

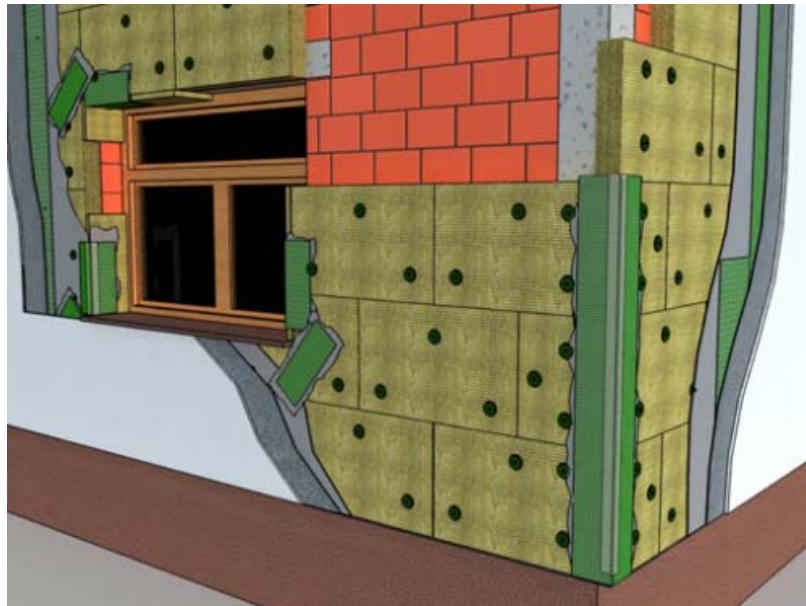


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ



ΧΟΥΣΤΟΥΛΑΚΗΣ Ε. ΚΥΡΙΑΚΟΣ

Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης καθηγητής ΕΜΠ

Συνεπιβλέπων: Δρ. Α. Στάμος

Αθήνα, Οκτώβριος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Στάμο Αθανάσιο για την αμέριστη βοήθειά του καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, η συγγραφή της οποίας θα ήταν ανέφικτη χωρίς την καθοδήγηση του και χωρίς την συνεργασία που είχαμε.

Ευχαριστώ θερμά και τον καθηγητή κ. Τζουβαδάκη Ιωάννη, για την ανάθεση και την επίβλεψη του στην πορεία υλοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως επίσης και για την συμβολή του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πίνακας συμβόλων και μεγεθών.....	7
Πρόλογος.....	11
1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	13
1.1. Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ.....	13
1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του λ.....	14
1.3. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U).....	15
1.4. Η θερμοχωρητικότητα των υλικών.....	16
2. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ.....	19
2.1. Μεταφορά θερμότητας με αγωγή.....	20
2.2. Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή.....	21
2.3. Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία.....	22
3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	23
3.1. Βασικές ιδιότητες	23
3.1.1. Φυσικές ιδιότητες.....	23
3.1.2. Περιβαλλοντικές ιδιότητες	25
3.2. Ταξινόμηση θερμομονωτικών υλικών.....	26
3.3 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών.....	27
3.3.1. Υαλοβάμβακας.....	27
3.3.2. Πετροβάμβακας.....	29
3.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη.....	31
3.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη.....	33
3.3.5. Ξυλόμαλλο.....	35
3.3.6. Άλλα θερμομονωτικά υλικά.....	37
3.3.6.1. Αφρός πολυουρεθάνης.....	37
3.3.6.2. Διογκωμένος φελλός.....	37
3.3.6.3. Αφρώδες γυαλί.....	38
3.3.6.4. Βαμβάκι.....	38

3.3.6.5. Μαλλί προβάτου.....	38
3.4 Νέα υλικά.....	39
4. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ	41
4.1. Στάδια ελέγχου της θερμομονωτικής επάρκειας.....	41
4.2. Θερμοπερατότητα δομικού στοιχείου και κτιρίου.....	44
4.3. Βασικές σχέσεις.....	44
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	47
5.1. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	47
5.1.1. Κλειστό διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου.....	49
5.1.2. Διάκενο με θερμοανακλαστική μόνωση.....	49
5.1.3. Διάκενο σε επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον.....	49
5.1.4. Δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενους χώρους.....	50
5.1.5. Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.....	51
5.1.6. Δομικό στοιχείο σε επαφή με το έδαφος.....	54
5.1.7. Δομικό στοιχείο σε επαφή με όμορο κτίριο.....	58
5.1.8. Υπολογισμός σύνθετων δομικών στοιχείων.....	58
5.1.9. Υπολογισμός δομικών στοιχείων, αποτελούμενων από μη ομογενείς στρώσεις	59
5.1.10. Υπολογισμός παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	62
5.2. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων	62
5.2.1. Αναλυτικός υπολογισμός του ενός μονού κουφώματος.....	63
5.2.2. Αναλυτικός υπολογισμός του μονού κουφώματος που περιλαμβάνει πτέασμα.....	65
5.2.3. Αναλυτικός υπολογισμός του ενός διπλού κουφώματος.....	66
5.3. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων.....	67
6. ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ	73
6.1. Υπολογισμός των θερμογεφυρών.....	73

7. ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	83
7.1. Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας	
όλου του κτιρίου (U_m)	85
7.1.1. Ο μειωτικός συντελεστής (b)	86
7.1.2. Παρατηρήσεις κατά τον υπολογισμό του U_m	89
8. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	91
8.1. Βασικές έννοιες	91
8.2. Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης	92
8.2.1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός	92
8.2.2. Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων	94
8.3. Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας	94
8.3.1. Προστασία από ψυχρούς ανέμους	95
8.4. Θερμική προστασία – Θερμομόνωση	95
8.4.1. Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας	96
8.4.2. Θερμομόνωση	97
8.4.3. Φυσικός αερισμός	97
8.4.4. Νυχτερινή ακτινοβολία	97
8.4.5. Μικροκλίμα	97
9. ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΤΗΣ FORTRAN.....	99
9.1. Τα αρχεία του προγράμματος	99
9.1.1. Αρχείο ylika.txt	99
9.1.2. Αρχεία pinakas10a.txt, pinakas10b.txt, pinakas10c.txt, pinakas10d.txt	100
9.1.3. Αρχείο file1	101
9.1.4. Αρχείο file2	102
9.1.5. Αρχείο file3.....	104
9.2. Παρουσίαση κάθε υποπρογράμματος.....	105
9.2.1. Υποπρόγραμμα 1: readYlika	105
9.2.2. Υποπρόγραμμα 2: arx3.....	107

9.2.3. Υποπρόγραμμα 3: subroutinearx1.....	107
9.2.4. Υποπρόγραμμα 4: arx2.....	110
9.2.5. Υποπρόγραμμα 5: elenxos1.....	114
9.2.6. Υποπρόγραμμα 6: elenxos2.....	114
9.2.7. Υποπρόγραμμα 7: rin3b.....	115
9.2.8. Υποπρόγραμμα 8: PinakasKanonismou.....	116
9.2.9. Υποπρόγραμμα 9: pinakas10a.....	116
9.2.10. Υποπρόγραμμα 10: rin9a.....	117
9.2.11. Υποπρόγραμμα 11: Pin9b.....	118
9.2.12. Υποπρόγραμμα 12: pinakas12.....	119
9.2.13. Κύριο πρόγραμμα: etst1.....	120
9.3. Εφαρμογή	121
9.3.1. Χειρωνακτικός έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κατά ΚΕΝΑΚ.....	121
9.3.2. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας με το πρόγραμμα.....	123
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	191
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	241

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΩΝ

Συμβολισμοί

Σύμβολα	Μονάδες	Ερμηνεία
A	[m ²]	εμβαδό, επιφάνεια,
b	[-]	μειωτικός συντελεστής,
B'	[m]	χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας,
c	[J(kg·K)]	ειδική θερμοχωρητικότητα,
d	[m]	πάχος,
h	[m]	ύψος,
ℓ	[m]	μήκος,
n, ν	[-]	πλήθος,
R	[(m ² ·K)/W]	θερμική αντίσταση,
U	[W/(m ² ·K)]	συντελεστής θερμοπερατότητας,
V	[m ³]	όγκος,
z	[m]	βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους,
ε	[-]	ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (εκπεμπτικότητα),
θ	[K ή °C]	θερμοκρασία,
λ	[W/(m·K)]	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,
μ	[-]	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών,
Π	[m]	περίμετρος,
Ψ	[W/(m·K)]	συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας,
ρ	[kg/m ³]	πυκνότητα.

Δείκτες

Σύμβολα	Ερμηνεία
A	αέρας,
a, α	εξωτερικό περιβάλλον,
B	έδαφος,
cw	τοιχοπέτασμα - υαλοπέτασμα,
dp	ορθοστάτης,
e	επιφανειακός,
F	δάπεδο,
FA	δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή),
FB	δάπεδο σε επαφή με το έδαφος,
FU	δάπεδο σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους,
f	πλαίσιο κουφώματος,
g	υαλοπίνακας κουφώματος,
gf	γυάλινες προσόψεις,
i	εσωτερικό περιβάλλον,
iu	δομικό στοιχείο που διαχωρίζει το θερμαινόμενο από το μη θερμαινόμενο χώρο,
m	μέση τιμή,
n, ν	πλήθος,
p	πέτασμα κουφώματος,

R	εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή),
RU	οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη,
T	εξωτερικός τοίχος,
TB	εξωτερικός τοίχος σε επαφή με το έδαφος,
tr	τραβέρσα,
TU	εξωτερικός τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο,
u, U	μη θερμαινόμενος χώρος,
W	κούφωμα,
'	ισοδύναμος,
δ	διάκενο,
Λ	θερμοδιαφυγή ενός δομικού στοιχείου,
ολ.	σύνολο.

Μεγέθη

Σύμβολα	Μονάδες	Ερμηνεία
A	[m ²]	το εμβαδό μιας επιφάνειας,
A _{op}	[m ²]	το εμβαδό του ορθοστάτη του πλαισίου του τοιχοπετάσματος - υαλοπετάσματος,
A _r	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου ενός κουφώματος,
A _g	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα ενός κουφώματος ή ενός τοιχοπετάσματος - υαλοπετάσματος
A _{lu}	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα θερμαινόμενο χώρο από ένα μη θερμαινόμενο χώρο,
A _p	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του πετάσματος ενός κουφώματος,
A _{tr}	[m ²]	το εμβαδό της τραβέρσας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος - υαλοπετάσματος,
A _{ua}	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,
b	[-]	μειωτικός συντελεστής,
B'	[m]	η χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας,
b _u	[-]	ο μειωτικός συντελεστής για την απομείωση της υπολογισθείσας ροής θερμότητας μέσω του διαχωριστικού δομικού στοιχείου μεταξύ ενός θερμαινόμενου και ενός μη θερμαινόμενου χώρου,
c	[J(kg·K)]	ειδική θερμοχωρητικότητα,
c _{αέρα}	[J/(m ³ ·K)]	θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά μονάδα όγκου,
d	[m]	πάχος,
h	[m]	το ύψος ενός δομικού στοιχείου,
ℓ	[m]	το μήκος μιας θερμογέφυρας,
ℓ _{dp,g}	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) που σχηματίζεται μεταξύ του ορθοστάτη του πλαισίου και του υαλοπίνακα πλήρωσης,
ℓ _{dp,r}	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) που σχηματίζεται μεταξύ του ορθοστάτη του πλαισίου και του κουφώματος,
ℓ _g	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) που σχηματίζεται μεταξύ του υαλοπίνακα και του πλαισίου του κουφώματος,

ℓ_p	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) που σχηματίζεται μεταξύ του πετάσματος και του πλαισίου του κουφώματος (στη θέση της τραβέρσας ή του ορθοστάτη),
$\ell_{tr,g}$	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) που σχηματίζεται μεταξύ της τραβέρσας του πλαισίου και του υαλοπίνακα πλήρωσης,
$\ell_{tr,r}$	[m]	το μήκος της θερμογέφυρας (της περιμέτρου) στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και κουφώματος,
n_u	[-]	το πλήθος εναλλαγών αέρα στο μη θερμαινόμενο χώρο ανά ώρα,
R	[(m ² ·K)/W]	η θερμική αντίσταση,
R_a	[(m ² ·K)/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον,
R_{RU}	[(m ² ·K)/W]	η θερμική αντίσταση οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη,
R_i	[(m ² ·K)/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
R_{δ}	[(m ² ·K)/W]	η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, όταν ο αέρας δεν επικοινωνεί με το εξ. περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,
R_{λ}	[(m ² ·K)/W]	η θερμική αντίσταση του συνόλου των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου (αντίσταση θερμοδιαφυγής),
$R_{o\lambda}$	[(m ² ·K)/W]	η συνολική θερμική αντίσταση δομικού στοιχείου,
U	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας,
U_{dp}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ορθοστατών του πετάσματος ενός κουφώματος,
U_F	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,
U_{FB}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος,
$U_{FB'}$	[W/(m ² ·K)]	ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας μιας πλάκας που εδράζεται στο έδαφος ή βρίσκεται σε βάθος z από την τελική στάθμη του εδάφους,
U_{FA}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτής),
U_{FU}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους,
U_{η}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα του κουφώματος,
$U_{\eta f}$	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας γυάλινων προσόψεων,
U_{iu}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο,
U_m	[W/(m ² ·K)]	η μέση τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου,
U_b	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πετάσματος ενός κουφώματος,
U_R	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικής οριζόντιας ή κεκλιμένης επιφάνειας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφής),
U_{RU}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη,
U_{TA}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοποιίας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα,

U_{TB}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων σε επαφή με το έδαφος,
U_{tr}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τραβερσών ενός κουφώματος,
U_{TU}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο,
U_{ua}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,
U_w	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος,
$U_{w,i}$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας εσωτερικού κουφώματος στην περίπτωση του διπλού κουφώματος,
$U_{w,a}$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικού κουφώματος στην περίπτωση του διπλού κουφώματος,
V_u	$[m^3]$	ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου,
z	$[m]$	το βάθος έδρασης δομικού στοιχείου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους,
ϵ	$[-]$	η ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (εκπεμπτικότητα),
θ_a	$[^\circ C]$	η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα,
θ_i	$[^\circ C]$	η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (του εξωτερικού περιβάλλοντος),
λ	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,
λ'	$[W/(m \cdot K)]$	ο ισοδύναμος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τοιχοποιίας,
μ	$[-]$	ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών,
Π	$[m]$	η περίμετρος ενός οριζώντιου δομικού στοιχείου που πατά επάνω στο έδαφος,
Ψ	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας,
Ψ_g	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα ενός κουφώματος,
Ψ_{tg}	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου και υαλοπίνακα,
$\Psi_{dp,g}$	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή ορθοστάτη και υαλοπίνακα,
$\Psi_{tr,g}$	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή τραβέρσας και υαλοπίνακα,
$\Psi_{dp,f}$	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και ορθοστάτη,
$\Psi_{tr,f}$	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και τραβέρσας,
Ψ_p	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα δομικά στοιχεία όταν υποβάλλονται σε εξωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις έχουν την ιδιότητα να αντιστέκονται στη διάδοση της θερμότητας από και προς το περιβάλλον. Το βασικό μέγεθος που πρέπει να προσδιορισθεί για να αναλυθεί ο μηχανισμός αυτός είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας.

Στα πλαίσια της εν λόγω διπλωματικής εργασίας ασχολούμαστε με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης που μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση διαφορετικών θερμομονωτικών υλικών, αλλά και διαφορετικού πάχους μόνωσης σε ένα τυπικό ελληνικό κτίριο, με την βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού fortran.

Στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζονται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) και ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) που εκφράζουν τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται οι τρεις τρόποι μετάδοσης της θερμότητας.

Στο τρίτο κεφάλαιο εμβαθύνουμε αρκετά στα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, δίνοντας ιδιαίτερη βάση στα παρακάτω:

- ❖ Υαλοβάμβακας
- ❖ Πετροβάμβακας
- ❖ Ξυλόμαλλο
- ❖ Διογκωμένη πολυστερίνη
- ❖ Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται τα στάδια ελέγχου της θερμομονωτικής επάρκειας και οι βασικές σχέσεις υπολογισμού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία του υπολογισμού της θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις θερμογέφυρες τα είδη, τις κατηγορίες αλλά και πώς αυτές επηρεάζουν την θερμομονωτική επάρκεια του κτιρίου στους υπολογισμούς.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος υπολογισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιγράφονται βασικές έννοιες του βιοκλιματικού σχεδιασμού των σύγχρονων κτιρίων αναφορικά με το σχήμα, την θέση αλλά και τον εσωτερικό τους χώρο, ενώ δίνεται και αναλυτική περιγραφή των αποθηκών θερμότητας.

Στο ένατο κεφάλαιο αναπτύσσεται πρόγραμμα H/Y για τη θερμομονωτική επάρκεια κτιρίων. Γίνεται η ερμηνεία των τμημάτων του προγράμματος, ενώ παρατίθεται και ένα παράδειγμα λυμένο με το πρόγραμμα.

Τέλος, το κεφάλαιο δέκα καταλήγει σε συγκεκριμένα συμπεράσματα, ενώ, γίνονται και προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση του κώδικα.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I παρατίθεται ο κώδικας του προγράμματος που υλοποιήθηκε για τον υπολογισμό, με την αναλυτική μέθοδο, της θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου,

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II παρατίθενται αναλυτικά όλοι οι σχετικοί πίνακες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η μετάδοση θερμότητας μέσα από ένα υλικό ή ειδικότερα ένα δομικό στοιχείο καθορίζεται από διάφορες παραμέτρους που είναι φυσικές ιδιότητες του ίδιου του υλικού. Οι δύο συντελεστές λ και U εκφράζουν την ευκολία μετάδοσης της θερμότητας σε ένα υλικό ή ένα δομικό στοιχείο αντίστοιχα. Οι συντελεστές λ και U επομένως, περιγράφουν τις θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού ή δομικού στοιχείου και κατ' επέκταση, του περιβλήματος ολοκλήρου του κτιρίου.

1.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

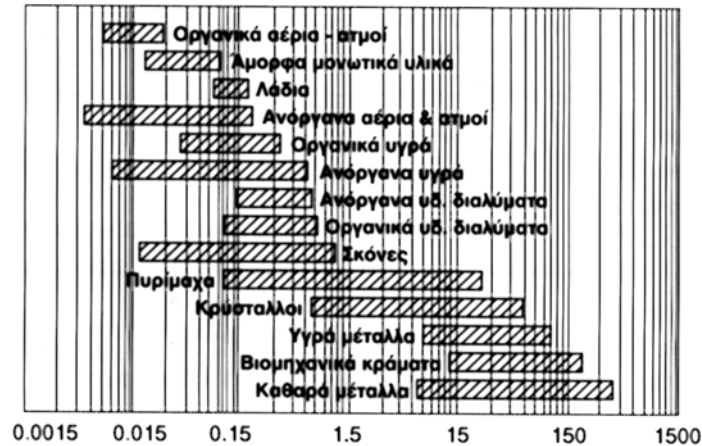
Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ ενός ομογενούς και ισότροπου υλικού, ορίζεται η σταθερά αναλογίας λ στη σχέση:

$$\dot{q} = -S\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (1.1.)$$

όπου \dot{Q} ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας κάθετα στην επιφάνεια S , x το πάχος του υλικού και θ η θερμοκρασία του.

Εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που περνά ανά δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές κύβου ακμής 1m (από ομοιογενές και ισότροπο υλικό), όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή, ίση με 1K . Μονάδες του λ είναι $\{\lambda\} = \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ή $\text{Kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$.

Ο συντελεστής λ αποτελεί φυσική ιδιότητα κάθε υλικού και η τιμή του προσδιορίζεται πειραματικά.



Σχήμα 1.1. Περιοχές τιμών του λ διαφόρων υλικών(W/(mK)).

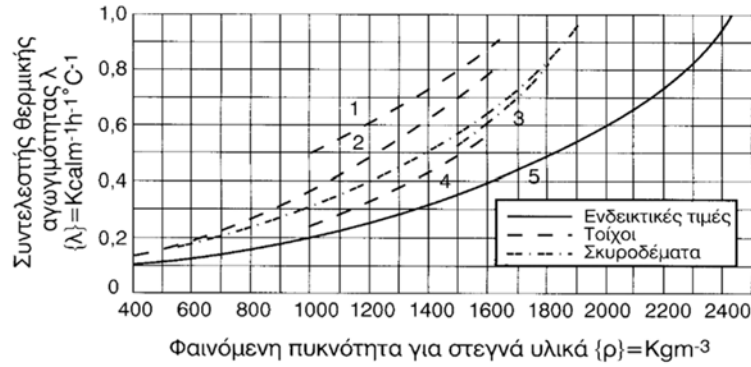
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του λ

Την τιμή του συντελεστή λ ενός υλικού επηρεάζουν η φύση του υλικού ή δομή του (πορώδες, πυκνότητα) η θερμοκρασία, ή υγρασία και η πίεση. Γενικά ισχύουν:

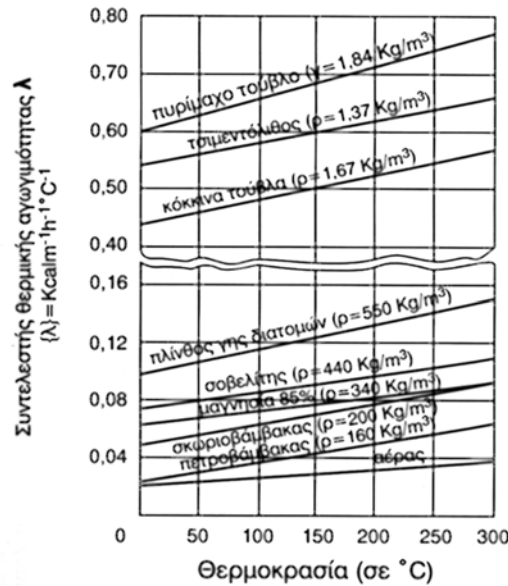
- α) Τα αέρια έχουν μικρές τιμές λ, υποδεκαπλάσιες των υγρών.
- β) Τα στερεά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις τιμές λ, αυτό οφείλεται στη φυσική δομή τους.
- γ) Τα μέταλλα σε καθαρή κατάσταση έχουν μεγάλες τιμές λ, ενώ τα κράματα τους παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές από τα συστατικά τους.
- δ) Για ινώδη σώματα (π.χ. υφαντά, ξύλο) η τιμή του λ είναι μεγαλύτερη για αγωγή κατά μήκος των ινών, από την τιμή λ για αγωγή κάθετα σ' αυτές.

Τα υλικά με τις ακραίες τιμές λ είναι ο άργυρος Ag ($\lambda=418 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) και η ειδικής παρασκευής πηκτή πυρίτια απ' την οποία έχει αφαιρεθεί ο αέρας ($\lambda=0,00207 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η επίδραση που έχουν στο λ μερικών βασικών δομικών στοιχείων, η πυκνότητα και η θερμοκρασία του υλικού:



Σχήμα 1.2. Περιοχές τιμών του λ διαφόρων δομικών υλικών τοιχωμάτων σε συνάρτηση με την πυκνότητα του υλικού: 1. Πέτρινος τοίχος με ασβεστοκονίαμα. 2. Τοίχος από πλίνθους ελαφροσκυροδέματος. 3. Τουβλοδομή. 4. Σκυρόδεμα. 5. Ενδεικτική καμπύλη συμπαγών σωμάτων.



Σχήμα 1.3 . Περιοχές τιμών του λ διαφόρων δομικών υλικών τοιχωμάτων σε συνάρτηση με την θερμοκρασία του υλικού.

1.3 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U)

Θερμοπερατότητα μέσα από ένα στοιχείο χαρακτηρίζεται η ευκολία μετάδοσης θερμότητας μέσα από τη μάζα του, λαμβανομένων υπόψη της θερμοδιαφυγής και της θερμικής μετάβασης και από τις δύο πλευρές του (θερμή και ψυχρή).

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

1.4. Η θερμοχωρητικότητα των υλικών

Ως θερμοχωρητικότητα ενός υλικού, συστήματος ή δομικού στοιχείου καλείται η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό K ή °C. Καταδεικνύει την ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα και δίνεται από τη σχέση:

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (2.1)$$

Όπου : $C [J / K]$ η θερμοχωρητικότητα,

$dQ [J]$ η αποθηκευμένη θερμότητα,

$dT [K]$ η διαφορά θερμοκρασίας.

Ειδική θερμοχωρητικότητα, c , καλείται η ανοιγμένη τιμή της θερμοχωρητικότητας του σώματος ανά μονάδα μάζας ($J / kg \cdot K$).

Η αποθηκευμένη θερμότητα αυξάνεται με την αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας καθώς επίσης με την αύξηση της θερμοχωρητικότητας και της μάζας του σώματος.

Η θερμοχωρητικότητα ενός δομικού στοιχείου (τοιχοποιία, οροφή) που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον επηρεάζει τις θερμικές ανάγκες του χώρου και την θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειάς του όταν η θέρμανση του χώρου δεν είναι σταθερή και υπάρχει διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Υψηλή τιμή της θερμοχωρητικότητας σημαίνει χαμηλό ρυθμό ροής θερμότητας ή ψύξης στο χώρο και μείωση των αναγκών θέρμανσής του.

Στην περίπτωση που ένα κτίριο έχει ανάγκη ταχείας θέρμανσης (αλλά και ψύξης) τότε τοποθετείται ένα θερμομονωτικό υλικό στο εσωτερικών των επιφανειών των εξωτερικών δομικών στοιχείων και η επίδραση της θερμοχωρητικότητας δεν λαμβάνεται υπόψη. Αντίθετα, εάν χρειάζεται απαιτείται η επίδραση της θερμοχωρητικότητας, τότε το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου.

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης κτιρίου, C_m , υπολογίζεται από τη σχέση

$$C_m = \sum (k_j \cdot A_j) \quad (2.2)$$

Όπου:

$C_m [kJ / K]$ η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης

$k_j [kJ / (m^2 \cdot K)]$ η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j

$A_j [m^2]$ η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου j.

