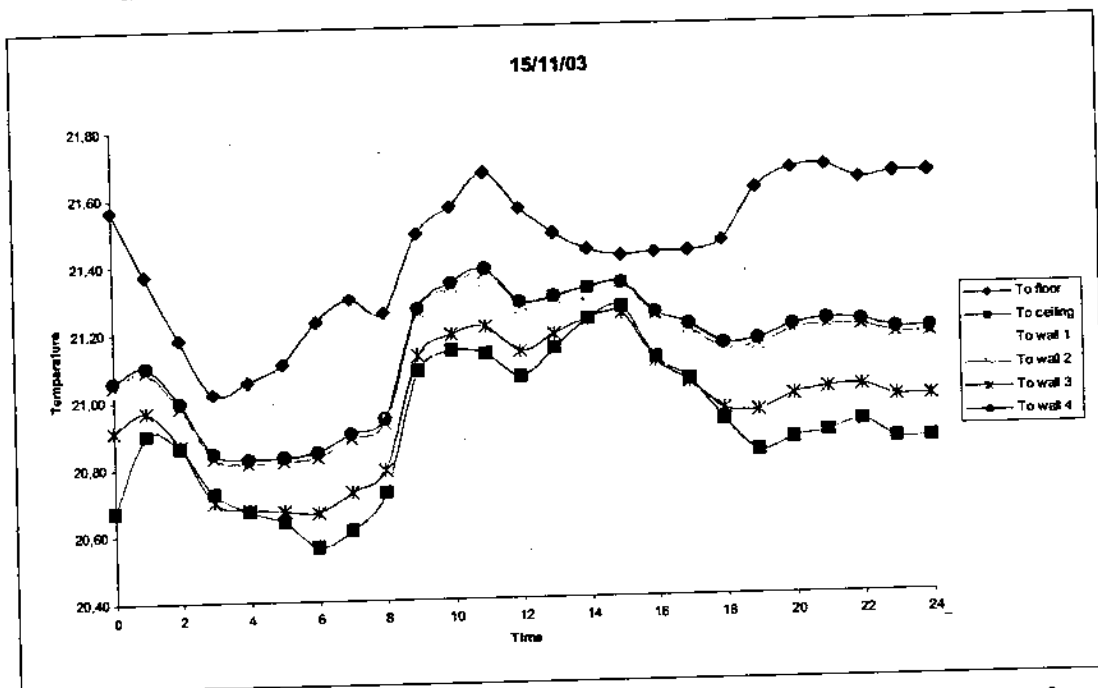
19	23,30	23,69	23,55	23,50	23,40	23,51
20	23,21	23,59	23,45	23,39	23,27	23,40
21	23,01	23,37	23,24	23,17	23,01	23,19
22	22,80	23,18	23,03	22,96	22,80	22,98
23	22,37	22,77	22,60	22,53	22,35	22,55
24	22,14	22,56	22,37	22,30	22,11	22,32



Διάγραμμα 5.22: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Οκτωβρίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	22,28	22,59	22,45	22,42	22,31	22,43
1	22,04	22,37	22,22	22,18	22,07	22,19
2	21,98	22,32	22,16	22,13	22,02	22,14
3	21,96	22,32	22,14	22,12	22,02	22,13
4	21,95	22,32	22,13	22,11	22,02	22,12
5	21,99	22,37	22,17	22,16	22,08	22,16
6	22,06	22,44	22,23	22,23	22,17	22,23
7	22,06	22,43	22,23	22,22	22,18	22,23
8	22,08	22,46	22,25	22,25	22,21	22,25
9	22,59	23,00	22,77	22,82	22,81	22,81
10	22,75	23,17	22,94	23,00	23,00	22,99
11	22,88	23,32	23,08	23,15	23,19	23,13
12	22,93	23,35	23,14	23,18	23,23	23,16
13	23,00	23,43	23,22	23,26	23,31	23,24
14	23,01	23,42	23,23	23,26	23,29	23,24
15	23,00	23,39	23,22	23,23	23,22	23,22
16	22,96	23,32	23,18	23,16	23,13	23,16
17	22,95	23,31	23,17	23,15	23,11	23,15
18	22,91	23,25	23,12	23,09	23,03	23,10
19	22,79	23,11	22,98	22,94	22,85	22,95

20	22,79	23,11	22,98	22,94	22,85	22,95
21	22,76	23,09	22,94	22,91	22,83	22,92
22	22,59	22,92	22,77	22,74	22,64	22,75
23	22,57	22,91	22,75	22,72	22,63	22,73
24	22,51	22,85	22,68	22,66	22,56	22,67

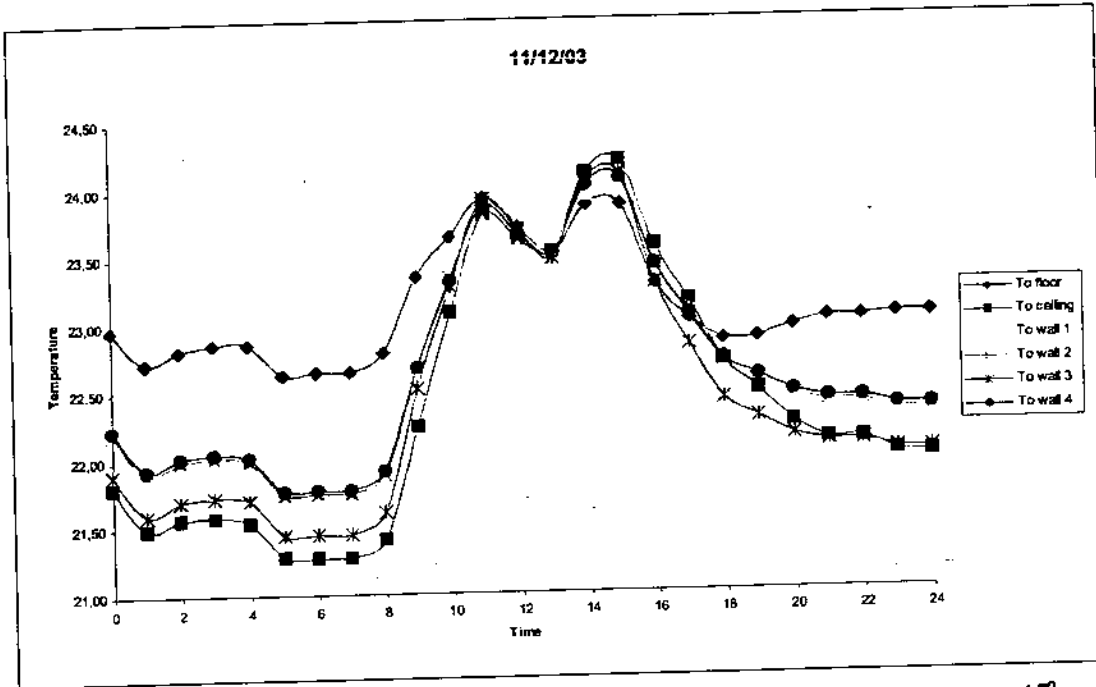


Διάγραμμα 5.23: Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Νοεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	21,57	20,67	21,04	21,05	20,91	21,06
1	21,37	20,90	21,08	21,09	20,97	21,10
2	21,18	20,86	20,98	20,99	20,87	21,00
3	21,02	20,72	20,83	20,83	20,70	20,84
4	21,05	20,67	20,82	20,81	20,68	20,83
5	21,11	20,64	20,82	20,82	20,67	20,83
6	21,23	20,56	20,83	20,83	20,67	20,84
7	21,30	20,61	20,89	20,89	20,73	20,90
8	21,26	20,72	20,92	20,93	20,79	20,94
9	21,49	21,08	21,23	21,26	21,13	21,27
10	21,57	21,14	21,31	21,33	21,19	21,34
11	21,67	21,13	21,35	21,37	21,21	21,38
12	21,56	21,06	21,26	21,27	21,14	21,28
13	21,48	21,14	21,27	21,29	21,18	21,30
14	21,43	21,23	21,30	21,32	21,23	21,32
15	21,42	21,26	21,32	21,33	21,24	21,33
16	21,42	21,11	21,24	21,24	21,10	21,25
17	21,43	21,05	21,21	21,19	21,04	21,21
18	21,45	20,92	21,15	21,13	20,95	21,15
19	21,61	20,83	21,16	21,14	20,95	21,16
20	21,66	20,86	21,20	21,18	20,99	21,20



21	21,67	20,88	21,21	21,20	21,01	21,21
22	21,63	20,91	21,20	21,19	21,02	21,21
23	21,65	20,86	21,17	21,17	20,98	21,19
24	21,65	20,86	21,17	21,17	20,98	21,19



**Διάγραμμα 5.24:** Διακύμανση των θερμοκρασιών των στοιχείων του κτιρίου για την 15<sup>η</sup> Δεκεμβρίου (διάρκεια 24ωρου)

Time	To floor	To ceiling	To wall 1	To wall 2	To wall 3	To wall 4
0	22,97	21,80	22,24	22,21	21,91	22,24
1	22,72	21,49	21,94	21,91	21,61	21,94
2	22,82	21,57	22,02	22,00	21,70	22,02
3	22,87	21,58	22,04	22,02	21,73	22,05
4	22,86	21,55	22,01	22,00	21,71	22,03
5	22,64	21,29	21,76	21,75	21,45	21,78
6	22,65	21,28	21,76	21,76	21,46	21,78
7	22,65	21,28	21,76	21,76	21,46	21,78
8	22,80	21,41	21,89	21,90	21,62	21,93
9	23,35	22,25	22,59	22,69	22,53	22,68
10	23,65	23,09	23,22	23,35	23,28	23,32
11	23,93	23,81	23,76	23,92	23,93	23,88
12	23,71	23,63	23,58	23,70	23,69	23,66
13	23,52	23,53	23,46	23,54	23,48	23,51
14	23,87	24,10	23,94	24,06	24,06	24,01
15	23,87	24,20	24,01	24,11	24,10	24,07
16	23,29	23,57	23,44	23,44	23,29	23,43
17	23,02	23,16	23,09	23,05	22,83	23,06
18	22,87	22,71	22,77	22,70	22,43	22,73
19	22,88	22,49	22,63	22,57	22,29	22,59

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ 160 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΝΕΣΗ

20	22,96	22,25	22,50	22,45	22,16	22,48
21	23,02	22,12	22,43	22,39	22,10	22,42
22	23,02	22,12	22,43	22,39	22,10	22,42
23	23,04	22,02	22,37	22,34	22,04	22,37
24	23,04	22,01	22,36	22,33	22,04	22,36