Η τιμή του k_j υπολογίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των επιμέρους υλικών που αποτελούν το δομικό στοιχείο και βρίσκονται μέχρι το «μέγιστο» ενεργό βάθος του δομικού στοιχείου. Ως ενεργό βάθος ορίζεται η μικρότερη τιμή μήκους από την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου μέχρι:

- 1) τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης του δομικού στοιχείου,
- 2) το ήμισυ του πάχους του δομικού στοιχείου ή
- 3) το βάθος των 10 cm του δομικού στοιχείου από την εσωτερική του πλευρά.

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου δίνεται για όλες τις εσωτερικές επιφάνειες της θερμικής ζώνης / ορόφου / κτιρίου από την ακόλουθη σχέση:

$$k_j = \sum \rho_j \cdot c_j \cdot d_j$$

Όπου:

$\rho_j [kg / m^3]$ η πυκνότητα του υλικού j,

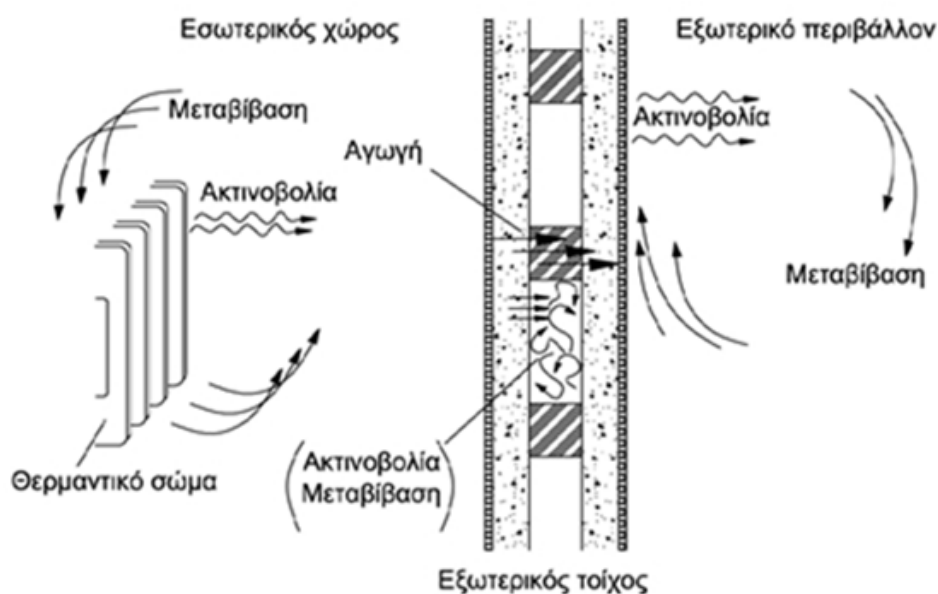
$d_j [m^2]$ το πάχος του υλικού j και

$c_j [kJ / (kg \cdot K)]$ η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

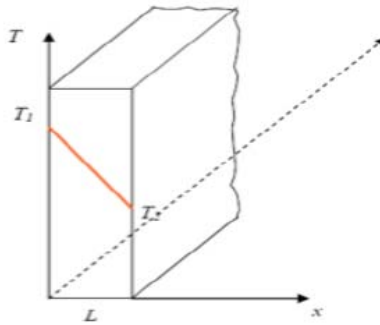
Οι αρχές μετάδοσης της θερμότητας έχουν μεγάλη εφαρμογή στις κτιριακές εγκαταστάσεις και η χρήση τους ποσοτικοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Η μετάδοση θερμότητας δύναται να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους: τη μετάδοση με αγωγή (αγωγιμότητα), τη μετάδοση με συναγωγή και τη μετάδοση με ακτινοβολία. Στην πράξη, σπάνια συναντάται μια μόνο μορφή μετάδοσης θερμότητας αλλά συνήθως τα φαινόμενα είναι συνδυασμός δύο ή και των τριών μορφών μετάδοσης θερμότητας.



Σχήμα 2.1. Τρόποι μετάδοσης θερμότητας.

ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1. Μεταφορά θερμότητας με αγωγή



Εικόνα 2.2. Μεταφορά θερμότητας με αγωγή.

Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή οφείλεται κυρίως στη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των ατόμων ή των μορίων ενός σώματος ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Αυτή η μεταφορά (ή ροή) ονομάζεται θερμορροή, συμβολίζεται ως \dot{q} και εκφράζεται σε μονάδες W. Έτσι, έχουμε την εξής σχέση:

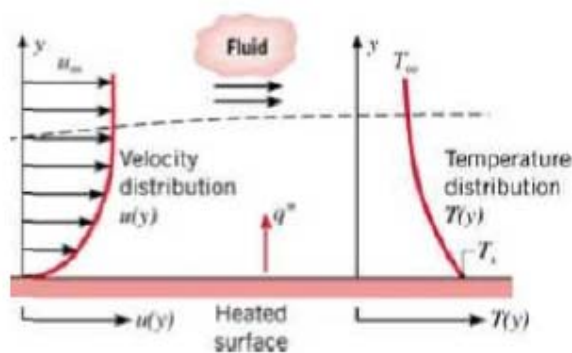
$$\dot{q} = \lambda \frac{\Delta T}{d} S$$

Το μέγεθός της υπολογίζεται από το νόμο Fourier και εξαρτάται από το πάχος του σώματος $d(m)$, τη διαφοράς θερμοκρασίας $\Delta T(K)$, το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(W/m \cdot K)$ και το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού $S(m^2)$.

Όπως γίνεται αντιληπτό, αυτό το φαινόμενο δημιουργεί προβλήματα απωλειών ενέργειας, ειδικά στον κτιριακό τομέα, τον οποίο και μελετούμε. Κατά τη χειμερινή περίοδο η θερμορροή κινείται από όλους τους θερμαινόμενους χώρους προς τους μη-θερμαινόμενους και το περιβάλλον, ενώ κατά τη θερινή περίοδο, η θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον ρέει προς το εσωτερικό του κτιρίου.

2.2. Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή

Στη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή, εκτός από τις τυχαίες κινήσεις των μορίων, τη διάχυση, μεταφέρεται θερμική ενέργεια και με τη μακροσκοπική κίνηση του ρευστού, κατά την οποία μετακινείται συλλογικά μεγάλος αριθμός μορίων.



Εικόνα 2.3. Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή.

Εδώ χρησιμοποιείται η σχέση Newton:

$$\dot{q} = h(T_s - T_\infty)S$$

όπου:

h : ο συντελεστής ειδικής συναγωγιμότητας της μορφής $h = h(u, \lambda, \eta, \rho, c_p)$ σε

$W / m^2 K$, με:

u : την ταχύτητα του ρευστού

λ : το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

η : το δυναμικό ιξώδες

ρ : την πυκνότητα του ρευστού

c_p : την ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση

T_s : η θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού σε βαθμούς Κέλβιν (K)

T_∞ : η μέση θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια του υλικού σε Κέλβιν (K)

S : το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού σε m^2 .

2.3. Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία

Μετάδοση με θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ανταλλαγή θερμότητας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταξύ των επιφανειών στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που απέχουν μεταξύ τους (διαχωρίζονται από αέρα).

Κατά αναλογία με τη συναγωγή, η ακτινοβολούμενη θερμοροή ακολουθεί τον τύπο

$$\dot{q} = h_r S (T_{s1} - T_{s2}), \text{ όπου:}$$

$$h_r = \varepsilon \cdot \sigma (T_{s1} + T_{s2}) (T_{s1}^2 + T_{s2}^2) \text{ ο συντελεστής ακτινοβολίας, με:}$$

ε : το συντελεστή εκπομπής του πραγματικού σώματος

$\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$ τη σταθερά Stefan- Boltzmann

T_{s1} η θερμοκρασία του θερμού σώματος σε K

T_{s2} η θερμοκρασία του ψυχρού σώματος σε K

S: το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού σε m^2 .

Ο ένας μηχανισμός σπάνια συναντάται ανεξάρτητα από τον άλλον. Συνδυάζονται μεταξύ τους και αλληλοεπηρεάζονται. Συχνά όμως η επίδραση της ταυτόχρονης παρουσίας των τριών τρόπων μετάδοσης θερμότητας εξιδανικεύεται στην μελέτη μόνο εκείνου που μπορεί με καλή προσέγγιση να θεωρηθεί σαν κυρίαρχος τρόπος μετάδοσης. Λόγου χάριν σε ένα μονωτικό με κλειστό πορώδες, η μετάδοση της θερμότητας γίνεται λόγω αγωγής μέσω του αερίου μέσου και του στερεού. Το κλειστό πορώδες, εμποδίζει την κίνηση του αέρα με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η μετάδοση θερμότητας μέσω συναγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα θερμομονωτικά υλικά έχουν ως προορισμό να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) των δομικών στοιχείων, με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και την αποφυγή εισόδου της θερμορροής από το (θερμό) εξωτερικό περιβάλλον κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Με βάση το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης, ως θερμομονωτικά χαρακτηρίζονται τα υλικά που έχουν θερμική αντίσταση R (η οποία είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας) μεγαλύτερη από $0.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ και πρακτικά έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα (συνήθως $\lambda < 0,1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), η οποία συνήθως αναφέρεται σε θερμοκρασίες φυσικού περιβάλλοντος και σε υλικό στεγνό (απαλλαγμένο υγρασίας). Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο, στο μεγάλο αριθμό πολύ μικρών πόρων (κυψελίδων) ή στο μεγάλο πλέγμα ινών, που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει μία από τις μικρότερες τιμές θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,02 \text{ kcal/h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$). Αποτέλεσμα της ύπαρξης θυλάκων ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή σε πλέγμα ινών είναι το κατά κανόνα μικρό φαινόμενο βάρος που παρουσιάζουν τα εν λόγω υλικά. Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή. Στην πράξη, ο ακίνητος, ξηρός αέρας αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση.

3.1 βασικές ιδιότητες

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

- ❖ τις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό συγκεκριμένες συνθήκες και
- ❖ τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον περιβαλλοντικό χαρακτήρα του υλικού.

3.1.1. Φυσικές ιδιότητες

❖ Πυκνότητα ρ : Ανάλογα με την απαίτηση της τελικής χρήσης και με τον τρόπο κατασκευής του, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Η πυκνότητα του υλικού επηρεάζεται και από την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .

❖ Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ : Είναι ο συντελεστής που περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δυο όψεών του. Δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής αυτός, τόσο καλύτερη είναι και η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού.

❖ **Εύρος χρήσης:** Πρόκειται για το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή είναι σε κατάλληλα επίπεδα, ώστε η απόδοση του υλικού να είναι ικανοποιητική.

❖ **Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας- συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών:** Η υγρασία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην ομαλή απόδοση των θερμομονωτικών υλικών, τα οποία χάνουν την ικανότητά τους υπό την επίδρασή της. Μέτρο της αντοχής στο συγκεκριμένο παράγοντα είναι ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ. Ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος αδιάστατο και δίνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση προς το στρώμα αέρα ίσου πάχους στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από θερμοκρασία και πίεση, είναι ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.

❖ **Αντίσταση στη φωτιά:** Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα για το οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη(μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι: A1/A2/A3/B1/B2/B3/C1/C2/C3. Πιο αναλυτικά:

- τα μη εύφλεκτα δομικά υλικά τυποποιούνται ως A1 ή A2
- τα υλικά που αντιστέκονται στη φωτιά ως B1
- κανονικά υλικά ως B2
- εύφλεκτα υλικά ως B3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΥΡΑΝΤΟΧΗΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
A1	Ακαυστο, μη αναφλέξιμο
A2	Ανάφλεξη για χρόνο μέχρι 20 s.
B1	Υλικό που αντιστέκεται στη φωτιά
B2	Κανονικό υλικό
B3	Ευφλεκτο υλικό

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες πυραντοχής.

Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται με βαθμούς «ανάφλεξης» από F30 ως F90, όπου ο αριθμός δείχνει τον ελάχιστο χρόνο σε λεπτά, που το δομικό υλικό αντέχει στη φωτιά ή αποτρέπει την εξάπλωσή της. Η μη-αναφλεξιμότητα χαρακτηρίζεται από το γράμμα A ή B, ενώ σε περίπτωση που σημαντικά συστατικά του υλικού δεν καίγονται, το υλικό χαρακτηρίζεται με τα γράμματα AB.

❖ **Μηχανική αντοχή:** Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, αλλά με μικρότερη αντοχή μπορούν να μπου σε ένα φέρον πλέγμα και άλλα με πολύ μικρή ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη και η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Αυτό απαιτείται ιδιαίτερα σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες. Σημειώνεται ότι τα οργανικά αφρώδη υλικά έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη.

❖ **Βαθμός απορρόφησης ήχου:** Ηχομόνωση είναι η προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από θορύβους, προερχόμενους είτε από το εξωτερικό περιβάλλον, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Αν και αποτελούν έναν εντελώς διαφορετικό τομέα από αυτόν της θερμομόνωσης, οι ηχομονωτικές ιδιότητες εξετάζονται και στα θερμομονωτικά υλικά. Οι απαιτήσεις βασίζονται σε προδιαγεγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες της κλίμακας Decibel. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου, ενώ όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο καλύτερη είναι η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

❖ **Η σταθερότητα στις διαστάσεις:** Σε θερμομονωτικές πλάκες που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν οι ονομαστικές διαστάσεις κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τεχνική γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής, τους οποίους πρέπει να λάβει υπόψη του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.

❖ **Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης:** Όπως και η παραπάνω ιδιότητα, έτσι και αυτή είναι μια ποιοτική παράμετρος. Παρ'όλα αυτά, αποτελεί μια πολύ σημαντική ιδιότητα στην πράξη. Ένα ελαφρύ υλικό μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου, ένα μαλακό υλικό κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές απαιτήσεις που ανακύπτουν, ένα υλικό που ψεκάζεται με τη μορφή αφρού μπορεί να καλύψει μια επιφάνεια περίπλοκης γεωμετρίας κ.ο.κ.

3.1.2. Περιβαλλοντικές ιδιότητες

Τα θερμομονωτικά υλικά, όπως κάθε υλικό άλλωστε, επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή ως την τελική απόθεσή τους. Αυτή η περιβαλλοντική επιβάρυνση

είναι είτε άμεση, είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στο άθροισμα της «εσωτερικής» ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Όλη αυτή η ενσωματωμένη ενέργεια πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη, καθώς συνδέεται και τελικά μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (CO₂) και όξινη βροχή (NO_x).

❖ Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια: Εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται, προκειμένου να κατασκευαστεί μια μονάδα όγκου θερμομονωτικού υλικού. Γενικευμένο φαινόμενο των τελευταίων χρόνων αποτελεί η τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη πρωτογενή ενέργεια.

❖ Αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα: Το περιβάλλον στο οποίο είναι εκτεθειμένα τα θερμομονωτικά υλικά τα καθιστά ευαίσθητα σε αλλοιώσεις από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Έτσι, προστίθενται σε αυτά πρόσθετες χημικές ουσίες με στόχο την προστασία των υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Γενικά, πάντως, συνίσταται να αποφεύγεται η χρήση τέτοιων ουσιών, καθώς επιβαρύνει το περιβάλλον, και να αναζητούνται εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς. Η αντοχή σε τέτοιες προσβολές εκφράζεται ποιοτικά με το αν τα υλικά είναι ευπρόσβλητα ή όχι, έπειτα από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

3.2 ταξινόμηση θερμομονωτικών υλικών

Κάθε προσπάθεια ομαδοποίησης και ταξινόμησης ενός συνόλου εμπεριέχει αρκετή αυθαιρεσία, καθώς πρόκειται για μια υποκειμενική προσπάθεια διαχωρισμού των μονάδων του συνόλου αυτού ως προς διαφορετικούς άξονες.

Γενικά, λοιπόν, μπορούν να γίνουν διάφορες ομαδοποιήσεις των θερμομονωτικών υλικών με βάση κάποιες από τις ιδιότητες τους, όπως:

- ❖ Ανόργανα - οργανικά (ανάλογα με την προέλευση και σύσταση τους).
- ❖ Φυσικής προέλευσης-τεχνητά (ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που υφίστανται πριν διατεθούν στην κατανάλωση).
- ❖ Ανοικτών ή κλειστών κυψελών ή πόρων αέρα.
- ❖ Μεγάλου ή μικρού φαινομένου βάρους, δηλ. σε βαριά (π.χ. ελαφρό σκυρόδεμα πυκνότητας από 400 μέχρι 800kg/m³) και σε ελαφρά (π.χ. υαλοβάμβακας φαινομένου ειδικού βάρους 120 kg/m³).

Άλλος τρόπος ταξινόμησης μπορεί να γίνει με βάση τη δομή τους, όπου έχουμε τελικά 2 κατηγορίες:

- ❖ Τα αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων και
- ❖ Τα ινώδη, στα οποία ο αέρας εμπεριέχεται ανάμεσα στις ίνες τους, όπως ακριβώς συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα.

3.3 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών

3.3.1. Υαλοβάμβακας



Εικόνα 3.1. Υαλοβάμβακας σε πάπλωμα και πλάκες.

Ο υαλοβάμβακας είναι ένα ινώδες ανόργανο υλικό, το οποίο προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες. Αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου, δολομίτη, ασβεστόλιθο, ανθρακική σόδα και αλουμίνα.

Όλοι οι τύποι υαλοβάμβακα παρασκευάζονται σε κλίβανο και προέρχονται από ρευστό πυριτικό γυαλί που διοχετεύεται με ταχύτητα σε στρεφόμενο δίσκο. Εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης εκσφενδονίζονται λεπτότατες ίνες γυαλιού, χρώματος περίπου λευκού, πάχους από 4 μέχρι 30 μm ($1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$). Οι ίνες αυτές παγιδεύουν αέρα και συνιστούν ένα υλικό υψηλής μονωτικής ικανότητας, φαινόμενης πυκνότητας από 13 μέχρι 110 kg/m^3 . Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών, τόσο περισσότερες είναι οι ίνες (ανά kg) και τόσο καλύτερο μονωτικό υλικό προκύπτει.

Βασική προϋπόθεση για την επιλογή του υαλοβάμβακα ως θερμομονωτικού υλικού είναι η προστασία από τη διείσδυση της υγρασίας, καθώς επέρχεται αισθητή μείωση στην τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Έτσι, όταν χρησιμοποιείται σε κτίρια, είναι απαραίτητο να προστατεύεται με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη.

Σε γενικές γραμμές, ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά (ανήκει στις κατηγορίες πυραντοχής A1, A2 και B1), αρκεί να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα υλικά που προστίθενται για τη βελτίωση της συνοχής του (ρητίνες φαινοφορμαλδεΐδης, σιλικονόνες ή ορυκτέλαια).

Διαθέτει ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (-100 °C έως 500 °C), όπως επίσης και ικανοποιητικές τιμές αντοχής στον εφελκυσμό (0,005 N/mm^2) και ορίου θραύσης (0,005 έως 0,015 N/mm^2). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υαλοβάμβακας δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, ούτε από χημικές ενώσεις, με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ, ενώ η μέση περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια είναι 110 kwh/m^3 .

Ο υαλοβάμβακας συναντάται στο εμπόριο με τις παρακάτω μορφές:

1. Σε μορφή παπλώματος, είτε σε ρολλά χωρίς επένδυση, είτε με επένδυση αλουμινίου, είτε με ενισχυμένο μεταλλικό πλέγμα.
2. Σε μορφή πλακών.
3. Σε μορφή ειδικά μορφοποιημένων κελύφων για τη μόνωση σωληνώσεων.

Ο υαλοβάμβακας τοποθετείται κυρίως σε τοίχους και οροφές, όπως επίσης και σε δάπεδα μέσης φόρτισης, ενώ η χρήση του αποφεύγεται για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις λόγω της μικρής αντοχής του σε συμπίεση. Στους τοίχους τοποθετείται ενδιάμεσα (π.χ. ανάμεσα σε δυο σειρές τούβλα) ή εξωτερικά του τοιχώματος (και καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό) ή εσωτερικά (οπότε πάλι καλύπτεται π.χ. με ξύλο ή γυψοσανίδες).

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14/15	18
Πυκνότητα	kg/m ³	13	18/23/60/65/80	100
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		0,005	
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005		0,015
Θλιπτική τάση σε 10% βράγωση	N/mm ²		0,1	
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _k στους 10°C	W/(mK)	0,030	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2/0,5...1	1
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυρασφάλειας	-	B1	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,1		0,79
στα 250Hz	-	0,26		0,79
στα 1000Hz	-	0,71		0,97
στα 4000Hz	-	0,96		0,95
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	8/12/18	>35
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	>25	17/13/10	<5
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ²	90	110	430

Πίνακας 3.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα.

Υαλοβάμβακας με μικρή διάμετρο και μεγάλο μήκος ινών, χωρίς ξένες προσμίξεις και απουσία κόμβων φέρεται στο εμπόριο με την ονομασία υαλόμαλλο και προσφέρεται σαν υαλοβάμβακας αυξημένης θερμομονωτικής ικανότητας. Αποτελείται κυρίως από πυρίτιο σε μορφή SiO₂ και ποσοστό που ποικίλει αναλόγως του τύπου του υαλοβάμβακα. Ακόμη μπορεί να περιλαμβάνει οξειδία του νατρίου (Na₂O), του καλίου (K₂O), του ασβεστίου (CaO), του μαγνησίου (MgO), του μολύβδου (PbO), του βορίου (B₂O₃) και του αλουμινίου (Al₂O₃).

3.3.2. Πετροβάμβακας



Εικόνα 3.2. Πλάκες πετροβάμβακα.

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής, καθώς αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διαμέτρου <math><4 \text{ ή } 5 \mu\text{m}</math>) και παρασκευάζεται από μίγμα πετρωμάτων, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη.

Για την παραγωγή του ακολουθείται παρόμοια διαδικασία με τον υαλοβάμβακα, καθώς το μείγμα των πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει μέσα σε υψικάμινο ή σε ηλεκτρικό φούρνο και εν συνεχεία διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή του με φυγοκέντριση. Η συγκόλληση των ινών πραγματοποιείται με συνθετική φαινολική ρητίνη και σιλικονέλαιο.

Στο εμπόριο συναντάται σε πάπλωμα χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κελύφους.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα ($30 \text{ kg}/\text{m}^3$) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως $0,041 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$. Η υψηλή θερμομονωτική ικανότητά του επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία, και πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας από την υγρασία, κατ'αντιστοιχία με τον υαλοβάμβακα. Επίσης, εμπόδιο αποτελεί και η αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, τα οποία δημιουργούνται κατά την παραγωγή του υλικού.

Ο πετροβάμβακας διαθέτει μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες ($750 \text{ }^\circ\text{C}$), λόγω των πρώτων υλών από τις οποίες παρασκευάζεται. Γι' αυτό βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβήτων, σε πόρτες πυρασφάλειας, σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και στην τεχνολογία του εξαερισμού (αγωγοί εξαερισμού). Έχει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005 \text{ N}/\text{mm}^2$) και πολύ χαμηλό όριο θραύσης. Παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές

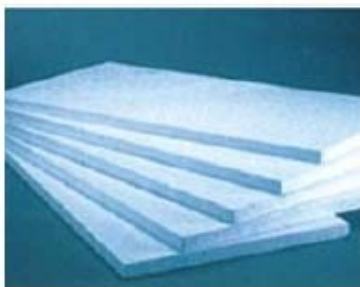
συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες η ικανότητα της σε ηχομόνωση είναι πολύ ικανοποιητική. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε και από χημικές ενώσεις, ενώ η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργειά του κυμαίνεται από 110 ως 660 kWh/m³.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως ο υαλοβάμβακας, αλλά και ο πετροβάμβακας έχουν χαρακτηριστεί από τον I.A.R.C. (διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου) στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά, τα οποία επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Οι ίνες των υλικών αυτών δεν διαχωρίζονται κατά το μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στη μάζα τους και σύμφωνα με το I.A.R.C. η επικινδυνότητά τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5μm και διάμετρος μικρότερη των 3μm).

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον ερελκυσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση				
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _κ στους 10°C	W/(mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		750
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 23°C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,05	0,14	0,19
στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
στα 4000Hz	-	0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	110	250/450/540/600	660

Πίνακας 3.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα.

3.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη

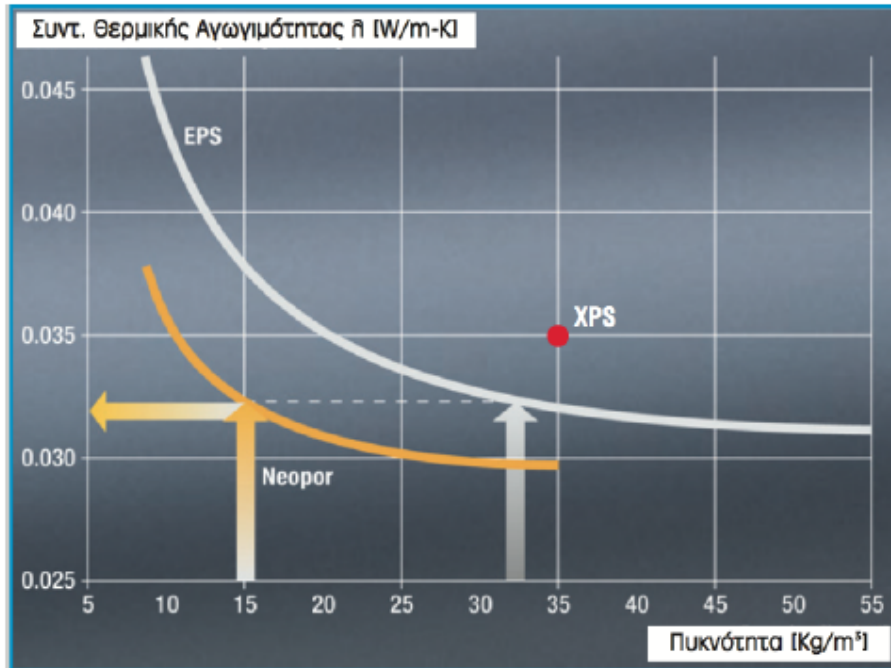


Εικόνα 3.3. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.

Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στα συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής. Παράγεται από διόγκωση πολυμερισμού στυρολίου και αποτελείται από 1,5- 2% πολυστερίνη και 98-98,5% αέρα(ανάλογα με την πυκνότητα), ο οποίος βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων.

Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες, αλλά και σε κόκκους, για εφαρμογές σε τοίχους, τοιχία, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια, ενώ κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση δωματίων, τοίχων και πατωμάτων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη εμφανίζει ανταγωνιστική θερμομονωτική ικανότητα με τιμές λ που κυμαίνονται στο διάστημα $0,030-0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ενώ προσφέρει το πλεονέκτημα της ευκολίας στην τοποθέτηση. Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι περιορισμένο σε σχέση με τον υαλοβάμβακα και τον πετροβάμβακα ($-70 \text{ }^\circ\text{C} - 90 \text{ }^\circ\text{C}$), ενώ είναι χαμηλής κατάταξης, όσον αφορά στην πυραντοχή της (κατηγορίες B1 και B2). Είναι ευαίσθητη στις επιθέσεις από έντομα, τρωκτικά, όπως επίσης και στην προσβολή από διάφορες κατηγορίες χημικών διαλυτών. Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία, σε σημείο που αλλάζει χρώμα, σκληραίνεται και θρυμματίζεται. Δεν εμφανίζει καθόλου ηχομονωτικές ιδιότητες, ενώ η μέση περιεχόμενη πρωτογενής ενέργειά της είναι 190 kWh/m^3 . Αξίζει να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί ιδιαίτερα η παραγωγή διογκωμένης πολυστερίνης με γραφίτη. Το τελικό προϊόν ονομάζεται Neopor και εμφανίζει βελτιωμένες ιδιότητες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.1. Γραφικόχα διογκωμένη πολυστερίνη (Neopor).

Σε κάθε υλικό η θερμότητα μεταδίδεται μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας. Στα υλικά κλειστών κυψελών όπως το Διογκωμένο Πολυστυρένιο (EPS) δεν μπορεί να υπάρξει κίνηση αέρα και με αυτό το τρόπο η μετάδοση θερμότητας με αγωγή ελαχιστοποιείται. Επομένως, στο συμβατικό Διογκωμένο Πολυστυρένιο η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται κυρίως με συναγωγή και ακτινοβολία. Στο Neopor τα μόρια γραφίτη που περιέχονται κατά 3% στη σύνθεσή του λειτουργούν σαν ανακλαστήρες που εμποδίζουν τη μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, επιτρέποντας μόνο στη συναγωγή να συμβάλλει στην απώλεια θερμότητας. Σαν αποτέλεσμα οι θερμομονωτικές πλάκες κατασκευασμένες από Neopor έχουν 15% - 20% καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες από το συμβατικό λευκό Διογκωμένου Πολυστυρενίου (EPS).

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2/2,5/3/3,5	4,0
Πυκνότητα	kg/m ³	8	13/15/20/30	50
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,07		0,26
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _κ στους 10°C ²	W/(mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σ.χ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμυία	MN/m ³	60		100
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	151	190	269

Πίνακας 3.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης.

3.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη



Εικόνα 3.4. Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει επίσης στα συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής και αποτελεί συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης

πολυστερίνης, καθώς έχει όμοια σύσταση, αλλά διαφέρει ως προς τη μέθοδο επεξεργασίας. Εδώ χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη, ως προωθητικό αέριο το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε ποσοστό 3-7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό 1-6% και τέλος ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και οι χρωστικές ουσίες, οι οποίες δίνουν στο τελικό προϊόν το χαρακτηριστικό χρώμα της κάθε εταιρίας.

Κατά την παραγωγή της πραγματοποιούνται ταυτόχρονα αφρισμός και εξέλαση, ενώ η δομή της είναι ομοιόμορφη και στη μάζα της υπάρχουν κυψελίδες που της προσδίδουν το θερμομονωτικό της χαρακτήρα.

Παράγεται σε μορφή πλακών με εύρος πυκνοτήτων 30-40 kg/m³ υπό συνήθεις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0,030 ως 0,038 W/m·K. Όπως συμβαίνει και με τη διογκωμένη πολυστερίνη, οι τιμές αυτές του λ οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μεγάλο ποσοστό του όγκου που αποτελεί το μίγμα αέρα και αερίων (περίπου 95%). Ας σημειωθεί ότι κατά την παραγωγή του, το εν λόγω υλικό έχει αισθητά μικρότερο λ, το οποίο αυξάνεται λόγω της εξισορρόπησης του R12 του αερίου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα σταδιακά στο χρόνο.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη διατηρεί τις μονωτικές της ιδιότητες στο θερμοκρασιακό εύρος από -60°C ως 80°C, ενώ η μέθοδος της εξέλασης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της προσφέρει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό (0,30- 0,35 N/mm²), σε συμπίεση, σε διάχυση υδρατμών και σε απορρόφηση νερού. Οι τελευταίες 2 ιδιότητες οφείλονται στη δημιουργία κλειστών κυψελίδων κατά τη διαδικασία παραγωγής.

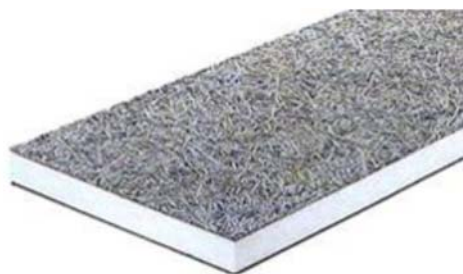
Παρά τη χρήση στοιχείων αύξησης της πυραντοχής, παραμένει χαμηλά στην κατάταξη πυραντοχής, αφού τοποθετείται στις κατηγορίες B1 και B2. Παρουσιάζει ευαισθησία στην προσβολή από τρωκτικά, έντομα, χημικούς διαλύτες και ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, προτείνεται ο εγκλωβισμός της στο δομικό στοιχείο, ή, αν αυτό δεν είναι εφικτό (π.χ. βελτίωση ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενου κτιρίου) η επικάλυψη με κάποιο επίχρισμα. Τέλος, δε διαθέτει αξιόπιστες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες.

Ας σημειωθεί ότι τόσο η διογκωμένη, όσο και η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ευνοούν τη διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου (καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της παραγωγής πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η διαρροή στυρενίου, μιας νευροτοξικής ουσίας. Τέλος, σε περίπτωση πυρκαγιάς εκλύονται βρωμιούχα αέρια λόγω των ουσιών που προστίθενται για την καθυστέρηση της φωτιάς.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,30	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,70
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ_r στους 10°C	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σ. υγρασία			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

Πίνακας 3.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

3.3.5. Ξυλόμαλλο



Εικόνα 3.5. Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

Πρόκειται για τεχνητό οργανικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,15$ $W/m \cdot K$ περίπου, το οποίο μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με ανόργανα συνδετικά πάχους $d>25$ mm. Παρασκευάζεται από ίνες ξύλου με συνδετικό υλικό τσιμέντο ή καυστική μαγνησία. Παρουσιάζει μεγάλη μηχανική αντοχή και μπορεί να αποτελέσει παραμένοντα ξυλότυπο, ενώ σοβατίζεται και απευθείας. Είναι άκαυστο και οι ιδιότητες του διατηρούνται με την άνοδο της θερμοκρασίας, αλλά είναι διαπερατό

από την υγρασία κάτι που όμως δεν επηρεάζει πολύ τις ιδιότητες του. Πρέπει να προστατεύεται από το νερό, γι' αυτό δεν είναι κατάλληλο για λύσεις εξωτερικής θερμομόνωσης εκτός εάν λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Στην περίπτωση όμως που χρησιμοποιείται ως παραμένων ξυλότυπος, δεν χρειάζεται προστασία από την υγρασία πέρα από το σοβάτισμα των επιφανειών που βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο. Το ξυλόμαλλο φθείρεται αργά με το χρόνο, δεν επηρεάζεται από υδρογονάνθρακες, προσβάλλεται όμως από έντομα. Έχει πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες.

Βρίσκεται σε 3 εμπορικούς τύπους:

ι. Ελαφρές πλάκες από ξυλόμαλλο (HWL). Είναι γνωστές με την εμπορική ονομασία Heraklith. Πρόκειται για συμπαγείς ελαφρές πλάκες από ξυλόμαλλο και χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται μεγάλες ίνες ξυλόμαλλου από μη επεξεργασμένο ξύλο και τσιμέντο ή, αντί του τσιμέντου, καυστικό οξειδίο του μαγνησίου. Όταν χρησιμοποιείται το τσιμέντο ως συνδετικό υλικό, μπορεί να προστεθεί χλώριο μέχρι περιεκτικότητας 0,35%.

Όλα τα υλικά στα οποία ανήκει και το Heraklith δεν παρουσιάζουν προβλήματα για την υγεία των κατοίκων ενός κτιρίου. Καίγονται δύσκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς και δεν απελευθερώνουν τοξικές ουσίες. Παρουσιάζουν μικρή, όμως αγωγιμότητα στα ηλεκτρικά πεδία, εξαιτίας του τσιμέντου.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,5	3/3,5/4/4,5/5	10
Ποκνότητα	kg/m ³	360		370
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15		0,2
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C ¹	W/(mK)	0,055		0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C			250
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		5		10
Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 23 °C και 80% σ.χ. υγρασία			6	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής			B1	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz			0,17	
στα 250Hz			0,22	
στα 1000Hz			0,78	
στα 4000Hz			0,65	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>75	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/kg		65	

Πίνακας 3.6. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξυλόμαλλου (Heraklith).

ii. Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη (HS-ML). Με εμπορική ονομασία Heratekta, πρόκειται για σύνθετες πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές είναι πλάκες από ξυλόμαλλο και η ενδιάμεση είναι διογκωμένη πολυστερίνη. Χρησιμοποιείται σε αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης.

iii. Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και πετροβάμβακα (Min-ML). Οι προκατασκευασμένες πολυστρωματικές πλάκες από ορυκτές ίνες κυκλοφορούν στο εμπόριο με την εμπορική ονομασία Tektalan και αποτελούνται από ένα στρώμα μονωτικού ορυκτοβάμβακα και δυο επιφάνειες από ορυκτό συνδετικό ξυλόμαλλο, τα οποία περιλαμβάνουν τον ορυκτοβάμβακα.

3.3.6. Άλλα θερμομονωτικά υλικά

Οι παραπάνω κατηγορίες θερμομονωτικών υλικών καταλαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος στην ελληνική αγορά. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει πληθώρα θερμομονωτικών υλικών, τα οποία αξίζει να αναφερθούν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

3.3.6.1. Αφρός πολυουρεθάνης

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών θερμομονωτικών υλικών. Είναι τεχνητό οργανικό υλικό, το οποίο παρασκευάζεται με τη βοήθεια καταλυτών και προωθητικών μέσων, μέσω της χημικής αντίδρασης των πολυϊσοκυανικών ενώσεων και ακολούθως διογκώνεται. Η αντίδραση είναι ισχυρώς εξώθερμη και η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την εξάτμιση ενός υγρού που αποτελεί το «μέσο διογκωσης». Ο υδρογονάνθρακας που συνήθως χρησιμοποιείται σαν μέσο διογκωσης, στην αέρια κατάσταση παρουσιάζει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα και στην πυκνότητα αφρού των $30 - 40 \text{ kg/m}^3$ που συνήθως είναι ο μονωτικός αφρός αποτελείται κατά 97% από αέριο. Έτσι εξηγείται και η υψηλή θερμομονωτική ικανότητα του εν λόγω υλικού.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελούσε το θερμομονωτικό υλικό με το χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,02 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Παρ'όλα αυτά, η δια νόμου αντικατάσταση του χλωροφθοράνθρακα FCkW με πεντάνιο ως προωθητικού μέσου από το 1995 και έπειτα αύξησε αυτή την τιμή του λ , το οποίο τώρα βρίσκεται στο εύρος $0,023-0,030 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ κατά την τοποθέτησή του στην οικοδομή και για πυκνότητα της τάξης των 40 kg/m^3 , ενώ με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται στα επίπεδα των υπόλοιπων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.

3.3.6.2. Διογκωμένος φελλός

Πρόκειται για φυσικό οργανικό υλικό που προέρχεται από τον φλοιό του φελλοδρύ (φύεται στην Πορτογαλία, Ιαπωνία, Αλγερία, κ.ά.). Ο φυσικός φελλός γίνεται μαλακός (και ελαστικός) με βρασμό. Χρησιμοποιείται διαμορφωμένος σε φύλλα, πλάκες ή σε κυλίνδρους. Είναι υλικό ελαφρύ, επιπλέει στο νερό, έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, με τιμή $\lambda = 0,042 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ και παρουσιάζει

σημαντική αντοχή στη σήψη. Δεν καίγεται αλλά απανθρακώνεται, είναι άφθαρτος από το χρόνο, προσβάλλεται από τρωκτικά αλλά όχι από έντομα, ενώ τέλος έχει άριστες ηχομονωτικές ιδιότητες. Τις μονωτικές του ιδιότητες ο φελλός τις οφείλει σε μικρούς πόρους (κύστες ή κυψελίδες) που αποτελούν κλειστούς χώρους αέρα, που έχουν πολύ στερεά τοιχώματα, δύσκολα διαπερατά από νερό και κυκλοφορούντα αέρα. Παρόλο που είναι αδιάβροχο, πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία για την αποφυγή της σήψης. Έχει μεγάλη συμπίεστικότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.

Με συμπίεση του φελλού παράγεται ο συμπίεσμένος φελλός, ο οποίος είναι τεχνητό οργανικό υλικό. Εξαιτίας της συμπίεσης αυξάνεται η μηχανική αντοχή καθώς και το ειδικό βάρος ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται καλύτερη συμπεριφορά στην υγρασία, έναντι του κινδύνου σήψης. Ωστόσο μειώνεται η ικανότητα θερμομόνωσης σε σχέση με τον ασυμπίεστο φελλό, όπως φαίνεται και από την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), καθώς επίσης και η ικανότητα ηχομονωτικής δράσης. Οι υπόλοιπες ιδιότητες του διατηρούνται σταθερές, ίδιες με τις ιδιότητες του ασυμπίεστου φελλού, ενώ τέλος στο εμπόριο προσφέρεται σε μορφή πλακών.

3.3.6.3. Αφρώδες γυαλί

Ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων υλικών κυψελωτής δομής. Χρησιμοποιείται για εξειδικευμένες εφαρμογές, ενώ τα βασικά συστατικά του είναι φυσικά υλικά, όπως η άμμος, ο δολομίτης και το ανθρακικό νάτριο. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,040 ως 0,052 $\text{W/m}\cdot\text{K}$. Εκτός της θερμομόνωσης, χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές και τεχνικές εφαρμογές, όπως μόνωση υψηλής θερμοκρασίας και σωλήνων.

3.3.6.4. Βαμβάκι

Το βαμβακόμαλλο εντάσσεται στα υλικά φυτικής προέλευσης («οικολογικά»). Πρόκειται για ένα ινώδες μονωτικό υλικό από φυτικές ίνες, οι οποίες είναι βιοδιασπώμενες και απαιτείται η προσθήκη και άλλων ουσιών, έτσι ώστε να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Κατά συνέπεια, η τελική σύσταση του υλικού είναι 97% ακατέργαστο βαμβακόμαλλο και 3% βορικό άλας, ενώ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται στο 0,040 $\text{W/m}\cdot\text{K}$.

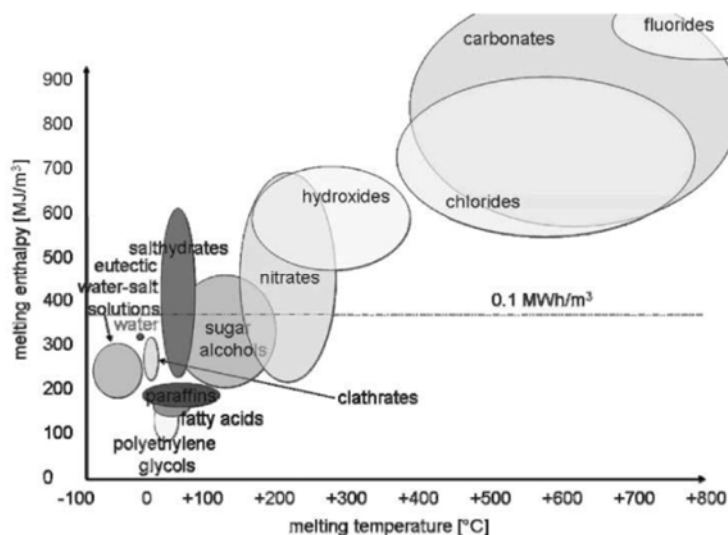
Διατίθεται σε πλάκες διαφόρων παχών, όπως επίσης και σε «μαλλί» για μόνωση σωλήνων. Κύρια εφαρμογή βρίσκει σε θερμομόνωση και ηχομόνωση οικιακών συσκευών, όπως επίσης και στην αυτοκινητοβιομηχανία.

3.3.6.5. Μαλλί προβάτου

Το μαλλί προβάτου ανήκει στα οργανικά ινώδη υλικά. Παράγεται με χρήση μαλλιού προβάτου και διατίθεται σε μορφή πλακών για τη μόνωση σωλήνων και ως ηχοαπορροφητικά πετάσματα για λόγους ηχομόνωσης.

3.4 Νέα υλικά

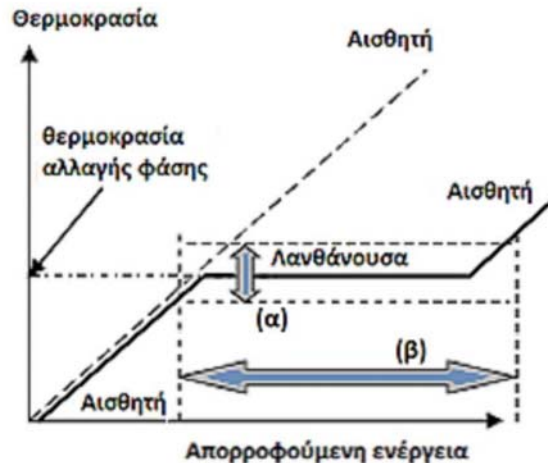
Υλικά αλλαγής φάσης ή PCMs, όπως είναι διεθνώς γνωστά (από τα αρχικά Phase Change Materials) ονομάζονται τα υλικά που προσφέρονται για αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας που αποθηκεύουν ή αποδίδουν κατά την αλλαγή φάσης τους (δηλαδή, κατά τη μεταβολή από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο και αντίστροφα).



Σχήμα 3.2. Θερμοκρασίες τήξης διαφόρων υλικών.

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες αξιοποίησης του φαινομένου της αλλαγής φάσης υλικών περιορίζονται στην αλλαγή στερεού - υγρού (η αξιοποίηση της μεταβολής υγρού - αέριου συναντά δυσεπίλυτες δυσκολίες και για το λόγο αυτό δε βρίσκει πρακτικές εφαρμογές). Ήδη, διατίθενται πολλά PCMs με θερμοκρασίες τήξης που κλιμακώνονται σε ευρέα όρια (Σχήμα 4.1). Στα όρια της θερμικής άνεσης (μεταξύ περίπου 20 και 30°C) συναντάμε επίσης αρκετά υλικά με ικανότητα να απορροφούν (και να αποδίδουν) λανθάνουσα θερμότητα από 5 μέχρι 14 φορές περισσότερη από τα γνωστά δομικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (τσιμέντο, τούβλα, πέτρες κ.λπ.).

Η τεχνολογία αξιοποίησης των PCMs σε πρακτικές εφαρμογές ακολουθεί δύο βασικές κατευθύνσεις. Η πρώτη στοχεύει στον έλεγχο της θερμοκρασίας και η δεύτερη στην αποθήκευση θερμότητας. Στο παρακάτω διάγραμμα (σχήμα 4.2) παριστάνεται η μεταβολή θερμοκρασίας ενός υλικού αλλαγής φάσης συναρτήσει της απορροφημένης (ή αποδιδόμενης) θερμικής ενέργειας.



Σχήμα 3.3. Μεταβολή θερμοκρασίας υλικού αλλαγής φάσης συναρτήσει της θερμικής ενέργειας.

Τα PCMs ήδη απαντώνται σε πλήθος εφαρμογών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται:

- ❖ Μεταφορά και αποθήκευση ευαίσθητων σε μεταβολές θερμοκρασίας προϊόντων, όπως τρόφιμα, φάρμακα κλπ. Μεταφορά αίματος για μετάγγιση, οργάνων για μεταμόσχευση.
- ❖ Ρύθμιση θερμοκρασίας σώματος (θερμικά τζάκετ, κουβέρτες κ.λπ.). Θεραπείες ζεστού-κρύου.
- ❖ Έλεγχος θερμοκρασίας εξώθερμων χημικών αντιδράσεων.

Τα PCMs χρησιμοποιούνται και σε εφαρμογές στα κτίρια. Μεταξύ αυτών, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι εφαρμογές που στοχεύουν στην αύξηση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας του κελύφους.

Η θερμική μάζα ή θερμοχωρητικότητα του κελύφους των κτιρίων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους. Σε ένα κτίριο με κέλυφος από υλικά μικρής θερμοχωρητικότητας, οι ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος γίνονται άμεσα αισθητές στο εσωτερικό του.

Σε αντίθεση, σε ένα κτίριο με δομικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, ένα μέρος της θερμότητας κατά τη διάρκεια των υψηλών θερμοκρασιών της ημέρας αποθηκεύεται στα στοιχεία του κελύφους και αυξάνει τη θερμοκρασία τους. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος πέσει (π.χ. κατά τη διάρκεια της νύχτας), η θερμότητα που έχει αποθηκευτεί στα δομικά υλικά αποδίδεται στο περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου είναι πιο ομαλή σε σύγκριση με την αντίστοιχη στο περιβάλλον.

Οι μηχανισμοί ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ των υλικών μεγάλης θερμικής μάζας και του περιβάλλοντος αξιοποιούνται ανέκαθεν για τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας στα κτίρια. Ήδη, τα PCMs, με την ικανότητά τους να αποθηκεύουν (και να αποδίδουν) λανθάνουσα θερμότητα, αυξάνουν σημαντικά την απόδοσή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ

4.1. Στάδια ελέγχου της θερμομονωτικής επάρκειας

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου αποτελεί το πρώτο βήμα της ενεργειακής μελέτης. Υπολογίζει τις ανταλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής και εξετάζει αν αυτές περιορίζονται μέσα σε συγκεκριμένα όρια.

Ειδικότερα, ο έλεγχος γίνεται με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) σε δύο στάδια:

- ❖ Κατά το πρώτο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια ενός εκάστου των επί μέρους δομικών στοιχείων του κτιρίου. Για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{εξεταζ.}$ αυτού του δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας U_{max} που ορίζει ο κανονισμός, ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων.

Πρέπει, δηλαδή να ισχύει:

$$U_{εξεταζ.} \leq U_{max} \quad \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (4.1.)$$

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτές)	U_{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U_{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U_{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U_{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U_W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 4.1. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

- ❖ Κατά το δεύτερο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου (U_m) να μην υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο κανονισμός για κάθε κτίριο ($U_{m,max}$), αυτού εντασσομένου σε μια από τις κλιματικές ζώνες του ελλαδικού χώρου.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ($U_{m,max}$) υπολογίζεται λαμβανομένου υπόψη του λόγου του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου (κατακόρυφων και οριζόντιων) προς τον όγκο του (A/V).

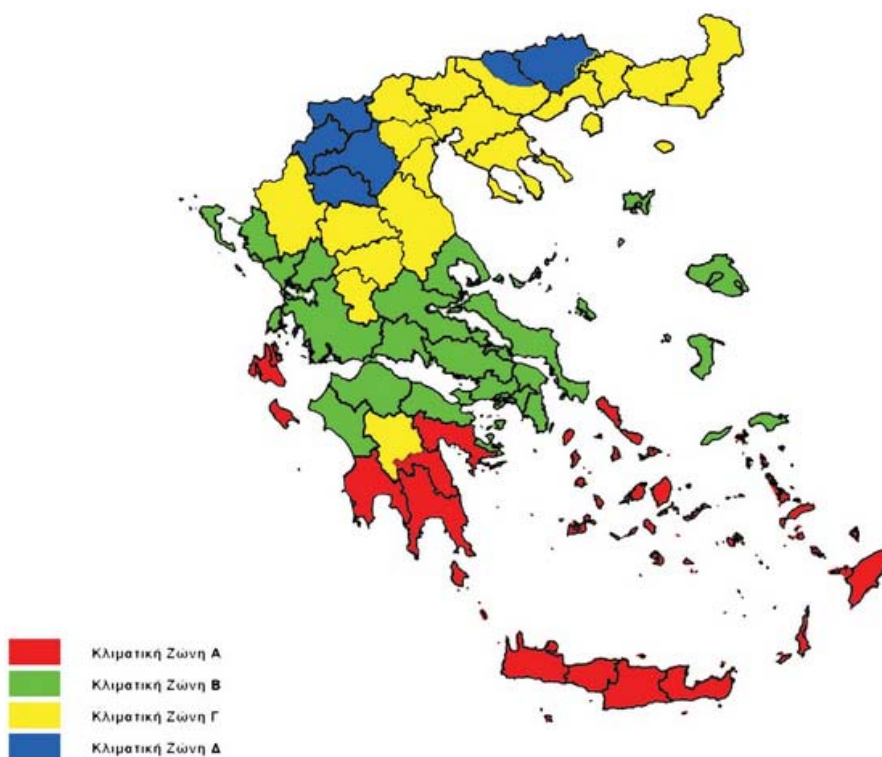
Πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (4.2)$$

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Πίνακας 4.2. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.



Σχήμα 4.1. Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας.