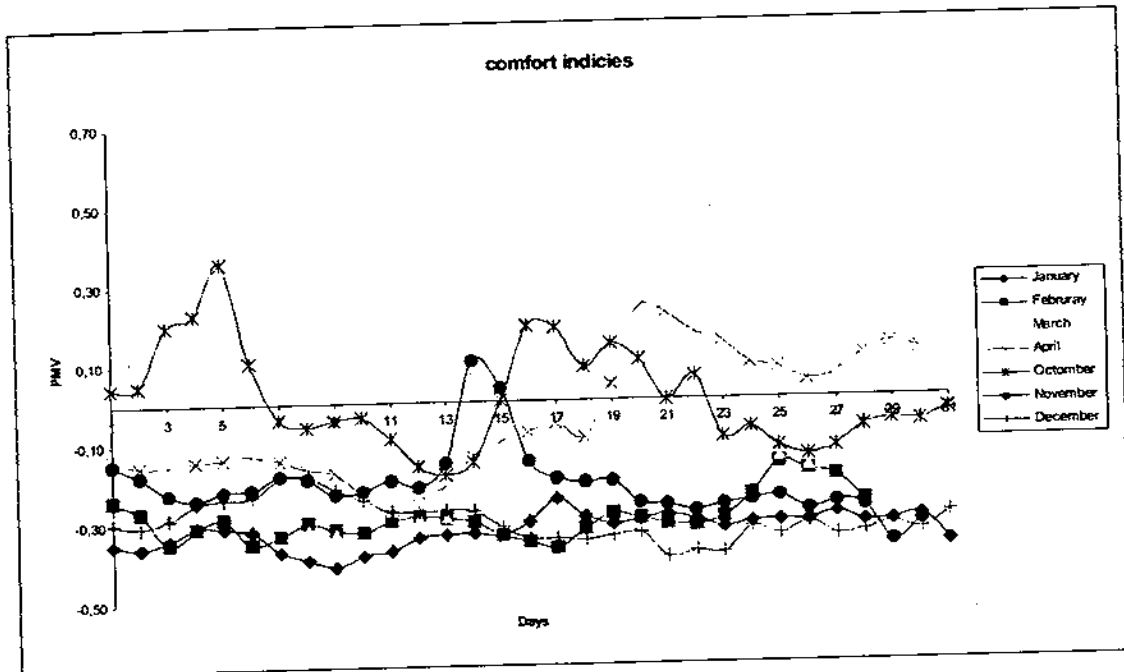
Με βάση την παραπάνω ανάλυση που παρουσιάστηκε με τα αντίστοιχα διαγράμματα είναι σημαντικό για την κατανόηση των να επισημανθούν ορισμένα βασικά πράγματα. Όταν παρουσιάζεται στο υπόμνημα των διαγραμμάτων τα ακόλουθα εννοούνται τα κάτωθι:

- α) με τον όρο **wall 1** παρομοιάζεται ο Βορινός τοίχος του υπό μελέτη χώρου.
- β) με τον όρο **wall 2** παρομοιάζεται ο Ανατολικός τοίχος του υπό μελέτη χώρου.
- γ) με τον όρο **wall 3** παρομοιάζεται ο Δυτικός τοίχος του υπό μελέτη χώρου.
- δ) με τον όρο **wall 4** παρομοιάζεται ο Νότιος τοίχος του υπό μελέτη χώρου.
- ε) με τον όρο **Time** νοείται ο χρόνος μιας ημέρας (1-24 ώρες)
- στ) με τον όρο **Temperature** νοείται η θερμοκρασία, που επικρατεί για την αντίστοιχη ώρα που παρουσιάζεται, του κάθε στοιχείου του χώρου (Δάπεδο-οροφή- τοίχος).

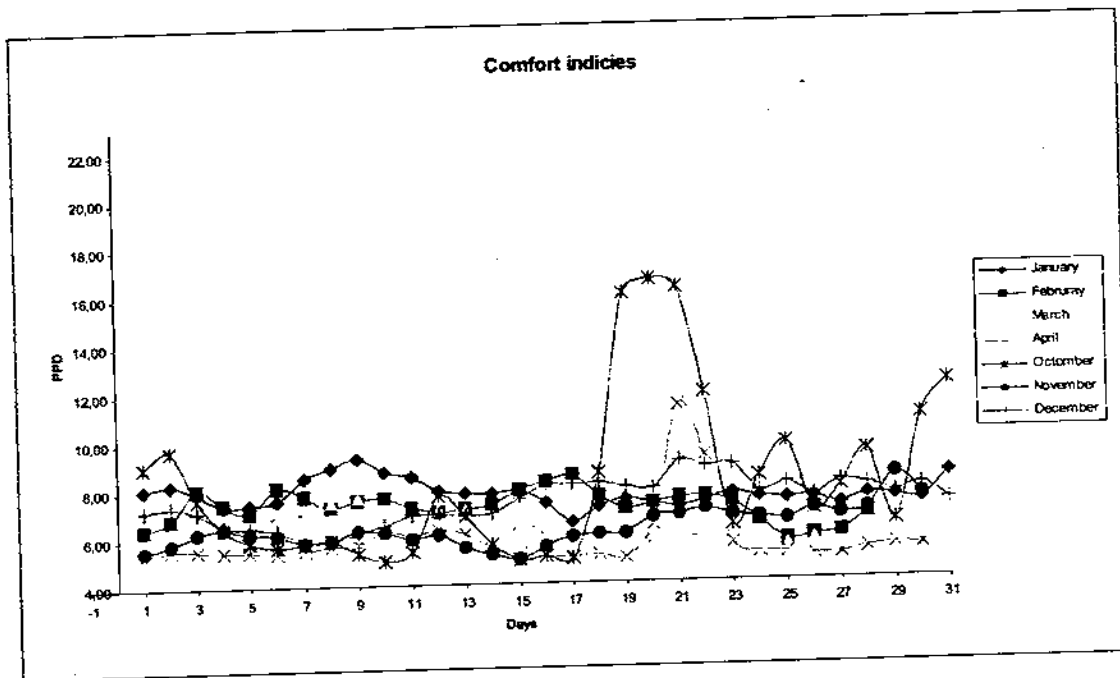
Με βάση λοιπόν τα διαγράμματα που παρατίθενται στην παρούσα εργασία και που εξήχθησαν με την πλήρη εξομοίωση του χώρου μπορούν να τονιστούν ορισμένα συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από μια πρώτη ματιά από τα διαγράμματα και τα οποία μπορούν να εξηγηθούν.

Για την καλύτερη σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων για την θερμική άνεση και τις θερμοκρασίες των περιβαλλουσών επιφανειών κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργηθούν τα συγκεντρωτικά διαγράμματα ώστε να παρουσιάζονται πιο συνοπτικά τα αποτελέσματα της εργασίας.

Έτσι λοιπόν θα έχομε ότι :



Διάγραμμα 5.25 :Συγκεντρωτικό διάγραμμα του δείκτη PMV για όλη την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.



**Διάγραμμα 5.26 :** Συγκεντρωτικό διάγραμμα του δείκτη PDD για όλη την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

Με μία πρώτη μάτια στα διαγράμματα 5.25 και 5.26 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η συμπεριφορά των δεικτών άνεσης κατά την διάρκεια της περιόδου της θέρμανσης σε γενικές γραμμές παρουσιάζει μια ομοιομορφία και ευρίσκεται στην περιοχή της θερμικής άνεσης. Όμως παρόλα ταύτα παρατηρείται ότι κατά τον μήνα 'Οκτώβριο και πιο συγκεκριμένα κατά την περίοδο από τις 17 έως τις 23 αυτού του μήνα παρουσιάζεται μια μεγάλη κλιμάκωση ( αύξηση του δείκτη PMV και αντίστοιχα του δείκτη PDD ) που μπορεί να εξηγηθεί παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιόδου. Έτσι λοιπόν, δεδομένου ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα παρουσιάζουν αυτή την επιβάρυνση είναι αναμενόμενο να περιμένουμε και μια αύξηση εκτός των ορίων άνεσης αφού το συγκεκριμένο σύστημα έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει τις μέσες ετήσιες απαιτήσεις σε θέρμανση που είναι σαφώς χαμηλότερες από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης περιόδου που αναφέρουμε.

Κάτι αντίστοιχο παρατηρείται και κατά τον μήνα Απρίλιο σε μικρότερη κλίμακα βέβαια και πρόκειται μόνο για μια ημέρα του μήνα αυτού. Η εξήγηση είναι και πάλι η ίδια και αυτό συμβαίνει διότι ένας μηχανικός έχει ως πρωταρχικό σκοπό του το κατά το δυνατό καλύτερο σχεδιασμό ενός συστήματος θέρμανσης τόσο από άποψης τεχνολογικής όσο και από άποψης οικονομικής. Έτσι θα ήταν ασύμφορο για έναν ιδιώτη επενδυτή να σπαταλήσει ένα μεγάλο κεφάλαιο για ένα μικρό χρονικό διάστημα στο οποίο το σύστημα δεν θα μπορεί να φέρει εις πέρας την δημιουργία συνθηκών άνεσης.

Επίσης, με βάση την παραπάνω παρατήρηση φαίνεται ότι κατά το μήνα Απρίλιο και Οκτώβριο το υπό μελέτη κτήριο χρειάζεται ψύξη και όχι θέρμανση και αυτός είναι ο κύριος λόγος που εμφανίζεται η ανομοιομορφία στο ανωτέρω διαγράμματα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## **ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ F-CHART 6.13version for windows**

### **Το παράθυρο διαλόγου Preferences**

SI Units  
 English Units  
 Economics On  
 Economics Off

Στο παράθυρο αυτό επιλέγουμε το σύστημα στο οποίο θα γίνουν οι υπολογισμοί του προγράμματος. Επιλέγοντας το σύστημα S.I. το πρόγραμμα από μόνο του αλλάζει όλες τις παραμέτρους του προγράμματος. Εν συνεχεία εάν θέλουμε μπορούμε να επιλέξουμε την ενεργοποίηση ή όχι της οικονομικής μελέτης. Κλικάροντας πάνω στο "Economics On" ενεργοποιούνται τα οικονομικά δεδομένα και ακολούθως υπολογίζονται αντιστοίχως. Αλλιώς τα οικονομικά δεδομένα θα παραλειφθούν.

### **Το παράθυρο διαλόγου System menu**

Pebble-bed Storage and DHW  
 Water Storage and DHW  
Building storage  
Passive Direct-Gain  
Passive storage Wall  
Pool heating  
General heating system  
Integral Collector-storage

Στο παράθυρο αυτό επιλέγουμε το σύστημα το οποίο πρόκειται να κάνουμε την μελέτη.

Συνήθως χρησιμοποιείται το **Water Storage and DHW**. Το σύστημα μας μπορεί να μας παρέχει ζεστό νερό χρήσης ή θέρμανση χώρου ή και τα δυο συγχρόνως.

### **Το παράθυρο διαλόγου Collector menu**

Flat plate collector  
 Evacuated Tube  
 Compound Parabolic  
 1-Axis tracking  
 2-Axis tracking

Στο παράθυρο διαλόγου αυτού επιλέγουμε τον τύπο του συλλέκτη που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή που θέλουμε να κάνουμε.

Συνήθως χρησιμοποιούμε τον επίπεδο ηλιακό συλλέκτη "flat plate".

### Το παράθυρο διαλόγου Data menu.

<b>Select data Location</b> <b>Chg/View Data</b> √ <b>Add new data</b>
--

Στο παράθυρο αυτό εμφανίζονται τα καιρικά φαινόμενα (π.χ. την μέση μηνιαία θερμοκρασία της πόλης που πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση την οποία μελετάμε). Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του παραθύρου αυτού αναφέρονται πιο κάτω στο αντίστοιχο παράθυρο.

#### **Select data Location**

Εάν κλικάρουμε αυτή την επιλογή τότε το πρόγραμμα από μόνο του θα περάσει τις τιμές που έχει αποθηκευμένες για την αντίστοιχη περιοχή που έχει επιλεγεί.

#### **Chg/View Data**

Εάν κλικάρουμε αυτή την επιλογή τότε το πρόγραμμα θα ανοίξει ένα παράθυρο διαλόγου στο οποίο θα μπορέσουμε να ελέγξουμε αν τα δεδομένα τα οποία έχει το πρόγραμμα για την επιλεγμένη περιοχή είναι συμβατά με τα δεδομένα τα οποία έχουμε για την αντίστοιχη περιοχή. Εάν αυτά δεν συμπίπτουν τότε κλικάροντας "double click " την αντίστοιχη τιμή μπορούμε να την διορθώσουμε και μετακινούμαστε μέσα σε αυτό το παράθυρο διαλόγου με τα βελάκια "←↑→↓". Μόλις τελειώσουμε την δουλεία αυτή τότε πιέζουμε το κουμπί πάνω στο παράθυρο διαλόγου "OK".