Η ικανοποίηση αυτών των δύο ελέγχων αποτελεί προϋπόθεση για τα επόμενα βήματα

Σε περίπτωση πάντως που κατά την εφαρμογή της ενεργειακής μελέτης χρησιμοποιηθούν υλικά διαφορετικά από τα προδιαγεγραμμένα στη μελέτη, οφείλει να υποβληθεί νέα διορθωτική ενεργειακή μελέτη με τα χρησιμοποιηθέντα υλικά.

4.2. Θερμοπερατότητα δομικού στοιχείου και κτιρίου

Η θερμοπερατότητα δείχνει κατά πόσο ένα στοιχείο ή ένα κτίριο επιτρέπει στη θερμότητα να το διαπερνά. Με άλλα λόγια, κατά πόσο είναι εύκολο όταν οι θερμοκρασίες στον περιβάλλοντα χώρο είναι πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές να διατηρηθούν οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτιρίου σε επιθυμητά επίπεδα. Από τη θερμοπερατότητα εξαρτάται άμεσα η επιπλέον ενέργεια που πρέπει να θέσουμε στο κτίριο προκειμένου να το θερμάνουμε ή να το ψύξουμε. Όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοπερατότητα, τόσο πιο δύσκολα μεταφέρεται η θερμότητα μέσω του δομικού στοιχείου από το εσωτερικό προς το εξωτερικό ή ανάποδα (από το εξωτερικό προς το εσωτερικό).

4.3. Βασικές σχέσεις

Κατά απλοποιητική παραδοχή η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρούνται επίσης ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Ομοίως όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Με βάση τα παραπάνω, η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 \cdot K / W] \quad (4.3.)$$

όπου:

R $[m^2 (K / W)]$: η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η στρώση

d $[m]$: το πάχος της στρώσης,

λ $[W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης,

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{λ}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{\lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j \left[m^2 \cdot K / W \right] \quad (4.4.)$$

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους:

- ❖ Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.
- ❖ Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του.

Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του.

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \left[m^2 \cdot K / W \right] \quad (4.5.)$$

όπου:

$R_{o\lambda} \left[m^2 (K / W) \right]$: η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο

n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i \left[m^2 (K / W) \right]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a [m^2 (K / W)]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_{ολ}} [W / (m^2 \cdot K)] \quad (4.6.)$$

ή, σύμφωνα και με τη σχέση 4.5., στη γενική της έκφραση θα είναι:

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a [m^2 \cdot K / W] \quad (4.7.)$$

Καθώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του, αύξηση ή μείωση του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Κατά τον έλεγχο του πρώτου σταδίου θα πρέπει να εξετασθούν ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια όλα τα επί μέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου κτιρίου, διαφανή και αδιαφανή. Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου, όπως αυτή περιγράφεται στην παράγραφο 5.1.4.

Είναι σκόπιμο, χωρίς ωστόσο αυτό να αποτελεί υποχρέωση, να είναι θερμομονωμένα και όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν μεταξύ τους δύο διαφορετικά διαμερίσματα του ίδιου κτιρίου ή χώρους με διαφορετική χρήση ή χώρους με διαφορετικά ωράρια λειτουργίας.

5.1. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεων του στρώσεις αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (5.1.)$$

$U \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$d \left[m \right]$: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

$\lambda \left[W / (m \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

$R_s \left[m^2 \cdot K / W \right]$: η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο

ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,

$R_i [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού ($\lambda (W / mK)$) ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας που περνά σε μία ώρα από τη μονάδα επιφάνειας, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών του υλικού διατηρείται σταθερή, ίση προς 1K, ανά μονάδα πάχους τοιχώματος.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας διαφέρει για κάθε υλικό. Όσο πιο χαμηλός είναι, τόσο πιο θερμομονωτικό είναι το υλικό. Έτσι, σε ένα δομικό στοιχείο, όσο πιο χαμηλοί είναι οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των υλικών που το απαρτίζουν κι όσο μεγαλύτερα είναι τα πάχη τους, τόσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (U).

Τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για διάφορα δομικά υλικά δίνονται στον πίνακα 2 στο παράρτημα II.

Οι εσωτερικές και εξωτερικές επιφανειακές θερμικές αντιστάσεις αδιαφανών δομικών στοιχείων εκφράζουν, απλοποιητικά, την αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας στην κάθε επιφάνεια του στοιχείου (εσωτερική και εξωτερική). Δίνονται από τον πίνακα που ακολουθεί.

Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας είναι το αντίστροφο της αντίστασης θερμοπερατότητα ($U = 1 / R$). Όσο πιο μεγάλη είναι η θερμική αντίσταση ενός στοιχείου, τόσο πιο θερμομονωτικό είναι το στοιχείο. Οι μονάδες της αντίστασης θερμοπερατότητας είναι $m^2 K / W$.

Τέλος, ο όρος $\sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_s$ λέγεται και αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_λ).

5.1.1. Κλειστό διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου

Ο αέρας του διακένου ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου που δεν έρχεται σε επαφή με το εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου εξωτερικό περιβάλλον θεωρείται πρακτικά ακίνητος και λαμβάνει τιμές, όπως προαναφέρθηκε, από τον πίνακα 4^α του παραρτήματος II.

Οι τιμές του πίνακα δίνονται για στρώση αέρα που ορίζεται μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών, οι οποίες είναι κάθετες στην κατεύθυνση της θερμικής ροής και υπό τις προϋποθέσεις ότι:

- ❖ ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δομικό στοιχείο, δηλαδή δεν έχει εναλλαγές με το εξωτερικό περιβάλλον εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου,
- ❖ η στρώση έχει πάχος μικρότερο του 1/10 εκάστης των άλλων δύο διαστάσεων και πάντως όχι μεγαλύτερο των 30 cm .

Ως οριζόντια θεωρείται η θερμική ροή που παρουσιάζει απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο μέχρι $\pm 30^\circ$.

5.1.2. Διάκενο με θερμοανακλαστική μόνωση

Στην περίπτωση τοποθέτησης θερμοανακλαστικής μόνωσης στο διάκενο, η θερμική αντίσταση R_s λαμβάνεται ίση με την τιμή της θερμικής αντίστασης της θερμοανακλαστικής μόνωσης, η οποία παρέχεται από τον κατασκευαστή της και συνοδεύεται απαραίτητα από το σχετικό πιστοποιητικό από διαπιστευμένο εργαστήριο.

5.1.3. Διάκενο σε επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον

Όταν ο αέρας του διακένου επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον μιας των όψεων του δομικού στοιχείου μέσω οπών, σχισμών ή άλλου τύπου ανοιγμάτων, αδιαφόρων του μεγέθους αυτών των στοιχείων επικοινωνίας, τότε δεν θεωρείται ακίνητος αλλά ήπια κινούμενος και η προβαλλόμενη αντίσταση στη ροή θερμότητας θεωρείται ανάλογη αυτής που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην εσωτερική όψη του δομικού στοιχείου και λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 3α του παραρτήματος II. Ισχύει δηλαδή:

$$R_s = R_i \left[m^2 \cdot K / W \right] \quad (5.2.)$$

Ως προς τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου ισχύουν τα κάτωθι:

- ❖ Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία με το εσωτερικό περιβάλλον, τότε οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου μεταξύ του εσωτερικού περιβάλλοντος και του διακένου δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό

του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (U) και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εσωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου.

- ❖ Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον, τότε δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου μεταξύ του διακένου και του εξωτερικού περιβάλλοντος και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εξωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου (λαμβάνει όμως και πάλι, λόγω της θεωρούμενης ήπιας κίνησης του αέρα σ' αυτό, τιμές R_i και όχι R_a).
- ❖ Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία τόσο με το εσωτερικό, όσο και με το εξωτερικό περιβάλλον, θεωρείται ότι το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν προσφέρει θερμομονωτική προστασία στο κτίριο. Στα παθητικά συστήματα με οπές αερισμού (π.χ. τοίχο Trombe) η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του δομικού στοιχείου λαμβάνεται ίση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη για εξωτερικό τοίχο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για την αντίστοιχη κλιματική ζώνη. Σημειώνεται ακόμη ότι σε περιπτώσεις δικέλφων τοιχοποιιών με διάκενο μεταξύ αυτών, εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος, λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U μόνο οι αντιστάσεις των στρώσεων του εσωτερικού κελύφους (δηλαδή οι αντιστάσεις των στρώσεων από τον εσωτερικό χώρο έως το διάκενο). Ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εξωτερική πλευρά θεωρείται τότε αυτό του διακένου (λαμβάνει όμως και πάλι, λόγω της θεωρούμενης ήπιας κίνησης του αέρα σ' αυτό, τιμές R_i και όχι R_a).

Για την αποτελεσματική θερμική προστασία του δομικού στοιχείου συνιστάται η θερμομονωτική στρώση να τοποθετηθεί στο εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου και όχι στο εξωτερικό.

5.1.4. Δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενους χώρους

Ως μη θερμαινόμενος χώρος ορίζεται κάθε κλειστός χώρος που δεν θερμαίνεται και περιλαμβάνεται στον όγκο του κτιρίου ή βρίσκεται στην περίμετρό του. Ο μη θερμαινόμενος χώρος δεν συμπεριλαμβάνεται στο θερμομονωτικά προστατευόμενο όγκο του κτιρίου και εφόσον διαχωρίζεται από τους λοιπούς θερμαινόμενους χώρους με κοινά προς αυτούς δομικά στοιχεία, αυτά οφείλουν να θερμομονώνονται πλήρως και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού (πίνακας 6 παράρτημα II).

Συνηθώς μη θερμαινόμενοι χώροι είναι:

- ❖ Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν θερμαίνονται.
- ❖ Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου ή σε επαφή με αυτό και δεν διαθέτουν θέρμανση.
- ❖ Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.

- ❖ Κάθε κλειστός χώρος που από τη φύση της λειτουργίας του δεν θερμαίνεται (π.χ. βιομηχανικά εργαστήρια).

Θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι, αδιαφόρως αν θερμαίνονται ή όχι, βοηθητικοί χώροι και μικρές αποθήκες που συνυπολογίζονται στον ωφέλιμο χώρο ενός διαμερίσματος και έχουν συνεχή χρήση στη λειτουργικότητα του κτιρίου.

Ο χώρος της εισόδου μονοκατοικίας ή πολυκατοικίας, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι μπορούν να θεωρηθούν είτε ως θερμαινόμενοι είτε ως μη θερμαινόμενοι οπότε:

- ❖ στην πρώτη περίπτωση οφείλουν να προστατεύονται και ισχύει και γι' αυτούς ό,τι ισχύει για κάθε θερμαινόμενο χώρο,
- ❖ στη δεύτερη περίπτωση εξαιρούνται της θερμομονωτικά προστατευμένης περιοχής του κτιρίου.

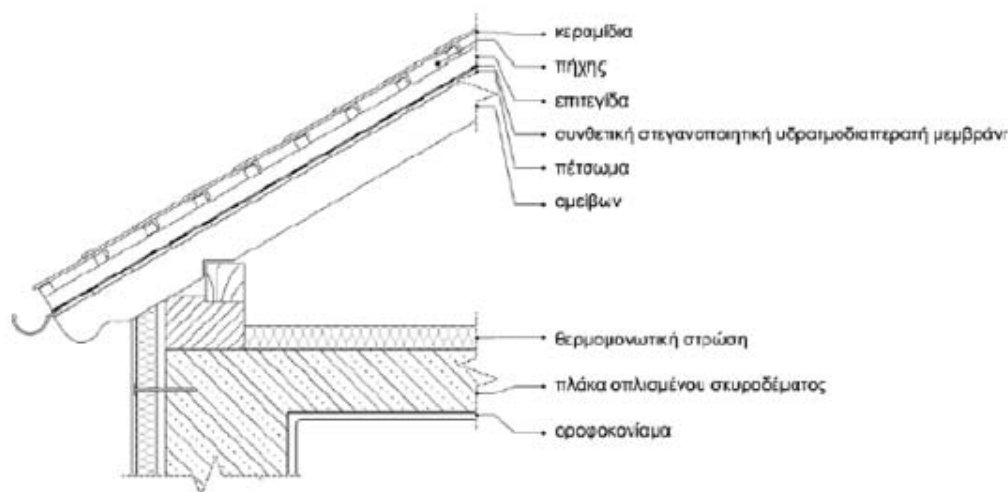
Ο μελετητής οφείλει εξ αρχής να ορίσει ποιους χώρους του κτιρίου θεωρεί ως θερμαινόμενους και να τους συμπεριλάβει στη μελέτη θερμομονωτικής προστασίας και ποιους θεωρεί ως μη θερμαινόμενους και να τους αποκλείσει απ' αυτήν. Οι θερμαινόμενοι χώροι ορίζονται επάνω σε αρχιτεκτονικές κατόψεις και τομές με συνεχή περιβάλλουσα γραμμή, κόκκινου χρώματος. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_u) ενός δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα θερμαινόμενο από ένα μη θερμαινόμενο χώρο εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και χρησιμοποιείται η ίδια σχέση 5.1, λαμβάνοντας όμως τη θερμική αντίσταση του επιφανειακού στρώματος αέρα προς το μη θερμαινόμενο χώρο ίση με αυτήν του εσωτερικού.

Δηλαδή ισχύει:

$$R_a = R_i \left[m^2 \cdot K / W \right] \quad (5.3.)$$

5.1.5. Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κλειστών χώρων που διαμορφώνονται μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων ορόφων των κτιρίων και των κεκλιμένων επιστεγάσεων τους που δεν είναι θερμομονωμένες υπολογίζεται λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα του ενδιάμεσου αυτού χώρου. Η στρώση του αέρα αυτού του χώρου θεωρείται πρακτικά ομογενής και λαμβάνεται υπόψη ως πρόσθετη θερμική αντίσταση.



Σχήμα 5.1. Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.

Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη θα υπολογιστεί βάσει της σχέσης:

$$U_{RU} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_u + R_a} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (5.4.)$$

$U_{RU} \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οριζόντιας οροφής κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,

$n [-]$: το πλήθος των στρώσεων της οριζόντιας οροφής,

$d [m]$: το πάχος της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,

$\lambda \left[W / (m \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,

$R_s \left[m^2 \cdot K / W \right]$: η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις της οριζόντιας οροφής, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου θεωρείται πρακτικά ακίνητος και δεν επικοινωνεί ούτε με τον αέρα του εσωτερικού χώρου ούτε με τον αέρα κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,

$R_i [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς την οριζόντια οροφή,

$R_u [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης,

$R_a [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από την κεκλιμένη στέγη προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η R_u δίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί.

Α/Α	Περιγραφή της οροφής	R_u
		(m ² K)/W
1	Κεραμοσκεπή επί τεγίδων και χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη.	0,06
2	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια.	0,20
3	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλη χαμηλής εκπομπής επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια.	0,30
4	Στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και μεμβράνη.	0,30

Πίνακας 5.1. Θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής και κεκλιμένης στέγης.

Παρατήρηση

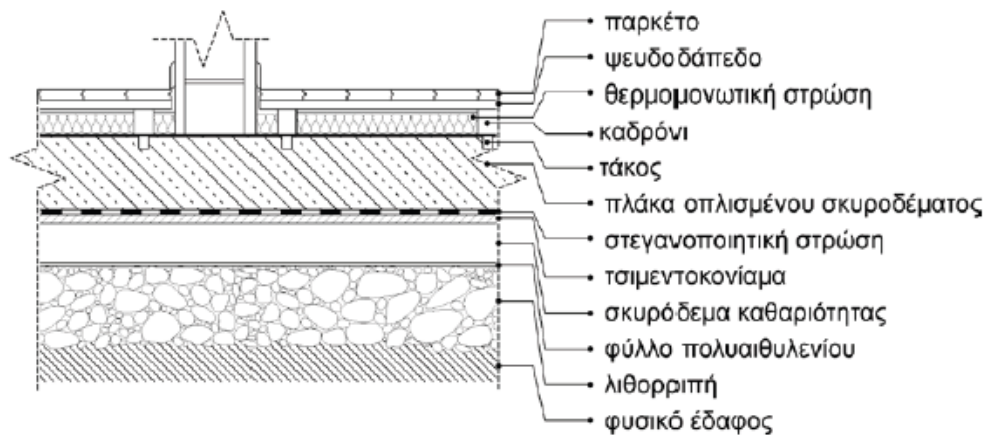
- Στις τιμές του R_u συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση που προβάλλουν οι στρώσεις της κεκλιμένης στέγης.

Πίνακες τιμών

Οι τιμές θερμικής αντίστασης του στρώματος αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, λαμβάνονται από τον πίνακα 5. Σ' αυτήν την τιμή συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση των στρώσεων της κεκλιμένης μη θερμομονωμένης στέγης. Σε περίπτωση που η κεκλιμένη στέγη είναι θερμομονωμένη, ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας θα γίνει σ' αυτήν και όχι στην οριζόντια οροφή. Τότε η κεκλιμένη στέγη υπολογίζεται:

- ❖ ως να επρόκειτο για οριζόντια επιφάνεια οροφής, όταν η κλίση της στέγης είναι $\varphi \leq 30^0$ και
- ❖ ως να επρόκειτο για κατακόρυφη επιφάνεια, όταν η κλίση της στέγης είναι $\varphi > 30^0$.

5.1.6. Δομικό στοιχείο σε επαφή με το έδαφος



Σχήμα 5.2. Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.

Η ροή θερμότητας από ένα δομικό στοιχείο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι ένα σύνθετο τρισδιάστατο φαινόμενο που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, βασικότερες των οποίων είναι:

- ❖ η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους,
- ❖ το πάχος του στρώματος εδάφους, που το διαχωρίζει από τον εξωτερικό αέρα,
- ❖ η γεωμετρία του κτιρίου,
- ❖ η ίδια η θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου.

Για να γίνει εφικτή η απλοποιητική παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας, γίνεται χρήση του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U' , ο οποίος όταν πρόκειται για οριζόντιο δομικό στοιχείο υπολογίζεται συναρτήσει:

- ❖ του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου,
- ❖ του βάθους έδρασης z του δομικού στοιχείου και
- ❖ της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας (B'),

ενώ, όταν πρόκειται για κατακόρυφο δομικό στοιχείο, υπολογίζεται συναρτήσει:

- ❖ του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου και
- ❖ του βάθους z , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται κανονικά από τη σχέση 5.1., θεωρώντας ότι πρακτικά δεν υπάρχει εξωτερικό στρώμα αέρα που θα προβάλλει αντίσταση στη ροή θερμότητας και ότι η εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης, μηδενίζεται, όπως άλλωστε αναφέρθηκε και στην ενότητα 5.1.3.

Είναι δηλαδή: $R_a = 0$.

Ο έλεγχος επάρκειας θερμομόνωσης δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος γίνεται για τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

Ως χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας, B' (m) ορίζεται το διπλάσιο του λόγου του εμβαδού της πλάκας, A (m^2) προς την εκτεθειμένη περίμετρό της, Π (σε m).

$$B' = 2 \cdot \frac{A}{\Pi} \quad [m] \quad (5.5.)$$

Για κτίριο πανταχόθεν ελεύθερο η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας ισούται με την περίμετρο της πλάκας, ενώ για κτίριο σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα κτίρια η εκτεθειμένη περίμετρος ισούται με το άθροισμα των μηκών των πλευρών της που δεν έρχονται σε επαφή με τα όμορα θερμαινόμενα κτίσματα. Ομοίως, όταν από κάποια πλευρά της περιμέτρου της πλάκας υπάρχει μη θερμαινόμενος χώρος του ίδιου κτιρίου, εκείνη η πλευρά δεν συνυπολογίζεται στο άθροισμα των μηκών των πλευρών της περιμέτρου. Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U'_{FB} μιας πλάκας που εδράζεται σε βάθος z δίνεται από τον πίνακα 9α του παραρτήματος II συναρτήσει:

- ❖ του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{FB} ,
- ❖ του βάθους έδρασης z ,
- ❖ και της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας B' .

Αντίστοιχα, ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U'_{TB} ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος δίνεται από τον πίνακα 9β του παραρτήματος II συναρτήσει:

- ❖ του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{TB} και
- ❖ του βάθους z , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

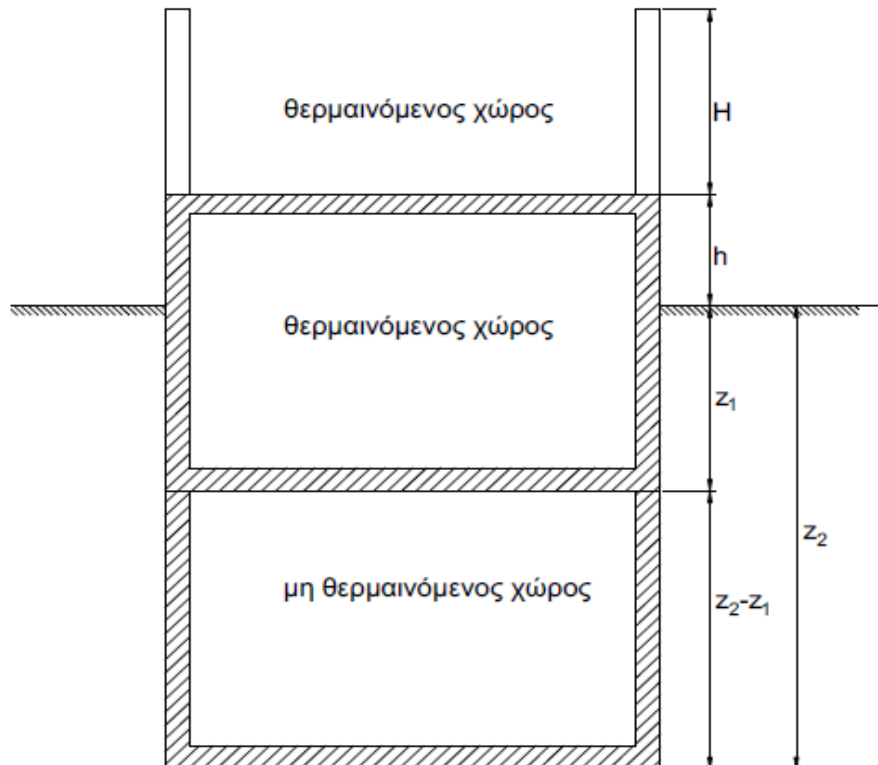
Σε περίπτωση που οι εξεταζόμενες ονομαστικές τιμές των μεγεθών δεν ταυτίζονται με αυτές των πινάκων 9α και 9β του παραρτήματος II, λαμβάνονται υπόψη οι δύο εκατέρωθεν αυτών πλησιέστερες τιμές, μεταξύ των οποίων γίνεται γραμμική παρεμβολή για την εύρεση της τιμής του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας (U'_{FB} ή U'_{TB}). Η τιμή του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας είναι αυτή που υπεισέρχεται στη σχέση για τον υπολογισμό του U_m . Στην περίπτωση κτιρίου, το οποίο βρίσκεται σε κεκλιμένο έδαφος ή σε έδαφος με διαφορετικές στάθμες, το βάθος έδρασης της πλάκας θα λαμβάνεται ίσο με το μέσο όρο των διαφορετικών αποστάσεων της πλάκας από την τελική στάθμη εδάφους σε επαφή με το κτίριο. Το βάθος έκτασης κάθε κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος θα λαμβάνεται ίσο με το μέσο βάθος έκτασης του δομικού στοιχείου.

Για παράδειγμα, στην απλή περίπτωση του σχήματος 5.1.:

- ❖ το βάθος έδρασης της πλάκας θα ληφθεί ίσο με $z = (z_1 + z_2) / 2$,
- ❖ ενώ τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία θα υπολογιστούν για τα βάθη, στα οποία εκτείνεται το καθένα, δηλαδή z_1 και z_2 .



Σχήμα 5.1. Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του το βάθους έδρασης πλάκας επί εδάφους με διαφορετικές στάθμες έδρασης λόγω κεκλιμένου εδάφους.



Σχήμα 5.2. Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφου δομικού στοιχείου ευρισκόμενου σε στάθμη χαμηλότερη αυτής της επιφάνειας του εδάφους.

Στην περίπτωση κατακόρυφου δομικού στοιχείου που ξεκινά από βάθος z_1 και εκτείνεται σε βάθος z_2 από τη στάθμη του εδάφους (σχήμα 5.2.) ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U'_{FB} του δομικού στοιχείου θα προκύπτει από τη σχέση:

$$U'_{FB} = \frac{z_2 * U'_{FB,z2} - z_1 * U'_{FB,z1}}{z_2 - z_1} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (5.6.)$$

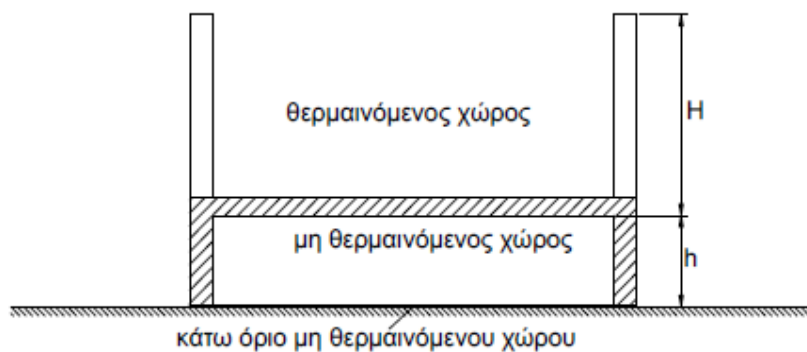
$U'_{FB,z1} \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης z_1 ,

$U'_{FB,z2} \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης z_2 ,

$z_1 [m]$ το βάθος, από το οποίο ξεκινάει το δομικό στοιχείο,

$z_2 [m]$ το βάθος, μέχρι το οποίο εκτείνεται το δομικό στοιχείο.

Στην περίπτωση υπερυψωμένης πλάκας (σχήμα 5.3.), ακόμη και όταν ο υποκείμενος χώρος πληρούται με έδαφος, αυτός λαμβάνεται ως κενός μη θερμαινόμενος χώρος και το κάτω όριο του ως πλάκα εδραζόμενη στο έδαφος με ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας U' ίσο με $4,50 W / (m^2 \cdot K)$.