#### **Add new data**

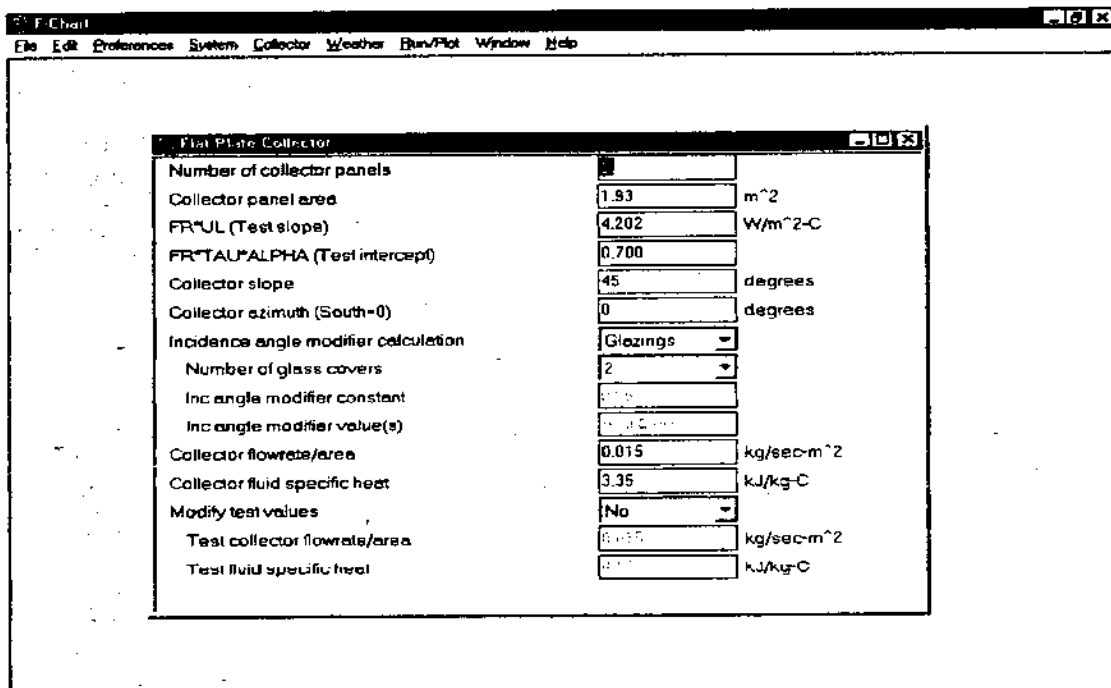
Εάν κλικάρουμε αυτή την επιλογή τότε το πρόγραμμα περιμένει από τον χρήστη να εισάγει τα δεδομένα τα οποία απαιτούνται για εκτελεστεί το πρόγραμμα. Αναλυτικά τα δεδομένα του παραθύρου αυτού περιγράφονται πιο κάτω. Την επιλογή αυτή την χρησιμοποιούμε όταν το υπομενού "Select data Location" δεν περιλαμβάνει την περιοχή που πρόκειται να γίνει η

εγκατάσταση. Πρακτικά για τις πόλεις της Ελλάδος πλην της περιοχής των Αθηνών (που υπάρχει στο αναφερόμενο υπομενού) πρέπει ο χρήστης να εισάγει τα δεδομένα της περιοχής.

### Το παράθυρο διαλόγου Flat plate collector

Στο παράθυρο αυτό πρέπει ο χρήστης να εισάγει τα δεδομένα που έχει για τον συλλέκτη.

- Number of collector panels: πόσοι είναι οι συλλέκτες που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε(αριθμός)



- Collector panel area: πόση είναι η συλλεκτική επιφάνεια των συλλ



εκτών (m<sup>2</sup>)

- $F_R \cdot U_L$ : χαρακτηριστικό στοιχείο του συλλέκτη (βλέπε Βαζαίος σελ.34)
- $F_R \cdot (t_a)_D$ : χαρακτηριστικό στοιχείο του συλλέκτη (βλέπε Βαζαίος σελ.34)
- Collector slope: είναι η κλίση του συλλέκτη (για την Ελλάδα η κλίση είναι περίπου 45<sup>0</sup>)
- Collector azimuth: είναι η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη (για την μέγιστη απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας η γωνία αυτή είναι 0<sup>0</sup> δηλαδή ο συλλέκτης να βλέπει στον νότο)
- Number of glass covers: είναι ο αριθμός των τζαμιών του συλλέκτη. (βλέπε Βαζαίος σελ.34)
- Collector flowrate/area: είναι η μαζική παροχή μεταξύ του εναλλάκτη και των συλλεκτών (συνήθως λαμβάνεται ίση με  $0,015 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec}}$  .βλέπε Βαζαίος σελ 87)
- Collector fluid specific heat: είναι η ειδική θερμότητα του αντιπτητικού υγρού που βρίσκεται στο κύκλωμα των συλλεκτών (**ΠΡΟΣΟΧΗ** οι μονάδες είναι  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$  ενώ στο διάγραμμα του Βαζαίου σελ 42 Σχήμα 3.4β είναι  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$  )