Σχήμα 5.3. Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας πλάκας υπερυψωμένης κατά απόσταση h από τη στάθμη του εδάφους.

5.1.7. Δομικό στοιχείο σε επαφή με όμορο κτίριο

Κατά τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτιρίου στη μελέτη θερμομόνωσης όλα τα δομικά στοιχεία, τα οποία έρχονται σε επαφή με δομικά στοιχεία όμορων κτιρίων, θεωρούνται ως ελεύθερα προς τον εξωτερικό αέρα και κατά τον υπολογισμό το κτίσμα θεωρείται συνολικά ως πανταχόθεν ελεύθερο.

5.1.8. Υπολογισμός σύνθετων δομικών στοιχείων

Ως σύνθετα δομικά στοιχεία θεωρούνται αυτά που προκύπτουν από την εφαρμογή του ίδιου δομικού υλικού με διαφορετικά πάχη κατά τη δόμηση του στοιχείου ή από την εφαρμογή διαφορετικών δομικών υλικών, τα οποία συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους, παρουσιάζουν μία σχετική επαναληπτικότητα και διαμορφώνουν ένα δομικό στοιχείο με συγκεκριμένη λειτουργία. Παραδείγματα σύνθετων δομικών υλικών είναι η πλάκα σκυροδέματος με διαδοκιδώσεις (πλάκα Zöllner), οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες, τα δομικά στοιχεία με φέροντα οργανισμό από χάλυβα ή ξύλο και πλήρωση από θερμομονωτικά υλικά κ.ά. Τα σύνθετα δομικά στοιχεία μπορούν να υπεισέλθουν στους υπολογισμούς και να ελεγχθούν ως προς την ικανοποίηση των απαιτήσεων του κανονισμού με δύο τρόπους:

- ❖ είτε λαμβάνοντας ξεχωριστά υπόψη το συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε επί μέρους διατομή του σύνθετου δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών
- ❖ είτε με έναν ενιαίο συντελεστή θερμοπερατότητας που προκύπτει από τους συντελεστές των επί μέρους διατομών κατά την αναλογία εμβαδού που αυτοί καταλαμβάνουν στο συνολικό εμβαδό του δομικού στοιχείου σύμφωνα με τον τύπο:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (5.7.)$$

όπου:

$U \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$: ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου,

n : το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου,

$U_j \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου,

$A_j [m^2]$: η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επί μέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου.

Η τιμή του ενιαίου συντελεστή θερμοπερατότητας U του σύνθετου δομικού στοιχείου οφείλει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού σύμφωνα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που ορίζονται στον πίνακα 6 του παραρτήματος II.

Ωστόσο, οι τιμές όλων των επί μέρους διαφορετικών διατομών (U_j) υπολογίζονται όπως υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός οποιουδήποτε δομικού στοιχείου σύμφωνα με τη σχέση 5.1., λαμβάνοντας τιμές των διαφόρων μεγεθών (π.χ. λ , R_i , R_a), που να ανταποκρίνονται στην πραγματική κατάσταση στην οποία βρίσκονται (π.χ. δομικό στοιχείο προς τον ελεύθερο αέρα, προς το έδαφος ή προς μη θερμαινόμενο χώρο). Ελέγχονται όμως οι επί μέρους διατομές του σύνθετου δομικού στοιχείου αν ικανοποιούν τις απαιτήσεις του κανονισμού σαν να επρόκειτο για ανεξάρτητα δομικά στοιχεία που έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο σύμφωνα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που ορίζονται στον πίνακα 6 του παραρτήματος II. Αυτή η απαίτηση τίθεται, προκειμένου να περιορισθεί στο ελάχιστο δυνατό ο κίνδυνος δημιουργίας επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) στις θερμομονωτικά ασθενέστερες θέσεις του σύνθετου δομικού στοιχείου.

5.1.9. Υπολογισμός δομικών στοιχείων, αποτελούμενων από μη ομογενείς στρώσεις

Θεωρήθηκε εξαρχής κατά απλοποιητική παραδοχή ότι η ροή θερμότητας είναι μονοδιάστατο μέγεθος και μεταδίδεται κάθετα στην επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου και ότι όλες οι στρώσεις αποτελούνται από υλικά ομογενή και ισότροπα. Όμως στην περίπτωση ύπαρξης έστω και μιας μη ομογενούς στρώσης στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, όπως για παράδειγμα μιας τοιχοποιίας που αποτελείται από οπτοπλίνθους και συνδετικό κονίαμα, η ροή θερμότητας πραγματοποιείται σε δύο διαστάσεις και η βασική σχέση 5.1. παύει να έχει ισχύ. Σ' αυτήν την περίπτωση, απλοποιητικά η θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου μπορεί να προκύψει ως ο αριθμητικός μέσος όρος δύο τιμών:

- ❖ ενός άνω ορίου $R_{o\lambda, \max}$, που αντιστοιχεί σε άπειρη θερμική αντίσταση των δομικών υλικών σε ροή θερμότητας παράλληλα προς τις στρώσεις και
- ❖ ενός κάτω ορίου $R_{o\lambda, \min}$, που αντιστοιχεί σε μηδενική θερμική αντίσταση των δομικών υλικών σε ροή θερμότητας παράλληλα προς τις στρώσεις

$$R_{o\lambda} = \frac{R_{o\lambda, \max} + R_{o\lambda, \min}}{2} [m^2 \cdot K / W] \quad (5.8.)$$

Το άνω όριο της θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου που περιλαμβάνει μια μη ομογενή στρώση που αποτελείται κατά ποσοστό f_a από το υλικό a και κατά ποσοστό f_b από το υλικό b δίνεται από τη σχέση:

$$R_{o\lambda, \max} = \frac{1}{\frac{f_a}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,a} + \dots + R_n + R_a} + \frac{f_b}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,b} + \dots + R_n + R_a}} [m^2 \cdot K / W] \quad (5.9.)$$

όπου:

$R_{o\lambda, \max} [m^2 \cdot K / W]$: το άνω όριο της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου,

n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_1 \dots R_n [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της πρώτης έως και της n-οστής στρώσης του δομικού στοιχείου,

$R_{k,a} [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού a,

f_a : το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό a

$R_{k,b} [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού b,

f_b : το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό b

$R_i [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Το κάτω όριο της θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου που περιλαμβάνει μια μη ομογενή στρώση που αποτελείται κατά ποσοστό f_a από το υλικό a και κατά ποσοστό f_b από το υλικό b δίνεται από τη σχέση:

$$R_{o\lambda, \min} = R_i + R_1 + \dots + \frac{1}{\frac{f_a}{R_{k,a}} + \frac{f_b}{R_{k,b}}} + \dots + R_n + R_a \quad [m^2 \cdot K / W] \quad (5.10.)$$

όπου:

$R_{o\lambda, \min} [m^2 \cdot K / W]$: το κάτω όριο της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου,

n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_1 \dots R_n [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της πρώτης έως και της n-οστής στρώσης του δομικού στοιχείου,

$R_{k,a} [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού

$f_a [-]$: το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό a,

$R_{k,b} [m^2 \cdot K / W]$: η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού b,

$f_b [-]$: το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό b,

$R_i [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Παρατηρήσεις:

- ❖ Η σχέση 5.8. μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον εφόσον $R_{o\lambda, \max} < 1.5 \cdot R_{o\lambda, \min}$.
- ❖ Στην περίπτωση των τοιχοποιιών, σε πολλές περιπτώσεις, ο κατασκευαστής του στοιχείου τοιχοποιίας (π.χ. οπτόπλινθου) παρέχει τον ισοδύναμο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της τοιχοποιίας, ο οποίος περιλαμβάνει συνδετικό κονίαμα και την επίδραση της έλλειψης ομογένειας της στρώσης στη ροή θερμότητας. Σε αυτήν την περίπτωση, η τοιχοποιία αντιμετωπίζεται ως ομογενής στρώση και ισχύει η σχέση 5.1.

5.1.10. Υπολογισμός παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων εκτός του άμεσου ηλιακού κέρδους δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια και δεν υποχρεώνονται να πληρούν τα όρια των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών U του πίνακα 6 του παραρτήματος II. Ειδικότερα, δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια:

- ❖ ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,
- ❖ το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που θα θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο, καθώς το προσαρτημένο θερμοκήπιο λογίζεται ως χώρος που δεν θερμαίνεται.

5.2. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) μπορεί:

- ❖ είτε να υπολογισθεί αναλυτικά
- ❖ είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει κατασκευαστής.

Στην περίπτωση του αναλυτικού υπολογισμού η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δύο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανομένης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα, όπως περιγράφεται παρακάτω για μονό και για διπλό κούφωμα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό. Στην περίπτωση που ο μελετητής επιλέξει να χρησιμοποιήσει την τιμή θερμοπερατότητας του κουφώματος που δίνει ο κατασκευαστής του, θα πρέπει στη μελέτη να συνυποβάλει και το σχετικό πιστοποιητικό ελέγχου από διαπιστευμένο εργαστήριο βάσει του προτύπου προδιαγραφών του υλικού για σήμανση CE. Στον πίνακα 10 του παραρτήματος II δίδονται ενδεικτικά τιμές του συντελεστή U_w για διαφορετικούς τύπους κουφώματος συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου (αλουμίνιο, συνθετικό, ξύλο) του τύπου του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός, με επικάλυψη από τη μια πλευρά ή από τις δύο), της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα. Στην περίπτωση που τα κουφώματα του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζουν όμοια γεωμετρικά και θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά με τα κουφώματα του πίνακα τότε μπορεί να γίνει απευθείας χρήση των τιμών του, δηλαδή η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος μπορεί να ληφθεί απευθείας από τον

πίνακα. Σημειώνεται ότι στις τιμές του πίνακα έχει ληφθεί επίσης υπόψη η παρατηρούμενη θερμογέφυρα που δημιουργείται στην επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο του κουφώματος. Πάντως ανεξαρτήτως του τρόπου υπολογισμού, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος οφείλει να είναι μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης, που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (πίνακας 6, παράρτημα ΙΙ).

5.2.1. Αναλυτικός υπολογισμός του U_w ενός μονού κουφώματος

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (5.11.)$$

όπου :

$U_w [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

$U_f [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

$U_g [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),

$A_f [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_g [m]$: το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),

$\Psi_g [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Πίνακες τιμών

- ❖ Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f) λαμβάνεται από τον πίνακα 11 του παραρτήματος II ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II ή υπολογίζεται όπως ορίζεται παρακάτω.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 13 του παραρτήματος II, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.

Αν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα δεν ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II, μπορεί να υπολογισθεί αναλυτικά από τον τύπο:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta} + R_a} \left[W / (m^2 \cdot K) \right] \quad (5.12.)$$

Όπου:

$U_g \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,

n : το πλήθος των φύλλων του υαλοπίνακα:

για $n=1$ μονός υαλοπίνακας,

για $n=2$ διπλός υαλοπίνακας,

για $n=3$ τριπλός υαλοπίνακας,

$d \left[m \right]$: το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα,

$\lambda \left[W / (m \cdot K) \right]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου,

$R_{\delta} \left[m^2 \cdot K / W \right]$: η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα που μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 4β του παραρτήματος II,

$R_i \left[m^2 \cdot K / W \right]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a \left[m^2 \cdot K / W \right]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

5.2.2. Αναλυτικός υπολογισμός του U_w μονού κουφώματος που περιλαμβάνει πέτασμα.

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) που περιλαμβάνει πέτασμα προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_p \cdot U_p + l_p \cdot \Psi_p}{A_f + A_g + A_p} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (5.13)$$

Όπου:

$U_w [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

$U_f [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,

$U_g [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),

$U_p [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος,

$A_f [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$A_p [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας του πετάσματος του κουφώματος,

$l_g [m]$: το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),

$\Psi_g [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_p [m]$: το μήκος της θερμογέφυρας του πετάσματος του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - πετάσματος, δηλαδή η περίμετρος του πετάσματος),

$\Psi_p [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος.

Πίνακες τιμών

- ❖ Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_f) του πλαισίου λαμβάνεται από τον πίνακα 11 του παραρτήματος II, ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα λαμβάνεται από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II, ή υπολογίζεται όπως ορίζεται από τη σχέση 5.12.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 13 του παραρτήματος II, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_p) λαμβάνεται από τον πίνακα 14β του παραρτήματος II, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και αδιαφανούς πετάσματος. Σε περίπτωση που το κούφωμα δεν περιλαμβάνει διαφανές τμήμα, η σχέση 5.13. εφαρμόζεται θέτοντας τα A_g και l_g ίσα με το μηδέν.

5.2.3. Αναλυτικός υπολογισμός του U_w ενός διπλού κουφώματος

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός διπλού κουφώματος, δηλαδή ενός κουφώματος αποτελούμενου από δύο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακές τους (μονούς, διπλούς ή τριπλούς) θα υπολογισθεί σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία και κατ' εφαρμογή της σχέσης 5.11. ξεχωριστά για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος (δηλαδή των τιμών $U_{w,a}$ του εξωτερικού κουφώματος και $U_{w,i}$ του εσωτερικού) και κατόπιν για την τιμή του διπλού κουφώματος στο σύνολό του βάσει του τύπου:

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{w,i}} - R_a\right) + R_{\delta,w} + \left(\frac{1}{U_{w,a}} - R_i\right)} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (5.14.)$$

όπου :

$U_w [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του διπλού κουφώματος,

$U_{w,i} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εσωτερικού κουφώματος,

$U_{w,a} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού κουφώματος,

$R_a [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν εάν το διάκενο θεωρείτο εξωτερικό περιβάλλον,

$R_i [m^2 \cdot K / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν αν το διάκενο θεωρείτο εσωτερικό περιβάλλον,

$R_{\delta,w} [m^2 \cdot K / W]$: Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων.

5.3. Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων



Εικόνα 5.4. Θερμομόνωση τοιχοπετασμάτων.

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού της θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων και υαλοπετασμάτων. Η μεθοδολογία καλύπτει τοιχοπετάσματα - υαλοπετάσματα, στα οποία το στοιχείο πλήρωσης των διακένων των πλαισίων μπορεί να είναι υαλοπίνακας, κούφωμα με υαλοπίνακα, αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης (πέτασμα) ή και συνδυασμός αυτών. Το πλαίσιο μπορεί να αποτελείται από ορθοστάτες (κατακόρυφα τμήματα πλαισίου) και τραβέρσες (οριζόντια τμήματα πλαισίου), ίδιας ή διαφορετικής διατομής.

Ειδικότερα ορίζονται:

- ❖ Ως *ορθοστάτης* τα κατακόρυφα τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- ❖ Ως *τραβέρσα* τα οριζόντια τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- ❖ Ως *υαλοπίνακας πλήρωσης* ο υαλοπίνακας που συνδέεται απευθείας με το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.
- ❖ Ως *υαλοπίνακας κουφώματος* ο υαλοπίνακας, ο οποίος βρίσκεται σε κούφωμα, το οποίο προσαρτάται στο πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.
- ❖ Ως *πέτασμα* κάθε αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης του τοιχοπετάσματος.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος γίνεται σε ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα του τοιχοπετάσματος, το οποίο περιορίζεται από τα όρια που φαίνονται στο σχήμα 5 του παραρτήματος II. Ως αντιπροσωπευτικό ορίζεται το τμήμα, το οποίο επαναλαμβάνεται περισσότερες της μιας φορές στην όψη. Εάν σε ένα τοιχοπέτασμα εμφανίζονται περισσότερα του ενός αντιπροσωπευτικά τμήματα, τότε υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε διαφορετικού αντιπροσωπευτικού τμήματος και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

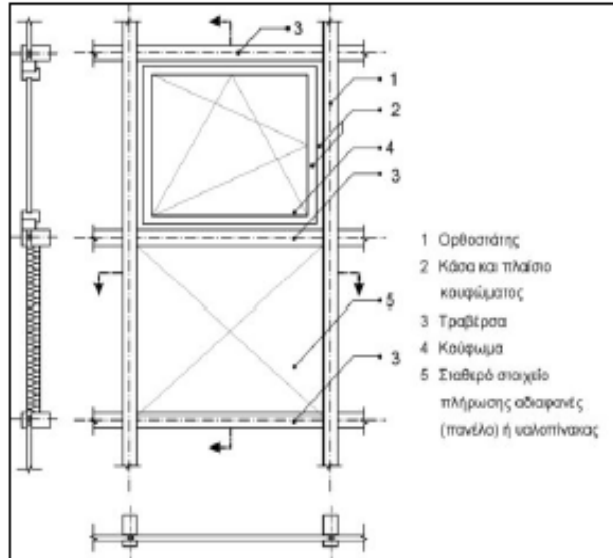
$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} * A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (5.15.)$$

όπου :

$U_{cw} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,

$U_{cw,j} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος j,

$A_j [m^2]$: το εμβαδό του αντιπροσωπευτικού τμήματος.

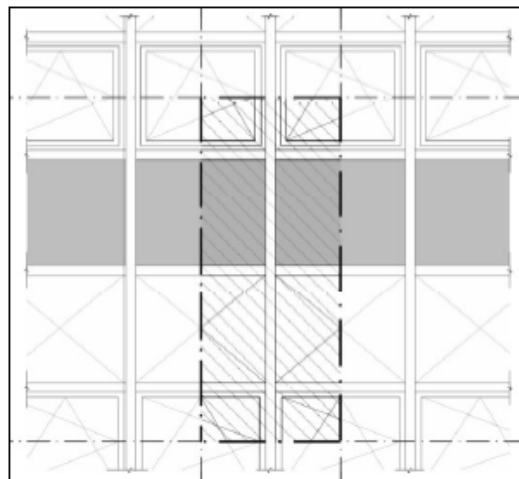


Σχήμα 5.4.Επιφάνειες τοιχοπετάσματος με διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες.

Ο καθορισμός του αντιπροσωπευτικού τμήματος γίνεται με τομές σε οριζόντιο και σε κατακόρυφο επίπεδο. Οι τομές επιλέγονται με τέτοιο τρόπο, ώστε:

- ❖ να αντιπροσωπεύουν επίπεδα συμμετρίας του τοιχοπετάσματος ή
- ❖ να βρίσκονται σε επίπεδο κάθετο στην όψη, στο οποίο η ροή θερμότητας γίνεται κάθετα στο τοιχοπέτασμα, δηλαδή δεν υπάρχουν τρισδιάστατα φαινόμενα θερμικής αγωγιμότητας.

Τέτοιες θέσεις είναι, για παράδειγμα, αυτές που βρίσκονται τουλάχιστον 190 mm μακριά από την ακμή ενός διπλού υαλοπίνακα.



Σχήμα 5.5. Αντιπροσωπευτικό τμήμα μελέτης ενός τοιχοπετάσματος.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος, χωρίζεται το αντιπροσωπευτικό τμήμα σε επιφάνειες με διαφορετικά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. υαλοπίνακες, αδιαφανή πετάσματα και κουφώματα). Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται από τους αντίστοιχους συντελεστές των επί μέρους στοιχείων με την προσθήκη όρων που περιγράφουν τη θερμική αλληλεπίδραση των τμημάτων μεταξύ τους (γραμμικές θερμογέφυρες):

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_{dp} U_{dp} + \sum A_{tr} U_{tr}}{A_{cw}} + \frac{\sum l_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum l_{dp,g} \Psi_{dp,g} + \sum l_{tr,g} \Psi_{tr,g} + \sum l_p \Psi_p + \sum l_{dp,f} \Psi_{dp,f} + \sum l_{tr,f} \Psi_{tr,f}}{A_{cw}} \quad (5.16)$$

όπου :

$U_{cw} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,

$U_g [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα ,

$U_p [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πετάσματος,

$U_f [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των πλαισίων,

$U_{dp} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των ορθοστατών,

$U_{tr} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των τραβερσών,

$\Psi_{f,g} [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου και υαλοπίνακα,

$\Psi_{dp,g} [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή ορθοστάτη και υαλοπίνακα,

$\Psi_{tr,g} [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή τραβέρσας και υαλοπίνακα,

$\Psi_p [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίων,

$\Psi_{dp,f} [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και ορθοστάτη,

$\Psi_{tr,f} [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και τραβέρσας,

$A_g [m^2]$: το εμβαδό του υαλοπίνακα πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,

$A_p [m^2]$: το εμβαδό του πετάσματος πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,

$A_{dp} [m^2]$: το εμβαδό ορθοστάτη του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,

$A_{tr} [m^2]$: το εμβαδό ης τραβέρσας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,

$A_f [m^2]$: το εμβαδό του κουφώματος,

$l_{f,g} [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή κουφώματος και υαλοπίνακα κουφώματος,

$l_{dp,g} [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,

$l_{tr,g} [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,

$l_p [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίου τοιχοπετάσματος (στη θέση της τραβέρσας ή του ορθοστάτη),

$l_{dp,f} [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και κουφώματος,

$l_{tr,f} [m]$: το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και κουφώματος.

Πίνακες τιμών

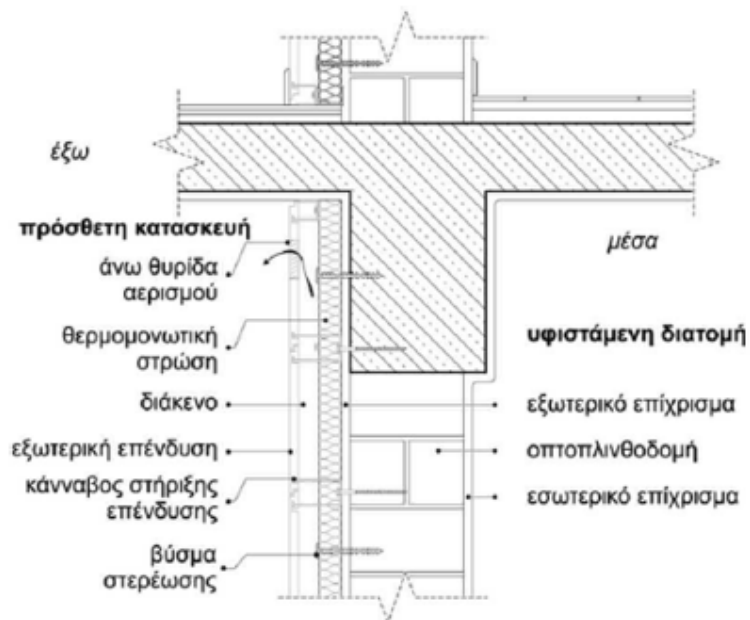
- ❖ Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,g}$, $\Psi_{tr,g}$ λαμβάνουν τιμές από τον πίνακα 14α του παραρτήματος II.
- ❖ Ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας Ψ_p λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 14β του παραρτήματος II.

- ❖ Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,f}$, $\Psi_{tr,f}$ λαμβάνουν τιμές από τους πίνακες 14γ και 14δ του παραρτήματος II, ανάλογα με το υλικό.

Η επιφάνεια του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται σύμφωνα με την επόμενη σχέση:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_{dp} + A_{tr} \left[m^2 \right] \quad (5.17)$$

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος δεν λαμβάνουν υπόψη την παρουσία κοχλιών στερέωσης του πλαισίου στα δομικά στοιχεία της όψης του κτιρίου. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η σημειακή θερμογέφυρα που δημιουργείται στη σύνδεση με την όψη, οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου αυξάνονται κατά $0,3 \text{ W}/(m^2K)$ όταν η απόσταση των κοχλιών είναι μικρότερη ή ίση των $0,3 \text{ m}$. Όταν η απόσταση μεταξύ των κοχλιών υπερβαίνει τα $0,3 \text{ m}$ μπορεί να αγνοηθεί η επίδρασή τους.



Σχήμα 5.6. Δικέλυφη τοιχοποιία με διάκενο αερισμού.

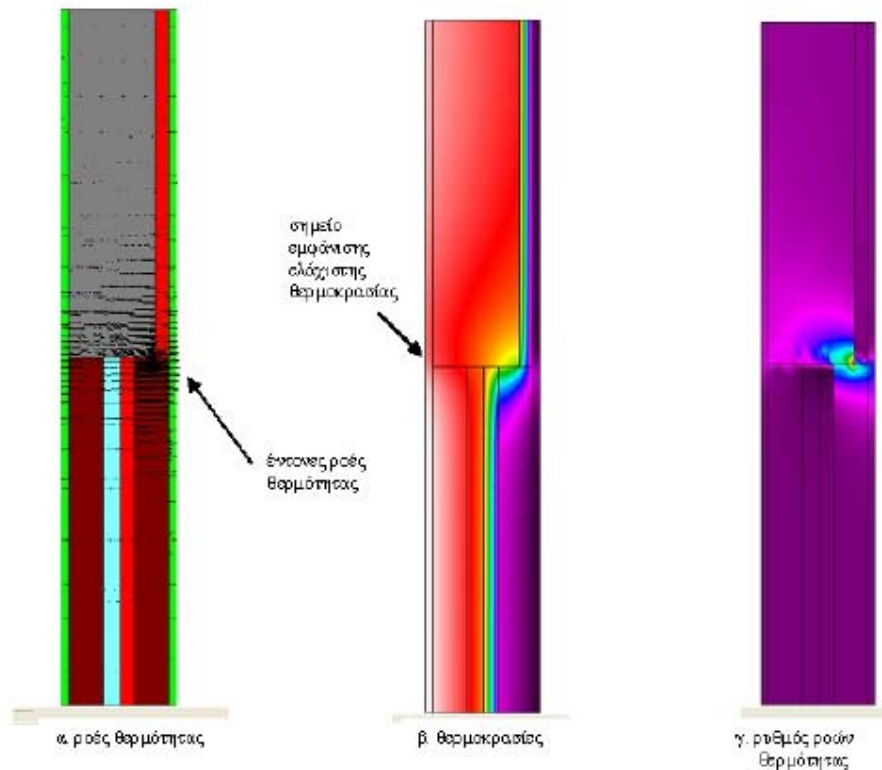
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

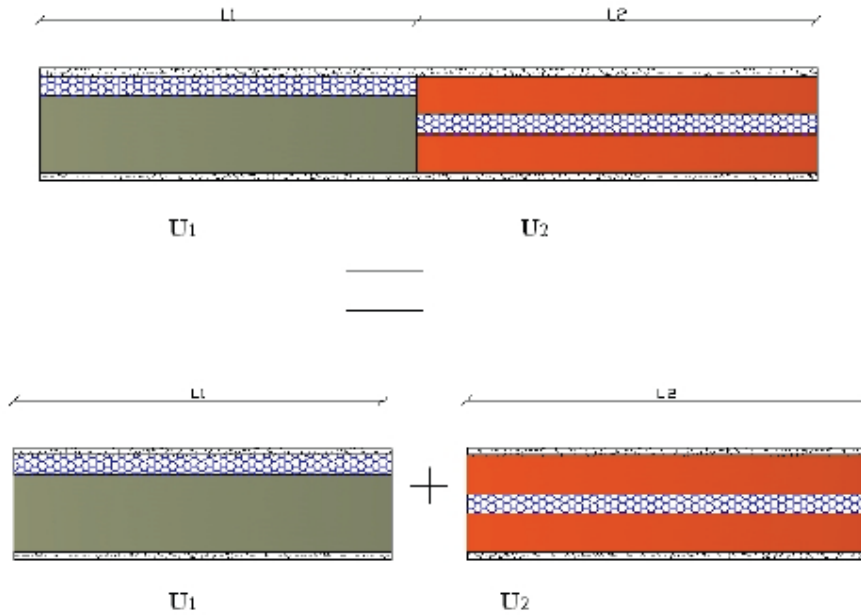
6.1. Υπολογισμός των θερμογεφυρών

Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου, στις οποίες εμφανίζεται σε σχέση με τις γειτονικές τους διαφοροποίηση στη θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων είτε λόγω ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου είτε λόγω αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής.

Πρόκειται δηλαδή για περιοχές που παρουσιάζεται ασυνέχεια του στοιχείου, παρεμβολή κάποιου άλλου στοιχείου, κακοτεχνίες κλπ, με αποτέλεσμα να αλλάζει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου κι έτσι να μεταβάλλεται η ροή θερμότητας τοπικά. Στη θερμογέφυρα παρουσιάζεται μειωμένη θερμική αντίσταση σε σχέση με το υπόλοιπο κέλυφος, επιτρέποντας έτσι αυξημένη θερμική ροή.



Εικόνα 6.1. Ροές θερμότητας και θερμοκρασίες σε ένωση δομικού στοιχείου.



Εικόνα 6.2. Διακριτοποίηση ένωσης δομικού στοιχείου.

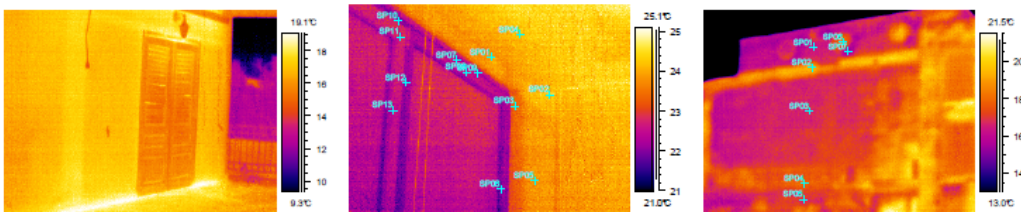
Έτσι, θερμογέφυρες παρουσιάζονται σε:

- ❖ Σημεία που ενώνεται η τοιχοποιία με τα φέροντα στοιχεία
- ❖ Σημεία που διακόπτεται η τοιχοποιία για ανοίγματα
- ❖ Σενάζ
- ❖ Γωνίες
- ❖ Ακμές συναρμογής κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων

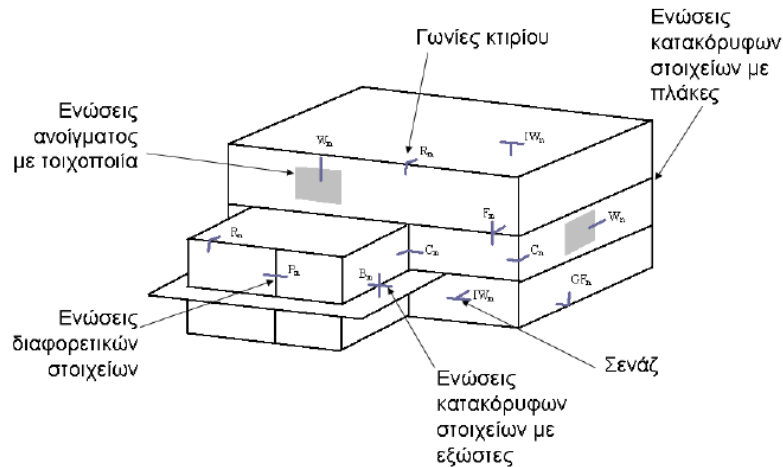
Οι θερμογέφυρες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην κατασκευή, όπως:

- ❖ Αύξηση θερμικών απωλειών από το κτιριακό κέλυφος
- ❖ Διαφορές στις επιφανειακές θερμοκρασίες του κελύφους
- ❖ Συμπύκνωση στο εσωτερικό του κελύφους
- ❖ Μείωση της αίσθησης θερμικής άνεσης

Οι θερμογέφυρες ανιχνεύονται με τη θερμοκάμερα.



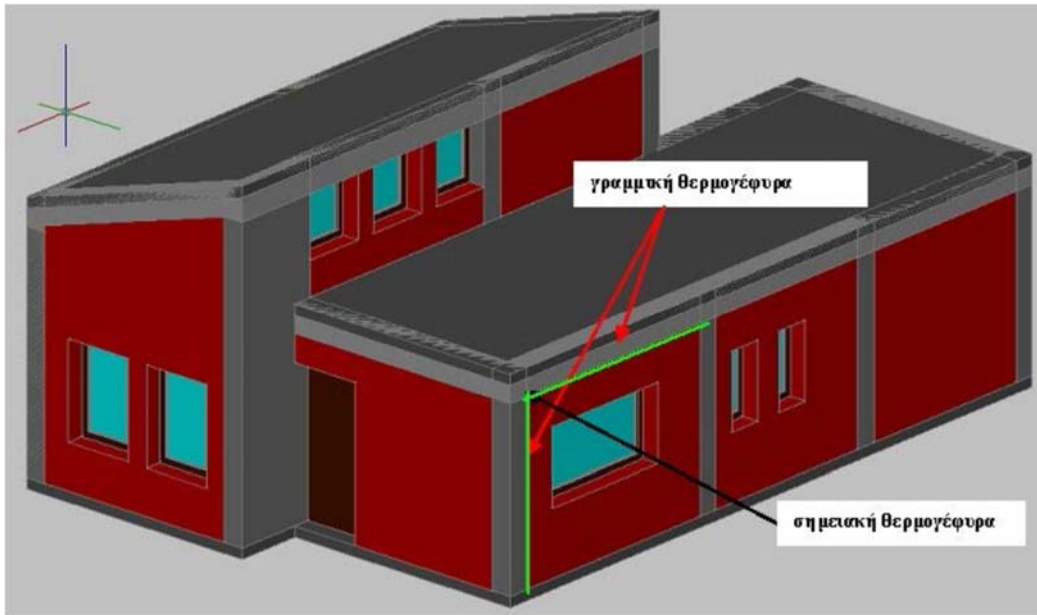
Εικόνα 6.3. Θερμογραφίες όπου φαίνονται καθαρά γραμμικές θερμογέφυρες στις ακμές ένωσης δομικών στοιχείων.



Εικόνα 6.4. Τυπικά σημεία εμφάνισης θερμογεφυρών.

Σ' αυτές τις θέσεις παρατηρείται μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους. Οι θερμογέφυρες αποτελούν τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού περιβλήματος και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία. Επηρεάζουν την ενεργειακή του συμπεριφορά και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Συχνά καταλήγουν να είναι πρόξενοι ποικίλων φθορών και καταστροφών, ενίοτε ασήμαντων και επουσιωδών, κατά το πλείστον όμως επικίνδυνων και σοβαρών. Οι περισσότερες φθορές οφείλονται στην επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, λόγω της πτώσης της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων σε τιμή χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου. Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτιρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, θεωρούμενης της θερμικής ροής στον υπολογισμό κατά παραδοχή ως μονοδιάστατο μέγεθος και κάθετο στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%. Αυτό το ποσοστιαίο εύρος έχει να κάνει με το μέγεθος του κτιρίου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία και κατ' επέκταση με το πλήθος των εμφανιζόμενων θερμογεφυρών. Οι θερμογέφυρες μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους:

- ❖ στις γραμμικές και
- ❖ στις σημειακές.

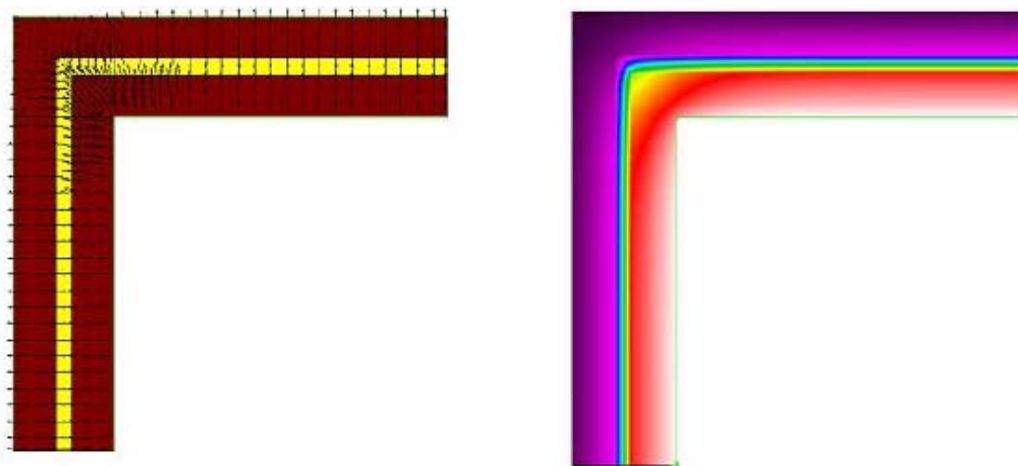


Εικόνα 6.5. Γραμμικές και σημειακές θερμογέφυρες.

Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών, στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση, ενώ η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα· γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς. Αντίθετα, οι γραμμικές θερμογέφυρες λαμβάνονται υπόψη και συγκριτικά με τις σημειακές έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους. Ως προς τις αιτίες δημιουργίας τους οι γραμμικές θερμογέφυρες διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- ❖ στις γεωμετρικές,
- ❖ στις κατασκευαστικές,
- ❖ σε συνδυασμό των δύο παραπάνω τύπων.

Οι γεωμετρικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική, π.χ. στη θέση κάθετης τομής δύο εξωτερικών δομικών στοιχείων με τη συνέχεια της θερμομόνωσης να μην διακόπτεται (γωνία).

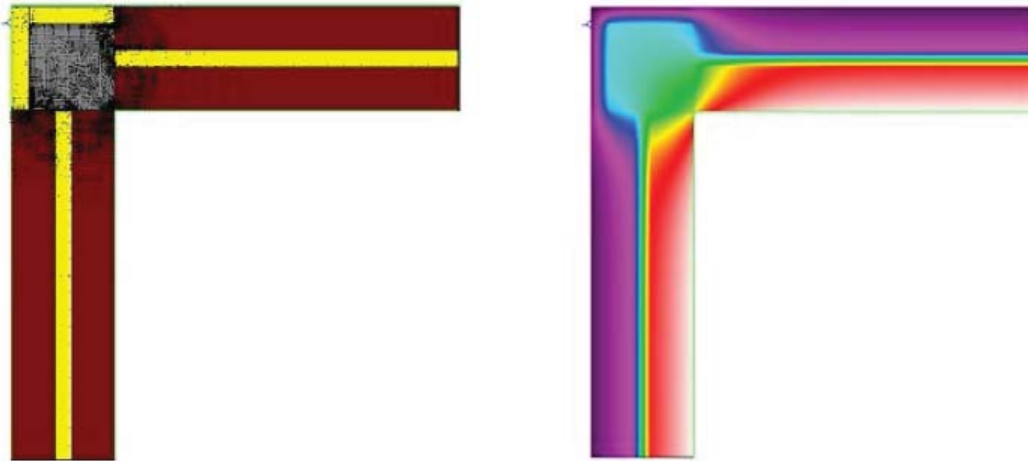


Εικόνα 6.6. Ροές θερμότητας και θερμοκρασίες σε γεωμετρική θερμογέφυρα.

Σ' αυτήν την περίπτωση επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας. Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ροών, η τιμή του γραμμικού συντελεστή της συγκεκριμένης θερμογέφυρας διαφοροποιείται. Στην περίπτωση χρήσης εσωτερικών διαστάσεων παίρνει θετικές τιμές, ενώ στην περίπτωση χρήσης εξωτερικών διαστάσεων παίρνει αρνητικές, λειτουργώντας στην ουσία ως διόρθωση στους υπολογισμούς των ροών θερμότητας με παραδοχή μονοδιάστατης ροής. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται παντού χρήση εξωτερικών διαστάσεων.

Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, π.χ. στις θέσεις ένωσης δοκού με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σε αυτήν την περίπτωση αναπτύσσεται έντονη δισδιάστατη ροή θερμότητας στην περιοχή της ασυνέχειας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Σε αυτές τις θερμογέφυρες η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι πάντα θετική.

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει συνδυασμός γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας, π.χ. σε ένα γωνιακό υποστύλωμα θερμομονωμένο εξωτερικά, στο οποίο εφάπτονται δύο κάθετες μεταξύ τους τοιχοποιίες με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζονται αυξημένες ροές θερμότητας και μειωμένη εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας μπορεί να λάβει, ακόμη και με χρήση εξωτερικών διαστάσεων για τους υπολογισμούς των ροών θερμότητας, τιμή αρνητική, θετική ή μηδενική ανάλογα με την περίπτωση.



Εικόνα 6.7. Ροές θερμότητας και θερμοκρασία σε συνδυασμένη γεωμετρική και κατασκευαστική θερμογέφυρα.

Στόχος είναι να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες κατά μήκος της κάθε θερμογέφυρας. Για τον υπολογισμό τους απαιτούνται:

- ❖ ο κάθε τύπος θερμογέφυρας, που εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ , μετρούμενο σε $W / (m \cdot K)$ και
- ❖ το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας l , που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, μετρούμενο σε m.

Οι θερμικές απώλειες κατά μήκος μιας θερμογέφυρας ορίζονται από το γινόμενο

$$\Psi \cdot l \quad [W / K] \quad (6.1.)$$

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στο κτίριο, οι θερμογέφυρες απαντώνται:

- ❖ στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (**κατακόρυφες θερμογέφυρες**)
- ❖ στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (**οριζόντιες θερμογέφυρες**)
- ❖ στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (**θερμογέφυρες κουφωμάτων**). Οι κατακόρυφες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις κατόψεις του κτιρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται καθ' ύψος, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των τομών.

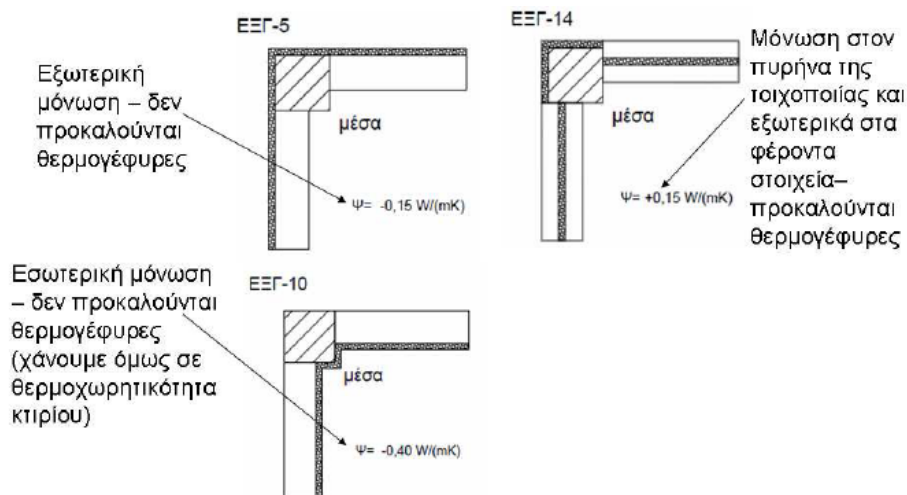
Διακρίνονται τρεις υποκατηγορίες (σχήμα 6.9α) :

- ❖ θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών (ΕΞΓ)
- ❖ θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών (ΕΣΓ)
- ❖ θερμογέφυρες ένωσης δομικών στοιχείων (ΕΔΣ)

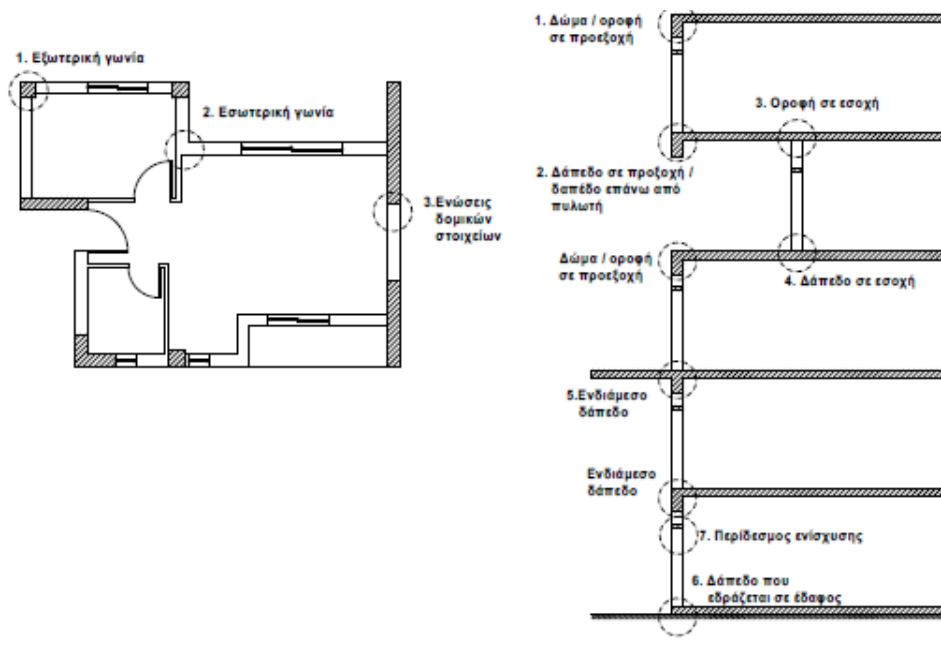
Οι οριζόντιες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις τομές του κτιρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται κατά μήκος των δομικών στοιχείων, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των κατόψεων. Διακρίνονται επτά υποκατηγορίες (σχήμα 6.9β):

- ❖ θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή (Δ)
- ❖ θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή (ΔΠ)
- ❖ θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή (ΟΕ)
- ❖ θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή (ΔΕ)
- ❖ θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου (ΕΔΠ)
- ❖ θερμογέφυρες περίδεσμου ενίσχυσης (ΠΡ)
- ❖ θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος (ΕΔ)

Στην Εικόνα 6.8 δίνονται οι τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας για διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Παρατηρείται, ότι, αναλόγως με τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης, ο συντελεστής μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές. Οι αρνητικές θερμογέφυρες είναι ωφέλιμες για την κατασκευή (ελαττωμένες απώλειες από τα συγκεκριμένα σημεία), ενώ οι θετικές θερμογέφυρες είναι επιζήμιες για την κατασκευή (αυξημένες απώλειες από τα συγκεκριμένα σημεία). Όσο πιο εξωτερικά ή εσωτερικά είναι η θερμομόνωση στην κατασκευή, τόσο πιο ελαττωμένες θερμογέφυρες παρουσιάζονται.



Εικόνα 6.8. Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ_i , για διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες.



Σχήμα 6.9α. Ενδεικτικές θέσεις εμφάνισης κατακόρυφων θερμογεφυρών .

Σχήμα 6.9β. Ενδεικτικές θέσεις εμφάνισης οριζόντιων θερμογεφυρών.

Οι θερμογέφυρες κουφωμάτων εντοπίζονται στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία. Το μήκος τους μετράται με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.

Διακρίνονται δύο υποκατηγορίες :

- ❖ θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος (Λ)
- ❖ θερμογέφυρες στο ανωκάσι / κατωκάσι του κουφώματος (ΑΚ)

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών λόγω της ύπαρξης θερμογεφυρών και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου ο μελετητής πρέπει να γνωρίζει την τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ και το μήκος l της θερμογέφυρας που δημιουργείται. Στους πίνακες 16α έως 16λ του παραρτήματος II, παρουσιάζονται οι πλέον συνήθεις περιπτώσεις θερμογεφυρών που απαντώνται στις ελληνικές κατασκευές, ομαδοποιημένες ως προς τη θέση τους στο κτιριακό κέλυφος σύμφωνα με τα όσα αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους και παρουσιάζεται η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας ανά περίπτωση. Για κάθε περίπτωση θερμογέφυρας δίνεται ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ , ο οποίος έχει προκύψει με χρήση λογισμικού διαστάσεων θερμότητας, λαμβάνοντας τις εξωτερικές διαστάσεις των δομικών στοιχείων. Σε περίπτωση που ο τύπος μιας θερμογέφυρας δεν περιλαμβάνεται στις περιπτώσεις των πινάκων 16α έως 16λ του παραρτήματος II, επιλέγεται η πλησιέστερη προς τον τύπο μορφή και λαμβάνεται ο αντίστοιχος συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ .

Εναλλακτικά, για τη διευκόλυνση των υπολογισμών των γραμμικών θερμογεφυρών, ο μελετητής μπορεί να κάνει χρήση του πίνακα 15 του παραρτήματος II. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι σ' αυτή την περίπτωση οι συνολικές ροές θερμότητας που προκύπτουν είναι αυξημένες σε σχέση με τον αναλυτικό του υπολογισμό, κάνοντας χρήση των πινάκων 16α έως 16λ του παραρτήματος II. Στον πίνακα 15 του παραρτήματος II παρουσιάζονται οι τιμές της γραμμικής θερμοπερατότητας με βάση:

- ❖ τη θέση εμφάνισης της θερμογέφυρας (π.χ. στις κατακόρυφες θερμογέφυρες στην περιοχή των εξωτερικών ή εσωτερικών γωνιών, στις οριζόντιες θερμογέφυρες στη θέση της συναρμογής του δώματος με τις εξωτερικές πλευρικές επιφάνειες του κτιρίου κ.τ.λ.) και
- ❖ τη θέση της θερμομόνωσης (π.χ. εσωτερικά, εξωτερικά ή στον πυρήνα των δομικών στοιχείων).

Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των κατακόρυφων θερμογεφυρών δίνονται τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη θέση της θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία:

- ❖ εξωτερική συνεχής θερμομόνωση,
- ❖ εσωτερική συνεχής θερμομόνωση,
- ❖ εξωτερική θερμομόνωση στο φέροντα οργανισμό και θερμομόνωση στον πυρήνα για τις τοιχοποιίες πλήρωσης.

Για τον υπολογισμό των οριζόντιων θερμογεφυρών δίνονται έξι βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη θέση της θερμομόνωσης στα κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία για όλες τις περιπτώσεις πλην των θερμογεφυρών που δημιουργούνται στις θέσεις ενδιάμεσου δαπέδου και στις θέσεις περιόδου ενίσχυσης:

- ❖ εξωτερική θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και θερμομόνωση των οριζόντιων δομικών στοιχείων στην άνω παρειά τους,
- ❖ εξωτερική θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και θερμομόνωση των οριζόντιων δομικών στοιχείων στην κάτω παρειά τους,
- ❖ εσωτερική θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία θερμομόνωση των οριζόντιων δομικών στοιχείων στην άνω παρειά τους,
- ❖ εσωτερική θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και θερμομόνωση των οριζόντιων δομικών στοιχείων στη κάτω παρειά τους,
- ❖ κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά,
- ❖ κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά.

Στις οριζόντιες θερμογέφυρες που δημιουργούνται στην περιοχή των ενδιάμεσων ορόφων και στις θέσεις περιόδου ενίσχυσης ορίζονται τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη θέση της θερμομονωτικής προστασίας:

- ❖ εξωτερική συνεχής θερμομόνωση,
- ❖ εσωτερική συνεχής θερμομόνωση,
- ❖ εξωτερική θερμομόνωση στο φέροντα οργανισμό και θερμομόνωση στον πυρήνα στις τοιχοποιίες πλήρωσης.