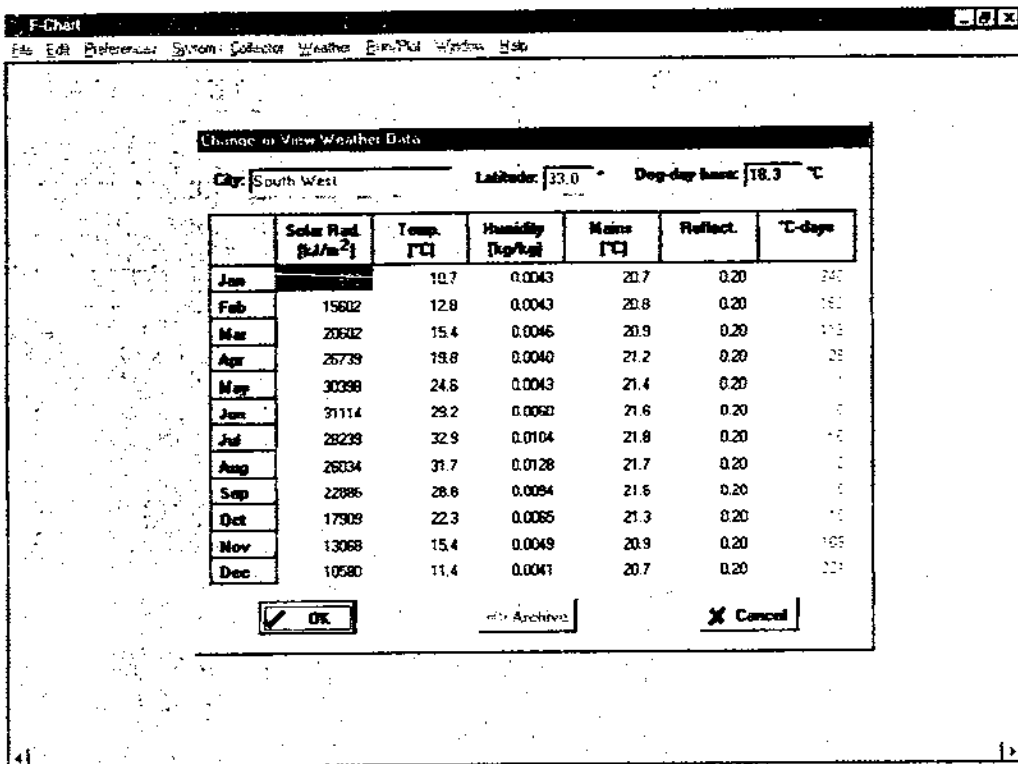
## Το παράθυρο διαλόγου Water Storage and DHW

Parameter	Value	Unit
Location		
Water volume / collector area	75.37	liters/m <sup>2</sup>
Building UA (0 if only DHW)	274	W/C
Fuel	Gas	
Efficiency of fuel usage	70.00	%
Domestic hot water)	Yes	
Daily hot water usage	303	liters
Water set temperature	60.0	C
Environmental temperature	20.0	C
UA of auxiliary storage tank	4.01	W/C
Pipe heat loss	No	
Inlet pipe UA	1.00	W/C
Outlet pipe UA	1.00	W/C
Relative load heat exchanger size	1.00	
Collector-store heat exchanger	No	
Tank-side flowrate/area	0.015	kg/sec·m <sup>2</sup>
Heat exchanger effectiveness	0.50	

Στο παράθυρο αυτό ο χρήστης εισάγει τα δεδομένα του συστήματος που πρόκειται να εγκαταστήσει. Το σύστημα μας μπορεί να μας παρέχει ζεστό νερό χρήσης ή θέρμανση χώρου ή και τα δυο συγχρόνως.

- Location: είναι η τοποθεσία στην οποία πρόκειται να εγκαταστήσουμε το σύστημα.
- Water volume / collector area: είναι ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας ( η συνηθέστερη τιμή για το μέγεθος αυτό είναι  $75 \text{ l/m}^2$  )
- Building UA: είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου που πρόκειται να μελετήσουμε ( συνήθως υπολογίζεται σαν πηλίκο των θερμικών απωλειών και της διαφοράς θερμοκρασίας σε " $\text{W/}^\circ\text{C}$ " )
- Daily hot water usage: είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης σε  $\text{lt}$  (υπολογίζεται σαν γινόμενο της μέσης ημερήσιας χρήσης ανά άτομο επί τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στον χώρο που μελετάμε. Εάν πρόκειται η εφαρμογή να γίνει για ξενοδοχείο στο παραπάνω γινόμενο βάζουμε και την πληρότητα του ξενοδοχείου)
- Water set temperature: είναι η θερμοκρασία που επιθυμούμε να έχει το ζεστό νερό χρήσης.
- Environmental temperature: είναι η θερμοκρασία της περιβάλλουσας επιφάνειας της δεξαμενής αποθηκείσεως.
- Pipe heat loss: είναι οι απώλειες των σωληνώσεων του συστήματος.

### Το παράθυρο διαλόγου chg/View Weather Data



- city: είναι η ονομασία της πόλης που θα γίνει η εγκατάσταση.
- Latitude: είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου που θα γίνει η εγκατάσταση
- Deg-days base: είναι η θερμοκρασία αναφοράς για τον υπολογισμό των βαθμοημερών θέρμανσης του μήνα για κάθε μήνα.
- Solar radiation: είναι η μέση ημερήσια ακτινοβολία του μήνα ( $\frac{KJ}{m^2}$ ) [υπολογίζεται σαν ηλικό της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο ( $\frac{MJ}{m^2 \cdot month}$ ) "βλέπε Βαζαίος σελ53 πίνακας 4.2.α" και τον αριθμό των ημερών του μήνα για κάθε μήνα ξεχωριστά.]
- Temp [°C]: είναι η εξωτερική θερμοκρασία αέρα στη διάρκεια της ημέρας (βλέπε Βαζαίος σελ 53 πίνακας 4.2.γ)
- Humidity [kg/kg]: είναι η ειδική υγρασία η οποία υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη με την βοήθεια δυο άλλων χαρακτηριστικών στοιχείων του χάρτη (όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των δυο στοιχείων μπορούν να δώσουν την ειδική υγρασία "η ειδική υγρασία βρίσκεται στην δεξιά κατακόρυφο του χάρτη")
- Mains [°C]: είναι η θερμοκρασία εισαγωγής του κρύου νερού του δικτύου (βλέπε Βαζαίος σελ 73 πίνακας 5.4)

- Reflectance: είναι ο συντελεστής αντανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές κυμαίνονται από 0,2 μέχρι 0,7.
- C-days : είναι ο αριθμός των βαθμομερών του μήνα για κάθε μήνα με βάση την θερμοκρασία αναφοράς (**ΠΡΟΣΟΧΗ** οι βαθμομέρες στο πρόγραμμα δεν μπορούν να αλλάξουν παρά μόνο αλλάζοντας την θερμοκρασία αναφοράς)