Οι παραπάνω βασικές κατηγορίες περιγράφουν τις γενικές συνθήκες. Για να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες της κάθε κατασκευής με στόχο την ακριβέστερη προσέγγιση της τιμής Ψ της γραμμικής θερμοπερατότητας των θερμογεφυρών, δίνονται στον πίνακα για κάθε βασική κατηγορία θέσης της θερμομόνωσης οι κατάλληλες προσαυξήσεις / μειώσεις, ανάλογα με την κατασκευαστική πρακτική που συναντάται. Για τις κατακόρυφες θερμογέφυρες η «διόρθωση» του βασικού συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας αφορά στις περιπτώσεις προεξοχής του ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στην εσωτερική γωνία, χωρίς ωστόσο να διακόπτεται η συνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, καθώς και στην περίπτωση που διακόπτεται η θερμομόνωση είτε λόγω ύπαρξης κάποιου δομικού στοιχείου είτε λόγω κατασκευαστικού λάθους. Για τις οριζόντιες θερμογέφυρες η διόρθωση του βασικού συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας αφορά συνήθως στις περιπτώσεις προεξοχής της πλάκας (πρόβολος), στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης κ.τ.λ. Για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών κουφωμάτων δίνονται τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με το εάν η θερμομόνωση και το κούφωμα βρίσκονται στην ίδια ή όχι ευθεία και υπάρχει διακοπή θερμομόνωσης. Η διόρθωση του βασικού συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας αφορά στο εάν υπάρχει διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης. Τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο μελετητής είναι τα εξής:

- ❖ Επιλογή του τύπου της θερμογέφυρας ανάλογα με τη θέση εμφάνισής της στο κτιριακό κέλυφος.
- ❖ Επιλογή της βασικής κατηγορίας θέσης ανάλογα με τη θέση της θερμομόνωσης.
- ❖ Λήψη της αντίστοιχης τιμής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ από τον πίνακα 15 και προσδιορισμός του μήκους εμφάνισης της συγκεκριμένης θερμογέφυρας.
- ❖ Σύγκριση των γενικών συνθηκών που ορίζει η βασική κατηγορία ανάλογα με τη θέση της θερμομόνωσης σε σχέση με αυτές που αποτυπώνονται στα αρχιτεκτονικά σχέδια.
- ❖ Λήψη της αντίστοιχης προσαύξησης / μείωσης του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας και υπολογισμός του αντίστοιχου μήκους l , για το οποίο ισχύει η συνθήκη.
- ❖ Άθροισμα των γινομένων των επί μέρους συντελεστών γραμμικής θερμοπερατότητας επί τα μήκη των αντίστοιχων θερμογεφυρών.

Διευκρινίσεις

- ❖ Στην περίπτωση που δημιουργείται θερμογέφυρα σε θέση που διαχωρίζει δύο θερμικές ζώνες, προσδιορίζεται ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας και κατόπιν διαιρείται διά του δύο, ώστε οι θερμικές απώλειες από την εμφανιζόμενη σ' αυτή τη θέση θερμογέφυρα να ληφθεί ισόποσα και στις δύο ζώνες.
- ❖ Στην περίπτωση που δημιουργείται θερμογέφυρα σε θέση που διαχωρίζει θερμαινόμενο χώρο από εξωτερικό αέρα και μη θερμαινόμενο χώρο, για τον προσδιορισμό της τιμής της γραμμικής θερμοπερατότητας ο μη θερμαινόμενος χώρος θα λαμβάνεται ως εξωτερικό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων γεωμετρικών μεγεθών του κτιρίου και συγκεκριμένα:

- ❖ Ο υπολογισμός των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων.
- ❖ Ο υπολογισμός των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών.
- ❖ Ο όγκος του κτιρίου.

Αυτά τα μεγέθη είναι σκόπιμο να υπολογισθούν κατ' όροφο και κατά επιφάνεια, προκειμένου να διευκολυνθεί ο υπολογισμός. Πρόσφορη είναι η χρήση πρότυπου εντύπου, που θα δίνει σε πινακοποιημένη μορφή:

- ❖ το πλάτος του κάθε δομικού στοιχείου,
- ❖ το ύψος του,
- ❖ το εμβαδό του.

Τα επί μέρους αθροίσματα αυτών των ποσοτήτων δίνουν τα συνολικά μεγέθη στην επιφάνεια του κελύφους για κάθε διαφορετικό δομικό στοιχείο. Κατ' αντίστοιχο τρόπο, δηλαδή με τη χρήση τυποποιημένου εντύπου, μπορεί να υπολογισθεί το μήκος της γραμμικής θερμογέφυρας για κάθε διαφορετικό τύπο θερμογέφυρας. Για τον υπολογισμό του λόγου A/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτιρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Ειδικότερα:

- ❖ Για την εύρεση του εμβαδού A υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου.
- ❖ Αντίστοιχα, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

Στον όγκο του κτιρίου **δεν** συμπεριλαμβάνονται:

- ❖ Ο ανοικτός υπόστυλος χώρος που βρίσκεται στην πυλωτή.
- ❖ Ο χώρος της εισόδου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι, αν θεωρηθούν ως μη θερμαινόμενοι. Αντίθετα, συμπεριλαμβάνονται κανονικά στον όγκο του κτιρίου αν θεωρηθούν θερμαινόμενοι.
- ❖ Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν είναι θερμαινόμενοι.
- ❖ Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου ή σε επαφή με αυτό, εφόσον δεν θεωρούνται θερμαινόμενοι.

- ❖ Ο χώρος του προσαρτημένου θερμοκηπίου που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα (και είναι μη θερμαινόμενος χώρος).
- ❖ Ο μη κατοικήσιμος χώρος που διαμορφώνεται επάνω από την οροφή και κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Προφανώς, αν ο χώρος είναι κατοικήσιμος (σοφίτα), συνυπολογίζεται στον όγκο του κτιρίου και η στέγη οφείλει να θερμομονωθεί, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του πρώτου ελέγχου, δηλαδή $U_{\text{στέγης}} \leq U_{\text{max}}$.
- ❖ Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.
- ❖ Κάθε κλειστός χώρος που δεν θεωρείται θερμαινόμενος (π.χ. εργαστήρια που από τη φύση της λειτουργίας τους δεν θερμαίνονται).
- ❖ Οι όγκοι, τους οποίους καταλαμβάνουν αίθριοι χώροι μέσα στο σώμα του κτιρίου, δηλαδή – σύμφωνα με το Γ.Ο.Κ.– τα μή στεγασμένα τμήματα του κτιρίου που περιβάλλονται από όλες τις πλευρές τους από το κτίριο ή από άλλα κτίρια του οικοπέδου.
- ❖ Οι φωταγωγοί του κτιρίου.
- ❖ Οι υποχρεωτικός ή προαιρετικός ακάλυπτοι χώροι.
- ❖ Κάθε ανοικτός χώρος, που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είτε βρίσκεται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου είτε όχι.

Οι εξωτερικές επιφάνειες σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, εφόσον αποτελούν διαχωριστικά στοιχεία με θερμαινόμενο χώρο, υπεισέρχονται στον υπολογισμό της επιφάνειας A στο σύνολό τους, όπως ορίζεται στην ενότητα 7.1.1. Στα προσαρτημένα θερμοκήπια, τα οποία λειτουργούν ως παθητικά ηλιακά συστήματα, ως εξωτερική επιφάνεια λαμβάνεται ο διαχωριστικός τοίχος μεταξύ κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου και όχι η εξωτερική γυάλινη όψη του θερμοκηπίου. Επιφάνειες του κτιρίου που έρχονται σε επαφή με εξωτερική επιφάνεια άλλου κτιρίου είτε αυτό το κτίριο βρίσκεται εντός του ιδίου οικοπέδου είτε στο όμορο (δηλαδή τα δύο κτίρια βρίσκονται σε επαφή στο διαχωριστικό όριο των δύο οικοπέδων) λαμβάνονται ως συνορεύουσες με το εξωτερικό περιβάλλον και δεν υπάρχει κάποια ξεχωριστή αντιμετώπιση. Σε περίπτωση που ο θερμαινόμενος όγκος του κτιρίου αποτελείται από επί μέρους όγκους, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από μη θερμαινόμενους χώρους και δεν έχουν δυνατότητα μεταξύ τους επικοινωνίας, ως όγκος του κτιρίου λαμβάνεται για τον υπολογισμό του λόγου A/V το άθροισμα όλων αυτών των επί μέρους θερμαινόμενων όγκων (π.χ. θερμαινόμενος υπόγειος χώρος που χωρίζεται από τους θερμαινόμενους ορόφους με το μη θερμαινόμενο χώρο του κλιμακωστασίου και της εισόδου της πολυκατοικίας). Ομοίως, ως εξωτερική επιφάνεια A λαμβάνεται το άθροισμα όλων των εξωτερικών επιφανειών των θερμαινόμενων χώρων. Σε όλες τις περιπτώσεις η εύρεση του λόγου A/V οδηγεί στον προσδιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου όπως αυτή ορίζεται για κάθε ζώνη από τον πίνακα 7 του παραρτήματος II.

7.1. Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m)

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

Στη γενική του έκφραση ο υπολογισμός του U_m προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (7.1.)$$

Όπου:

$U_m [W / (m^2 \cdot K)]$: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου,

n : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,

v : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,

$A_j [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου,

$U_m [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου,

$l_j [m]$: το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

$\Psi_j [W / (m \cdot K)]$: ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

$b [-]$: μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου).

Το ευρισκόμενο πηλίκο U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ από το λόγο A/V του πίνακα 7 του παραρτήματος II, για κάθε κλιματική ζώνη.

Πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max} \quad (7.2.)$$

Αν δεν ικανοποιείται αυτή η συνθήκη, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται από την αρχή, έχοντας προηγουμένως βελτιώσει τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των επί μέρους δομικών στοιχείων (π.χ. αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης των αδιαφανών στοιχείων, βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων, μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων κ.ά.).

Πίνακες τιμών

- ❖ Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) του κελύφους του κτιρίου θα συγκριθεί με αυτήν που προκύπτει βάσει του λόγου A/V από τον πίνακα 7 του παραρτήματος II.
- ❖ Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ) λαμβάνεται από τους πίνακες 15 ή 16 του παραρτήματος II, που ορίζουν τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

7.1.1. Ο μειωτικός συντελεστής (b)

Ο μειωτικός συντελεστής (b) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η κάθε ποσότητα $A \cdot U$ (συντελεστής μεταφοράς θερμότητας) ορίζει τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου στη μονάδα του χρόνου και για διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού - εξωτερικού περιβάλλοντος $1^\circ C$ (ή $1 K$). Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη. Με το μειωτικό συντελεστή επιχειρείται η επαναφορά της σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα. Έτσι, ο μειωτικός συντελεστής (b) λαμβάνει τιμές όπως ορίζονται σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- ❖ Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Ο συντελεστής λαμβάνει τιμή $b = 1,0$, καθώς η ποσότητα $A \cdot U$ θεωρείται η πραγματικά υπολογισθείσα. Η τιμή $b = 1,0$ ισχύει τόσο για κατακόρυφες επιφάνειες, όσο και για οριζόντιες, είτε είναι η ροή θερμότητας στις τελευταίες από επάνω προς τα κάτω είτε από κάτω προς τα επάνω.

❖ **Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με όμορο κτίριο.**

Αν και στην περίπτωση ενός όμορου κτιρίου η μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου που εφάπτεται σε αντίστοιχο δομικό στοιχείο του όμορου είναι μειωμένη συγκριτικά με τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, η μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας θα πρέπει να παραμένει υπερεκτιμημένη με τιμή συντελεστή $b = 1,0$, διότι είναι απροσδιόριστος ο χρόνος ζωής του όμορου κτιρίου. Ίδια θα είναι η αντιμετώπιση είτε οι χώροι του όμορου κτιρίου είναι θερμαινόμενοι είτε όχι. Αντίθετα, στην ενεργειακή επιθεώρηση εκτιμάται η πραγματική κατάσταση του κτιρίου και αποτιμάται η πραγματικά μεταφερόμενη ποσότητα ενέργειας μέσω των δομικών στοιχείων των ερχόμενων σε επαφή με τα δομικά στοιχεία του όμορου κτιρίου.

❖ **Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους του ίδιου κτιρίου.**

Σε περίπτωση που υφίστανται χώροι του ίδιου κτιρίου οι οποίοι, αν και θερμαινόμενοι, δεν συνυπολογίζονται στη μελέτη θερμικής προστασίας και επομένως παραμένουν ενδεχομένως αδιαβατικοί, τα διαχωριστικά δομικά στοιχεία προς αυτούς τους χώρους λαμβάνονται κατά τον υπολογισμό κατά απλοποιητική παραδοχή με τιμή μειωτικού συντελεστή $b = 0,5$. Για παράδειγμα σε περίπτωση προσθήκης νέου κτίσματος επιφάνειας μικρότερης των 50 m^2 (π.χ. ενός μόνο δωματίου) σε υφιστάμενο θερμομονωμένο ή μη θερμομονωμένο κτίριο τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν το υφιστάμενο κτίριο από την προσθήκη υπάγονται σ' αυτήν την κατηγορία. Αν το διαχωριστικό δομικό στοιχείο αποτελεί μέρος του υφιστάμενου, θα πρέπει να θερμομονωθεί κατά την κατασκευή του νέου προστιθέμενου κτίσματος. Παρέχεται ωστόσο η δυνατότητα ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας να γίνει για το σύνολο του κτιρίου (υφιστάμενου και προσθήκης) με την προϋπόθεση της ριζικής ανακαίνισης του υφιστάμενου και της πλήρους θερμομονωτικής του προστασίας.

❖ **Σε οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.**

Ο μειωτικός συντελεστής διατηρεί την τιμή $b = 1,0$, καθώς η διόρθωση στην απόκλιση έχει ήδη γίνει κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U της διατομής, λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση RRU του στρώματος αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης. Σ' αυτήν την τιμή, όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 5.1.5., συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση των στρώσεων της μη θερμομονωμένης στέγης.

❖ **Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο.**

Σ' αυτή την περίπτωση η ροή θερμότητας μέσω του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο από το μη θερμαινόμενο χώρο είναι ίση με τη ροή θερμότητας από το μη θερμαινόμενο χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον, επηρεασμένη κατά την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται ή απάγεται μέσω αερισμού στο μη θερμαινόμενο χώρο. Ο μειωτικός συντελεστής (b_u), που καθορίζει την απομείωση της υπολογισθείσας ροής θερμότητας μέσω του διαχωριστικού δομικού στοιχείου μεταξύ ενός θερμαινόμενου και ενός μη θερμαινόμενου χώρου, προκύπτει από την αναλογική σχέση των μεταφερόμενων ποσοτήτων θερμότητας από τον ένα χώρο στον άλλο και κατά το βαθμό επηρεασμού τους από τον αερισμό του χώρου σύμφωνα με τον τύπο:

$$b_u = \frac{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + (n_u \cdot V_u \cdot c_{αερα})}{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + \sum(U_{iu} \cdot A_{iu})} \quad (7.3.)$$

όπου :

$U_{ua} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,

$U_{iu} [W / (m^2 \cdot K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο,

$A_{ua} [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,

$A_{ju} [m^2]$: το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο,

n_u : το πλήθος των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα,

$V_u [m^3]$: ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου,

$c_{αερα} [J / (m^3 \cdot K)]$: η θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά μονάδα όγκου: $c_{αερα} = 0,33 W / (m^3 K)$.

Πίνακες τιμών

Το πλήθος των εναλλαγών αέρα n_u ορίζεται ανάλογα με το βαθμό αεροστεγανότητας του χώρου από τον πίνακα 8 του παραρτήματος II. Ωστόσο, εναλλακτικά παρέχεται η δυνατότητα σε όλες τις περιπτώσεις που το δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο να ληφθεί κατά απλοποιητική παραδοχή ως τιμή του μειωτικού συντελεστή $b_u = 0,50$.

❖ Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Για επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με έδαφος θεωρείται ότι η διόρθωση των θερμικών ροών με χρήση του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας είναι επαρκής και επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω διόρθωση. Συνεπώς, σ' αυτήν την περίπτωση λαμβάνεται $b = 1,0$.

7.1.2. Παρατηρήσεις κατά τον υπολογισμό του U_m

Για τη εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ❖ Στον υπολογισμό του U_m συμμετέχουν όλες οι επιφάνειες που περικλείουν το κέλυφος του κτιρίου. Συμμετέχουν επίσης παντός είδους επιφάνειες που συνορεύουν με αίθριους χώρους, φωταγωγούς κ.τ.λ., που βρίσκονται μέσα στο σώμα του κτιρίου, όπως περιγράφονται αναλυτικά στην αρχή του κεφαλαίου 7 για τον προσδιορισμό του λόγου A/V . Το άθροισμα όλων αυτών των επιφανειών δίνει τον παρονομαστή $\sum A_j$ της σχέσης 7.1.
- ❖ Ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης υπεισέρχεται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) κατά παραδοχή με τιμή τη μέγιστη επιτρεπόμενη από τον πίνακα 6 του παραρτήματος II, την προβλεπόμενη για εξωτερικό τοίχο σε επαφή με εξωτερικό αέρα της αντίστοιχης κλιματικής ζώνης.
- ❖ Το προσαρτημένο θερμοκήπιο θεωρείται μη θερμαινόμενος χώρος και ως εξωτερικό στοιχείο του κελύφους λαμβάνεται το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου. Αυτό το δομικό στοιχείο θα υπεισέρχεται στον υπολογισμό κατά παραδοχή με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή U που προβλέπεται ανά ζώνη από τον πίνακα 6 του παραρτήματος II, ως εξής:
 - Για αδιαφανές δομικό στοιχείο (τοιχοποιία) με την τιμή της τοιχοποιίας, της ερχόμενης σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.
 - Για διαφανές δομικό στοιχείο (κούφωμα) με την τιμή του κουφώματος ανοίγματος.

Αν ωστόσο ένα δομικό στοιχείο του ενδιάμεσου διαχωριστικού τοίχου του προσαρτημένου θερμοκηπίου παρουσιάζει τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U μικρότερη της μέγιστης επιτρεπόμενης, υπεισέρχεται στον υπολογισμό με αυτήν την καλύτερη τιμή. Όλα τα δομικά στοιχεία του προσαρτημένου θερμοκηπίου, θεωρούμενα ως δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενο χώρο, υπεισέρχονται στον υπολογισμό του U_m με το μειωτικό συντελεστή, όπως αυτός υπολογίζεται από τη σχέση 7.1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

8.1 Βασικές έννοιες

Με τον όρο βιοκλιματικό ή αλλιώς ενεργειακό σχεδιασμό αναφερόμαστε στο σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσώκλιμα που να παρέχει με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες.

Έτσι ένα σύγχρονο βιοκλιματικό κτίριο σχεδιάζεται με τις παρακάτω αρχές:

❖ Ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών:

Η μορφή και το σχήμα του κτιρίου θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εμφανίζει το χειμώνα τις μικρότερες θερμικές απώλειες και το μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος, ενώ το καλοκαίρι τη μικρότερη δυνατή θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμα η διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες βοηθάει προς την κατεύθυνση αυτήν. Μείωση των θερμικών απωλειών επιτυγχάνεται και με την κατάλληλη θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου και αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων του.

❖ Βελτιστοποίηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας:

Ο προσανατολισμός των συμπαγών και διαφανών στοιχείων του κτιρίου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διάρκεια του ηλιασμού και για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτίριο. Με τον κατάλληλο προσανατολισμό κυρίως των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων και εξασφαλίζεται φυσικός φωτισμός σε όλους τους χώρους και για όλο τον χρόνο.

❖ Το κτιριακό κέλυφος θα πρέπει να λειτουργεί ως:

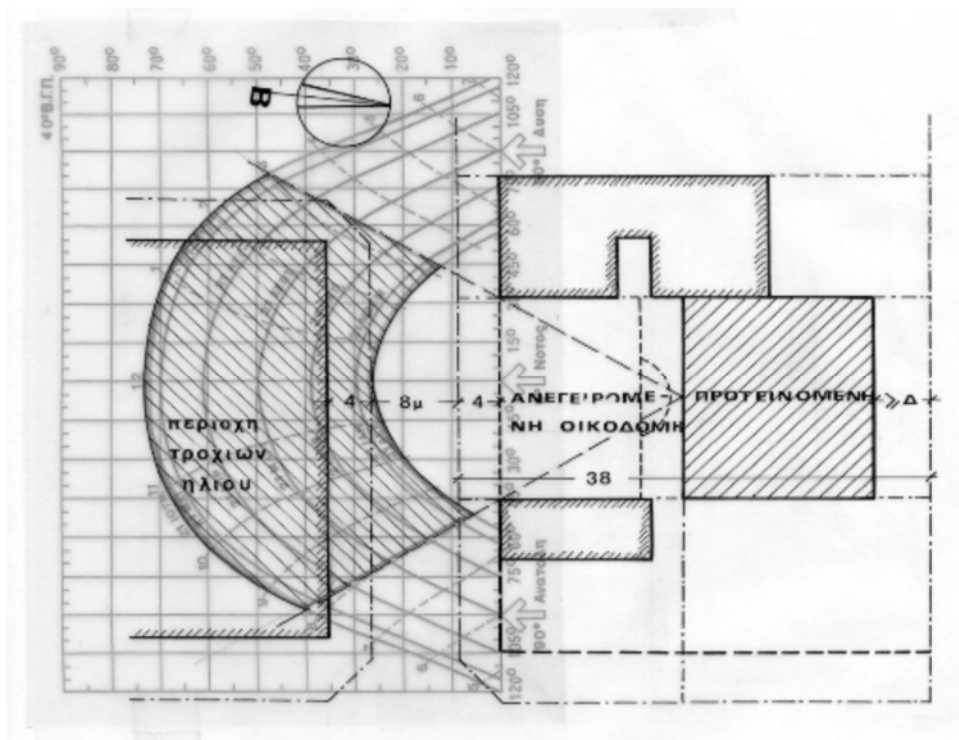
Επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης, δηλαδή να συμβάλλει στη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και να την κρατάει μακριά τις καλοκαιρινές ημέρες.

Ακολούθως αναλύονται κάποιες βασικές έννοιες του ενεργειακού σχεδιασμού που αναφέρθηκαν παραπάνω.

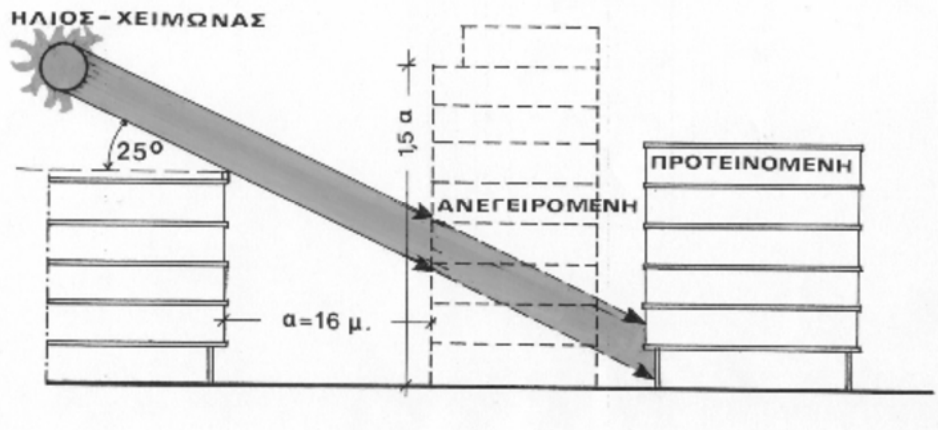
8.2. Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

8.2.1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός

Η χωροθέτηση του νέου κτιρίου στο οικόπεδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του, γιατί οι νότιες όψεις δέχονται τη μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας τον χειμώνα. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου, με σχετική όμως μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ο έλεγχος του ηλιασμού του κτιρίου πραγματοποιείται με τη χρήση των ηλιακών χαρτών-διαγραμμάτων, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτίρια-εμπόδια. Ο έλεγχος αυτός καθορίζει και την τελική τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.



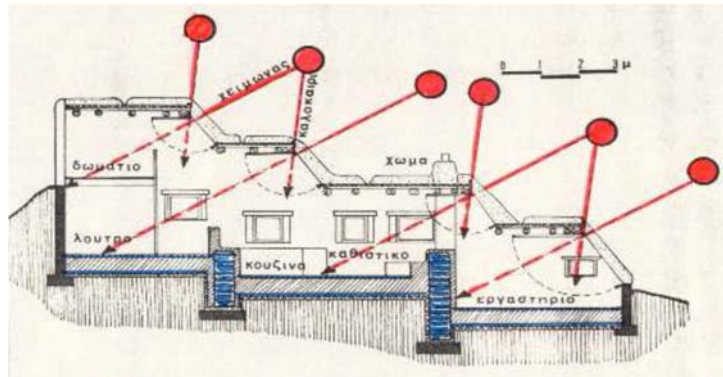
Σχήμα 8.1. Έλεγχος του ηλιασμού μιας ανεγειρόμενης και μιας προτεινόμενης θέσης της νέας οικοδομής για τον μήνα Δεκέμβρη, για γωνία ύψους του ήλιου ίση με 25° .



Σχήμα 8.2. Ηλιασμός οικοδομής, στην περίπτωση υποχώρησης στο οικόπεδο.

Σχήμα κτιρίου

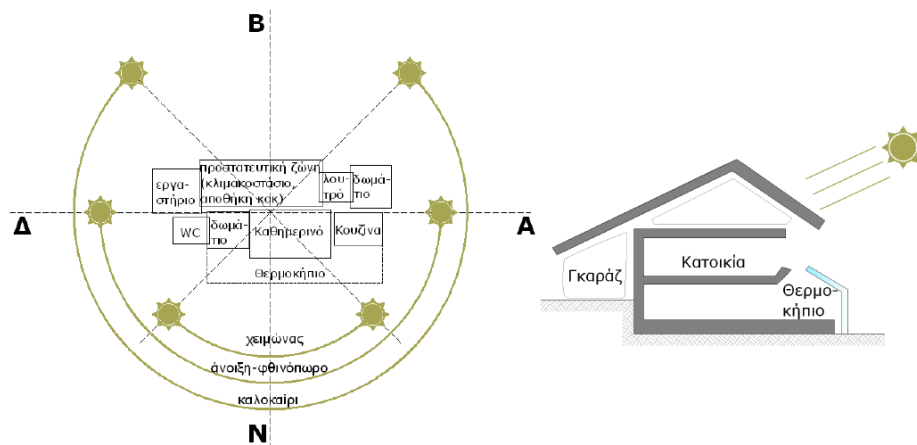
Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα κτιρίου είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι $\approx 1/1,5$. Βεβαίως, όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο τον χειμώνα (Σχήμα 8.3).



Σχήμα 8.3. Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη.

8.2.2. Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο ζήτημα, εξαρτώμενος από τη χρήση ενός χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερη φωτεινή και δε δέχεται καθόλου ήλιο. Για τους λόγους αυτούς, στην πλευρά αυτή τοποθετούνται οι χώροι των οποίων η χρήση είναι ολιγόωρη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων ζώης.