### Το παράθυρο διαλόγου thermal output

- Solar[GJ]: είναι η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια στην συλλεκτική επιφάνεια



	Solar [GJ]	Heat [GJ]	Dhw [GJ]	Aux [GJ]	f [ ]
Jan	2.175	5.692	1.977	6.526	0.149
Feb	2.307	3.842	1.781	4.404	0.217
Mar	2.826	2.650	1.966	3.172	0.313
Apr	3.091	0.684	1.894	1.186	0.540
May	2.998	0.074	1.948	0.729	0.639
Jun	2.793	0.000	1.877	0.681	0.637
Jul	2.721	0.000	1.933	0.739	0.618
Aug	2.812	0.000	1.935	0.689	0.644
Sep	2.866	0.000	1.877	0.621	0.669
Oct	2.830	0.247	1.953	0.921	0.581
Nov	2.318	2.549	1.902	3.262	0.267
Dec	2.053	5.229	1.975	6.138	0.148
Year	31.701	20.968	23.018	29.070	0.339

- Heat [GJ]: είναι η ολική απαίτηση ενέργειας για την κάλυψη των θερμικών φορτίων του κτιρίου

- Dhw[GJ]: είναι η ολική απαίτηση ενέργειας για

την θέρμανση του νερού χρήσης

- $f$ : είναι η κάλυψη του συστήματος δηλαδή το ποσοστό του θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια.

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ(kwh/m<sup>2</sup> month)ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ:1994-1995-1996-1997-1998-1999-2000**

α/α	έτος 1994	έτος 1995	έτος 1996	έτος 1997	έτος 1998	έτος 1999	έτος 2000	Συγκεντρωτικά (kwh/ m <sup>2</sup> month)
Ιανουάριος	-	55808	60755	74209	64984	62610	70259	64,77
Φεβρουάριος	19753	92514	15001	89602	92438	67991	79451	65,25
Μάρτιος	157120	127104	111270	-	126114	117378	135163	129,02
Απρίλιος	154936	-	156694	144116	163371	-	135163	150,86
Μάιος	217016	208318	198015	230670	312843	119766	135163	203,11
Ιούνιος	244140	232136	157429	217493	220661	218733	135163	203,68
Ιούλιος	231081	215748	233446	226622	229142	219690	135163	212,98
Αύγουστος	-	193886	200121	199265	195922	192947	135163	186,22
Σεπτέμβριος	124453	144694	144830	155530	137122	145023	135163	140,97
Οκτώβριος	106735	126993	-	76666	113303	-	135163	111,77
Νοέμβριος	74899	59628	68199	50112	56966	-	135163	74,16
Δεκέμβριος	61465	44170	48483	41081	45978	41932	135163	59,75

## Μέση θερμοκρασία ξηρού βολβού για τα έτη : 1994-1995-1996

### 1997-1998-1999

α/α	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΟΜΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ
ΕΤΟΣ 1994	-	12,4	12,8	15,7	19,9	23,11	27,1	28,5	25,7	20,4	14	10,7
ΕΤΟΣ 1995	10,1	12	10,9	-	18,7	24,3	27,2	26,1	-	18,3	-	12,3
ΕΤΟΣ 1996	9,7	8,7	9,5	13,8	19,9	25,4	26,2	26,4	21,5	-	14,8	12
ΕΤΟΣ 1997	10,9	10,5	-	11,6	20,5	-	25,9	25	-	17,4	14,9	-
ΕΤΟΣ 1998	10,7	11,5	9,8	15,7	19,2	24,7	28,3	29,2	23,2	-	14,3	9,5
ΕΤΟΣ 1999	-	-	-	15,2	21,3	-	-	27,6	-	-	14,9	12,7
μέση θερμοκρασία	10,4	11,0	10,7	14,4	19,9	24,4	26,9	27,1	23,46	12,6	14,4	11,4
ξηρού βολβού												
°C												

## Μέση σχετική υγρασία για τα έτη :1994-1995-1996-1997-1998-1999

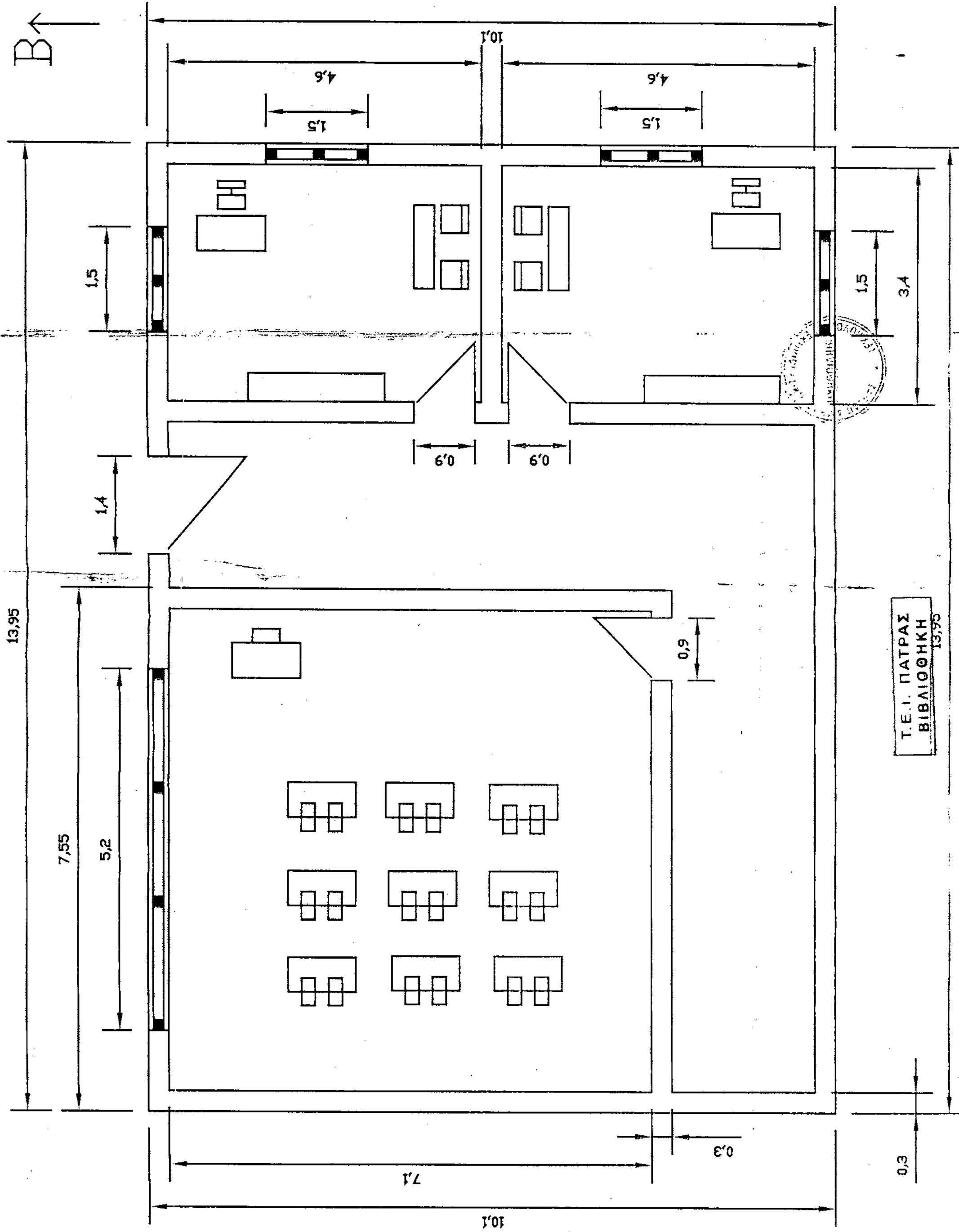
α/α	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΟΜΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ
ΕΤΟΣ 1994	-	63	59	55	56	48	41	42	47	58	24	16
ΕΤΟΣ 1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΕΤΟΣ 1996	64	68	65	64	64	48	49	54	59	-	67	72
ΕΤΟΣ 1997	64	62	-	64	53	-	52	53	-	61	71	-
ΕΤΟΣ 1998	70	64	61	61	61	55	43	46	58	-	69	68
ΕΤΟΣ 2000	-	-	-	64	62	-	-	53			65	70
μέση σχετική υγρασίας %	66	64,3	61,7	61,6	59,2	50,4	46,3	49,6	54,7	59,5	59,2	56,5



1. Εξοικονόμηση και διαχείριση ενέργειας. Μιχάλης Κτενιαδάκης, Ηράκλειο 1999
2. Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων, Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Θεσσαλονίκη 2001
3. Λευκή βίβλος για την ενέργεια, Επιτροπή ερευνών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Βρυξέλλες 2001
4. Πρωτόκολλο του ΚΥΟΤΟ, 1997
5. ASHRAE handbook Fundamentals, American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, Atlanta 1994.
6. Μετάδοση θερμότητας- θερμομόνωση, Σ.Ι.Καρέκος, Τ.Ε.Ε. 2001
7. "Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας – Υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων", Ευθύμιος Η. Βαζαΐος, 1994.
8. Solar Engineering of Thermal Processes, Becman, W.A and Duffie, J.A Wiley, Interscience, New York, N.Y 1980.
9. Ηλιακή Μηχανική και εφαρμογές, Σ.Ν. Καπλάνης, εκδόσεις ΙΩΝ, Πάτρα 2003.
10. ASHRAE. 1992. "Thermal environmental conditions for human occupancy". ANSI / ASHRAE Standard 55-1992.
11. Thermal comfort - Thermal comfort models –INNOVA Corporation.
12. Ηλιακά σπίτια - Ηλιακή θέρμανση. Θερμική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας, Φρ. Κωτσιανας.
13. Environmental control systems. Heating cooling lighting - Thermal comfort, Fuller Moore, McGraw – Hill, Inc.1993.
14. The Effect of air Speed and Temperature on the Thermal Sensations of Sedentary Man, Rohles, F.H., J.E. Woods and R.G. Nevins, ASHRAE Transactions 80: 101-119, 1974.
15. ASHRAE Trans. Vol. Part 2. Impact of air humidity on thermal comfort during step-changes. R.J. de Dear, H.K. and P.O. Fanger, 1989.
16. Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill, New York, Fanger, P.O. 1970.
17. ISO 7730. "Moderate thermal environment determination of the PMV and PPD index and specification of the conditions for thermal comfort". (1995.1).

18. Lecture notes in thermal comfort, Massachusetts Institute of Technology 2000.
19. Towards a psychophysiological model of thermal perception. Int J. Biometeorology 25: 109-122, Auliciems A, 1981.
20. Effects of measurement and formulation error on thermal comfort indices in the ASHRAE database of field studies. ASHRAE Trans 106: 493-502, Humphreys M, Nicol F, 2000.
21. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference  
FINAL REPORT ASHRAE RP- 884 March 1997 Richard de Dear, Gail Brager, Donna Cooper, Macquarie Research Ltd., Macquarie University, Sydney, NSW 2109 AUSTRALIA, Center for Environmental Design Research, University of California, Berkeley, CA 94720 USA
22. A Formula to estimate approximate surface area, if height and weight are known, DuBois, D. And E.F. DuBois. 1916, Archives of Internal Medicine 17:863-71.
23. HUMAN THERMAL COMFORT by Kien Khanh Huynh. A Thesis Submitted to the Faculty of Mississippi State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering in the Department of Mechanical Engineering Mississippi State, Mississippi May 2001
24. Know how of REHAU, Οδηγός εγκατάστασης, Γερμανία, 1986.
25. Σελλούντος,

B ←



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
13,95