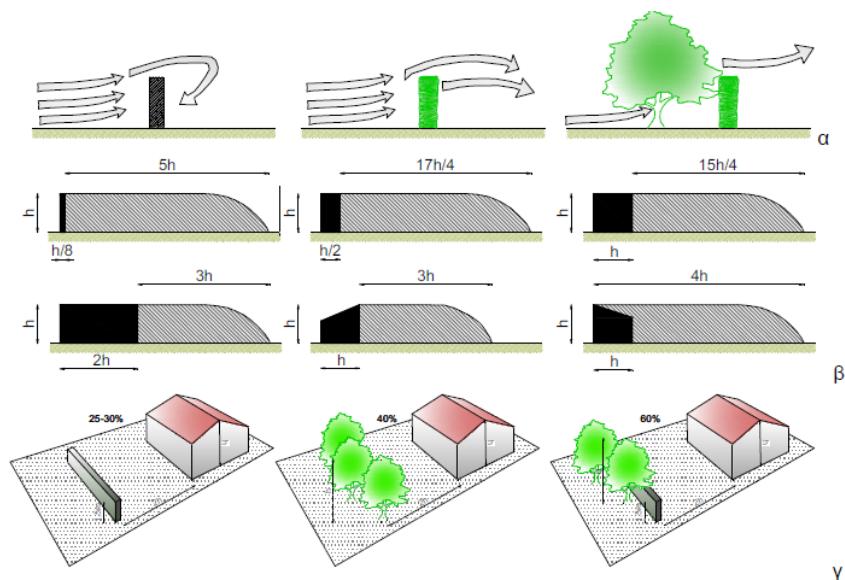
Σχήμα 8.4. Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας - Διαγραμματική κάτοψη και τομή βιοκλιματικού κελύφους.

8.3. Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας

Για την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη είναι ανάγκη η θερμότητα, που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, να παγιδεύεται στο εσωτερικό του. Προς τούτο συνιστάται αφενός προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους και αφετέρου θερμομόνωση του κελύφους του.

8.3.1. Προστασία από ψυχρούς ανέμους

Η προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς, χειμερινούς ανέμους επιτυγχάνεται με κατάλληλους σχεδιαστικούς χειρισμούς στο άμεσο εξωτερικό περιβάλλον του: με τη φύτευση αειθαλών δέντρων ή χαμηλής βλάστησης ή την χρήση ανεμοφράκτη για την εκτροπή των ψυχρών ανέμων (Σχήμα 8.5).



Σχήμα 8.5. Εκτροπή ψυχρού ανέμου με τη χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων.

- (α) Οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι -συνδυασμός θάμνων και δέντρων- αυξάνουν την ζώνη ηρεμίας.
- (β) Ζώνη επίδρασης ανεμοφράκτη, ανάλογα με την μορφή και το πάχος του.
- (γ) Ικανότητα μείωσης της διείσδυσης του ανέμου από ανεμοφράκτες διαφόρων τύπων.

8.3. Θερμική προστασία - Θερμομόνωση

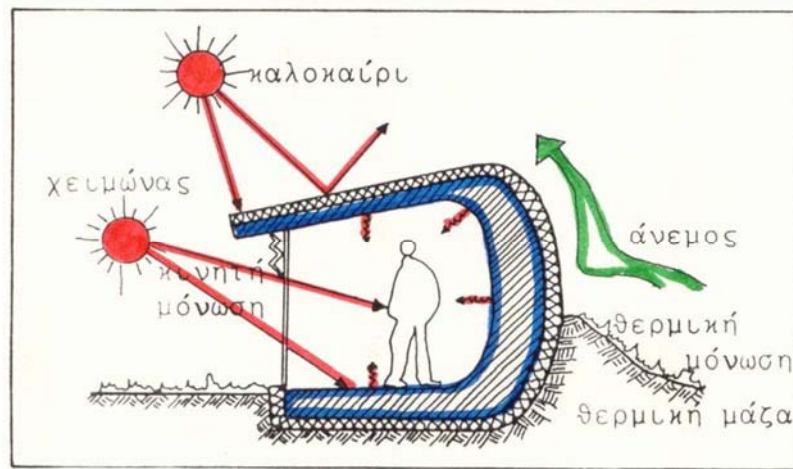
Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον επιβάλλεται:

- α) Κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, δηλαδή τοίχων,

δαπέδων, οροφών. Οι επιλογές, ως προς τα υλικά και το πάχος της θερμομόνωσης, εξαρτώνται από την κλιματική ζώνη (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας). Ωστόσο, επισημαίνεται ότι για να λειτουργήσει το κτίριο αποτελεσματικότερα, ως αποθήκη θερμότητας, πρέπει η θερμομόνωση των συμπαγών δομικών στοιχείων να τοποθετείται στην εξωτερική τους πλευρά (Σχήμα 8.6). Έτσι περιορίζονται και οι θερμογέφυρες. Η περίπτωση κατασκευής διπλού τοίχου από τούβλο με την θερμομόνωση στον πυρήνα αποτελεί λύση αποδεκτή, αρκεί το πάχος κάθε παρειάς του τοίχου να είναι τουλάχιστον 9 εκ.

β) Επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλά ή πολλαπλά τζάμια ή με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και εξώφυλλα με θερμομόνωση ή όχι.

γ) Καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων.



Σχήμα 8.6. Διαγραμματική τομή κελύφους για την αποθήκευση της θερμότητας.

8.4.1. Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας

Για την αποτελεσματική βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου, η συλλεγείσα από τον ήλιο θερμότητα πρέπει να αποθηκεύεται στη μάζα του.

Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές. Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμότητα, συνεπώς μεγάλη θερμοχωρητικότητα, άρα και ικανότητα αποθήκευσης της ηλιακής θερμότητας. Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα

από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα προς τα πάνω, ο οποίος ως γνωστόν είναι ελαφρύτερος. Όση περισσότερη μάζα διαθέτει το κτίριο στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες μέχρι την επόμενη ημέρα, ενώ παράλληλα περιορίζεται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης το χειμώνα, αλλά και η λειτουργία του κλιματισμού για την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι. Επισημαίνεται ότι οι συνήθεις κατασκευές με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από τούβλα παρέχουν την αναγκαία θερμική μάζα και την αντίστοιχη θερμοχωρητικότητα για την αποθήκευση των ηλιακών απολαβών, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμομόνωση βρίσκεται στην εξωτερική παρειά αυτών των δομικών στοιχείων. Οι τοίχοι πλήρωσης από διπλή οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση στον πυρήνα εξασφαλίζουν επίσης, επαρκή θερμική μάζα, υπό τον όρο ότι η εσωτερική παρειά της οπτοπλινθοδομής έχει πάχος τουλάχιστον 9 εκ.

8.4.2. Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου είναι αναγκαία, όχι μόνον για τον περιορισμό των θερμικών του απωλειών το χειμώνα, αλλά και γιατί μειώνει το ψυκτικό του φορτίο το καλοκαίρι.

8.4.3. Φυσικός αερισμός

Η κίνηση του δροσερού αέρα μέσα στο κτίριο απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα προς το ύπαιθρο. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι:

- α) Η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή τη θερινή περίοδο,
- β) Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κτίριο,
- γ) Η χρήση του κτιρίου.

8.4.4. Νυχτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν σημαντικά ποσά θερμότητας προς τον καθαρό ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Ιδιαίτερα τα δώματα των κτιρίων, λόγω της οριζόντιας επιφάνειάς τους, εκπέμπουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας προς τον ουρανό, σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες των κτιρίων. Για το λόγο αυτό, στα δώματα μπορούν να εφαρμοσθούν ειδικά συστήματα – κατασκευές, μεταξύ των οποίων είναι και οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.

8.4.5. Μικροκλίμα

Η εξάτμιση του νερού από υδάτινα στοιχεία, καθώς και η εξατμισοδιαπνοή από τα φυλλώματα των δέντρων ή και της βλάστησης προκαλούν πτώση της θερμοκρασίας του αέρα. Χρόνος καλύτερης απόδοσης της εξατμισοδιαπνοής ορίζονται οι μεσημβρινές ώρες, γιατί τότε η υγρασία του αέρα είναι χαμηλή. Γενικά, η μεταφορά θερμότητας, σε σχέση με το χρόνο και σε μονοδιάστατη ροή, εκφράζεται από τη σχέση:

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = -\lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (8.1.)$$

Όπου:

T :	θερμοκρασία του σώματος (K)
t :	χρόνος (sec)
ρ :	πυκνότητα του σώματος (kg / m^3)
c_p :	ειδική θερμότητα του σώματος (J / kgK)
λ :	θερμική αγωγιμότητα του σώματος (W / mK)
x, y, z :	διαστάσεις στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (m)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΤΗΣ FORTRAN

Με βάση τη θεωρία που δόθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, αναπτύχθηκε πρόγραμμα σε Fortran, το οποίο ελέγχει τη θερμική επάρκεια κτιρίου. Συγκεκριμένα η συγγραφή του κώδικα της fortran βασίστηκε στην υλοποίηση της θεωρίας που προαναπτύχθηκε στα κεφάλαια 4, 5, 6 και 7.

9.1. Τα αρχεία του προγράμματος.

Το πρόγραμμα αποτελείται από τον κώδικα στην γλώσσα fortran αλλά και από ακόμη 8 αρχεία σε μορφή txt. Αυτά τα αρχεία θα μπορούσαν να είναι ενσωματωμένα στο πρόγραμμα, ωστόσο αυτή η εκδοχή δεν επιλέχθηκε, διότι:

- ❖ τα ανεξάρτητα αρχεία που το πρόγραμμα απλώς καλείται να διαβάσει, είναι πολύ εύκολο να διορθωθούν σε μια πιθανή αναθεώρηση του κανονισμού. Επομένως είναι απλό να μεταβληθούν οι υπάρχουσες τιμές ή ακόμα και να προστεθούν καινούριες.
- ❖ ο κώδικας διατηρείται σε λογικό μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο ένας εξοικειωμένος με την fortran χρήστης μπορεί πολύ πιο εύκολα να καταλάβει τον κώδικα και να τον βελτιώσει ή ακόμα και να τον αναπροσαρμόσει.

Από τα 8 αρχεία του προγράμματος τα 5 είναι σταθερά για την εύρεση της θερμομονωτικής επάρκειας κάθε κτιρίου, ενώ τα υπόλοιπα 3 είναι αυτά τα οποία αλλάζουν κάθε φορά, ανάλογα με το κτίριο. Είναι δηλαδή τα αρχεία που συμπληρώνει ο χρήστης ως δεδομένα του ελεγχόμενου κτιρίου.

9.1.1 Αρχείο ylika.txt:

Το αρχείο ylika.txt περιέχει τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως. Για κάθε ένα από αυτά τα υλικά αναγράφεται στα αριστερά ο κωδικός του από το 001 έως και το 017, ενώ συνεχίζοντας δεξιά αναφέρεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) σε $W/(m \cdot K)$, η πυκνότητα (ρ) σε kg/m^3 και η ειδική θερμοχωρητικότητα (c_p) σε $J/(kg \cdot K)$.

Τα δεδομένα αυτά των 17 υλικών προκύπτουν από τον πίνακα 4 του παραρτήματος II. Ενδεχόμενη προσθήκη υλικών είναι εφικτή απλώς πληκτρολογώντας τα καινούρια υλικά στην μορφή που έχουν και τα υπόλοιπα. Η μόνη αλλαγή που απαιτείται είναι,

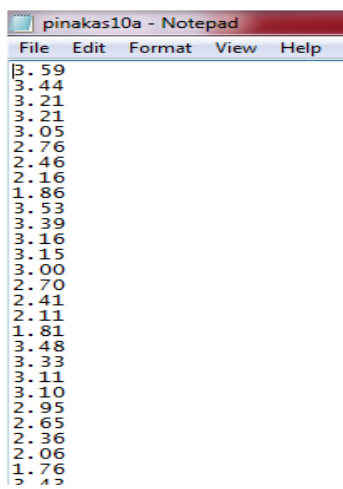
για πλέον των 20 υλικών, ο χρήστης να αλλάξει στην σειρά 7 του προγράμματος την παράμετρο mylika και να της δώσει το κατάλληλο μέγεθος.

001	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	2.500	2400.000	1000.000
002	ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.400	2000.000	1100.000
003	ΔΙΟΓΚΟΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ	0.035	30.00000	1500.000
004	ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΠΛΑΚΩΝ	0.037	65.00000	840.0000
005	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΠΛΑΚΩΝ	0.037	115.0000	840.0000
006	ΟΡΥΚΤΟΒΑΜΒΑΚΑΣ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΠΛΑΚΩΝ	0.040	69.00000	840.0000
007	ΠΛΑΚΕΣ ΞΥΛΟΜΑΛΟΥ ΜΕ ΑΝΟΡΓΑΝΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ	0.150	570.0000	1470.000
008	ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΠΛΑΚΕΣ ΑΠΟ ΦΕΛΛΟ	0.044	125.0000	1560.000
009	ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ ΜΕ ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΚΥΦΕΛΙΔΕΣ	0.023	55.00000	1450.000
010	ΑΦΡΩΔΗΣ ΕΞΙΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ	0.035	35.00000	1450.000
011	ΜΑΡΜΑΡΟ	3.500	2800.000	1000.000
012	ΓΡΑΝΙΤΗΣ	2.800	2600.000	1000.000
013	ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΔΑΠΕΔΟΥ	1.840	2000.000	840.0000
014	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	0.870	1800.000	1000.000
015	ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ	0.230	1100.000	1000.000
016	ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ	0.640	1900.000	1000.000
017	ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ ΜΕ ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΚΥΦΕΛΙΔΕΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ	0.023	55.00000	1450.000

Εικόνα 9.1. Το αρχείο ylika.txt του προγράμματος.

9.1.2 Αρχεία pinakas10a.txt, pinakas10b.txt, pinakas10c.txt, pinakas10d.txt

Τα αρχεία pinakas10a, pinakas10b, pinakas10c, pinakas10d περιέχουν τα δεδομένα των πινάκων 10α, 10β, 10γ και 10δ αντίστοιχα από το παράρτημα ΙΙ. Ενδεικτικά παρατίθεται μέρος της πρώτης σελίδας του πίνακα 10α.



File	Edit	Format	View	Help
3.59				
3.44				
3.21				
3.21				
3.05				
2.76				
2.46				
2.16				
1.86				
3.53				
3.39				
3.16				
3.15				
3.00				
2.70				
2.41				
2.11				
1.81				
3.48				
3.33				
3.11				
3.10				
2.95				
2.65				
2.36				
2.06				
1.76				
3.43				

Εικόνα 9.2. Τμήμα του αρχείου pinakas10a.

Τα υπόλοιπα τρία αρχεία είναι τα file1, file2 και file3 και πρέπει να συμπληρωθούν ανάλογα με τα δεδομένα του κάθε κτιρίου που πρόκειται να μελετηθεί.

Δίνοντας δεδομένα που ζητούνται από το κάθε αρχείο, δημιουργούνται στήλες δεδομένων που το πρόγραμμα διαβάζει για να υπολογίσει τα αποτελέσματα . Για κάθε αρχείο 1,2 και 3 υπάρχει αντίστοιχο txt αρχείο που ο χρήστης πρέπει να εισαγάγει τα δεδομένα.

9.1.3 Αρχείο file1

Για ένα δομικό στοιχείο δίνονται τα παρακάτω δεδομένα:

Κωδικός του δομικού στοιχείου:	ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 9 από τον πίνακα 6 του παραρτήματος II
Αριθμός στρώσεων:	τριψήφιος ακέραιος αριθμός
Πάχος κάθε στρώσης:	πραγματικός αριθμός με δύο δεκαδικά ψηφία
Κωδικός Υλικού	ακέραιος αριθμός από αρχείο ylika.txt
Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα:	από τον πίνακα 4α του παραρτήματος II, ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 8

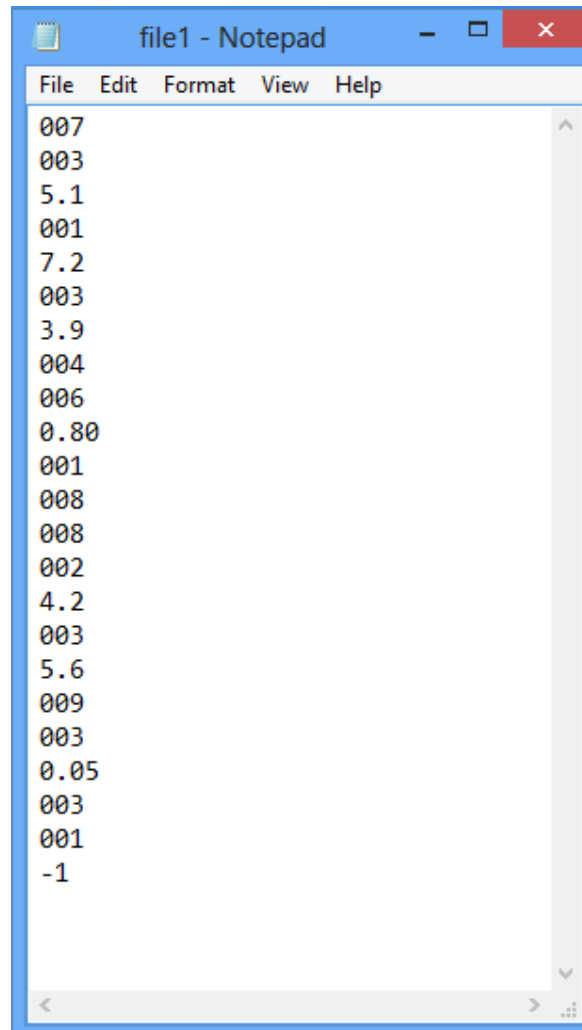
Εάν το πάχος της ακίνητης στρώσης αέρα είναι θετικό:

Ανακλαστική επιφάνεια:	“ε” από πίνακα 4α με δύο δεκαδικά .
Φορά ροής:	από πίνακα 4 ^α του παραρτήματος II ακέραιος αριθμός
Επιλογή είδους δομικού στοιχείου:	από πίνακα 3β του παραρτήματος II ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 8

Στη συνέχεια δίνονται τα ίδια δεδομένα για κάθε άλλο δομικό στοιχείο.

Στο τέλος δίνεται αρνητικός αριθμός στον κωδικό του δομικού στοιχείου.

Τελικός αριθμός:	ακέραιος αριθμός που όταν γίνει αρνητικός τελειώνει το πρόγραμμα.
------------------	---



Εικόνα 9.3. Παράδειγμα αρχείου file1.txt.

9.1.4 Αρχείο file2

Διόρθωση του συντελεστή θερμοπερατότητας όπου αυτό είναι αναγκαίο .

A) Στα αρχεία αναγράφονται τα παρακάτω δεδομένα:

Πλήθος δομικών στοιχείων: πόσα δομικά στοιχεία θα εξετάσουμε, ακέραιος τριψήφιος αριθμός.

Κλιματική ζώνη: ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 4

B) Στη συνέχεια για κάθε είδος δομικού στοιχείου δίνεται:

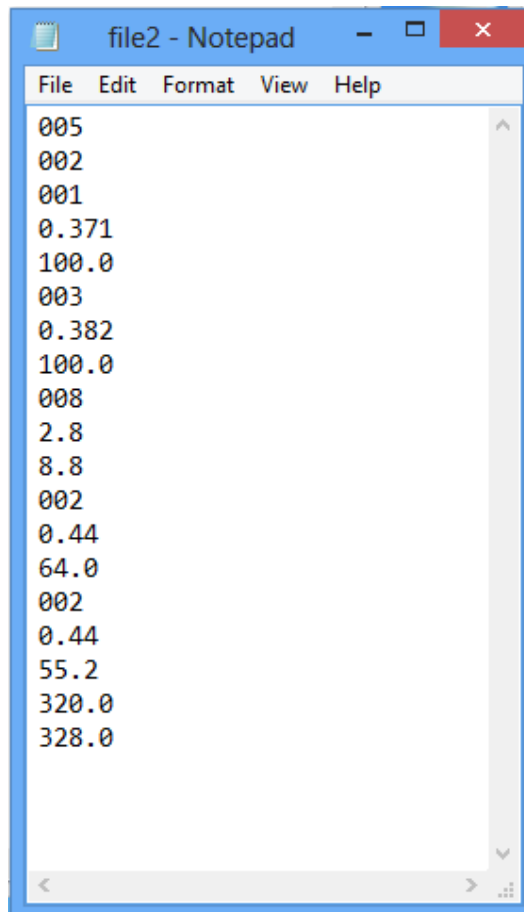
Είδος δομικού:	ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 9 από τον πίνακα 6 του παραρτήματος II
W:	πραγματικός αριθμός, όπου εάν δεν γνωρίζω τον συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οποιοσδήποτε αρνητικός, ενώ όταν τον γνωρίζω είναι η τιμή του.
Εμβαδόν δομικού:	πραγματικός αριθμός σε cm^2 για το κάθε δομικό στοιχείο

Αν W είναι αρνητικό πρέπει ανάλογα με το δομικό στοιχείο να δοθεί επιπλέον:

Z:	το βάθος του κατακόρυφου δομικού στοιχείου
Z:	το βάθος έδρασης z
Περίμετρος πλάκας:	η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας
Εμβαδόν πλάκας:	το εμβαδόν της πλάκας
Υλικό του πλαισίου:	το υλικό του πλαισίου από τον πίνακα 11 ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 3
Χαρακτηριστικό πλαισίου:	από πίνακα 11 είναι ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 4
Τύπος υάλωσης:	από τον πίνακα 12 είναι ακέραιος αριθμός 2 ή 3
Υαλοπίνακας:	πίνακας 12 ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 3
Διαστάσεις:	πίνακας 12 ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 5
Τύπος αερίων:	πίνακας 12 ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 3
Ισοδύναμο πλάτος:	από πίνακα 10 ακέραιος από το ένα έως το 3
Επιλογή πίνακα:	ακέραιος αριθμός από το 1 έως το 4 διαλέγω ποιόν από τους 4 πίνακες 10α, 10β, 10γ, 10δ θέλω να χρησιμοποιήσω

Γ) Στο τέλος δίνονται και οι τιμές:

Όγκος κτιρίου:	πραγματικός αριθμός είναι ο όγκος του κτιρίου
Εμβαδόν εξωτερικών επιφανειών:	πραγματικός αριθμός.



Εικόνα 9.4. Παράδειγμα αρχείου file2.txt.

9.1.5 Αρχείο file3

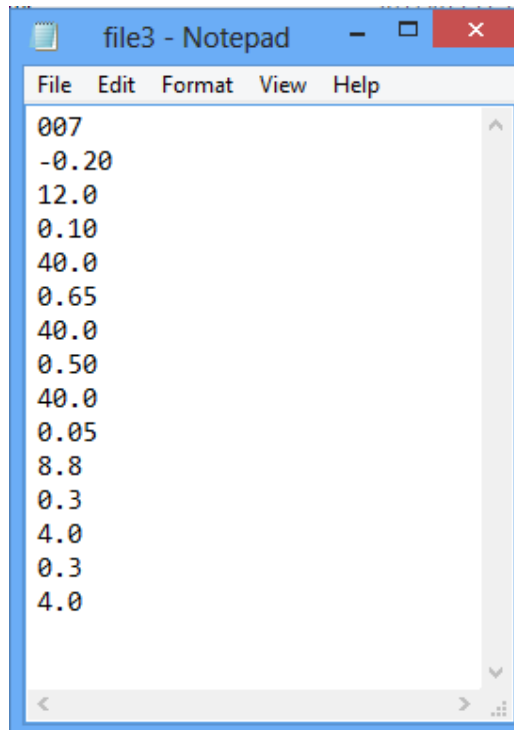
Εισαγωγή των ψ , l από τον πίνακα 16 και τις μετρήσεις.

Counter: τριψήφιος ακέραιος αριθμός, είναι το σύνολο των ζευγών των (ψ) και (l) (του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας και το αντίστοιχο συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου)

Ψ : δώστε το ψ (του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου)

I: το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

επαναλαμβάνω τα ψ και I όσες φορές απαιτείται από το εξεταζόμενο κτίριο.



Εικόνα 9.5. Παράδειγμα αρχείου file3.txt.

9.2. Παρουσίαση κάθε υποπρογράμματος

Το πρόγραμμα, σύμφωνα με τις αρχές του δομημένου προγραμματισμού, αποτελείται από πολλά υποπρογράμματα, το κάθε ένα από αυτά εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία.

9.2.1 Υποπρόγραμμα 1: readYlika (perYl, elyl, pyl, cyl, NYl, IYLSTR, mylika).

Εδώ το πρόγραμμα διαβάζει το αρχείο ylika.txt. Διαβάζει πρώτα τον κωδικό του κάθε υλικού ο οποίος αποτελείται από 3 ψηφία, για παράδειγμα 014 ή 008. Έπειτα διαβάζει την περιγραφή του κάθε υλικού δηλαδή, την ονομασία του. Ο μόνος περιορισμός εδώ τόσο για τα υλικά που ενδεχομένως να μπουν στο μέλλον όσο και για τα υπάρχοντα είναι το όριο των 50 γραμμάτων για την περιγραφή του κάθε υλικού. Τέλος διαβάζει τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , την πυκνότητα ρ και την ειδική θερμοχωρητικότητα c .

Επιπλέον έχουν ληφθεί υπόψη κάποια πιθανά λάθη του χρήστη του προγράμματος ώστε να τον προειδοποιεί. Συγκεκριμένα :

- ❖ Αν ο χρήστης δεν βάλει κάποιον κωδικό υλικού με αύξουσα σειρά, τότε εμφανίζεται το μήνυμα λάθους **'Laqos ariiqmhsh ylikwn'**
- ❖ Όταν ο χρήστης ξεκινήσει την περιγραφή του υλικού με αριθμό ή τον κωδικό του υλικού με κάποιο γράμμα, τότε θα εμφανίζεται το μήνυμα **'Syntax error reading ylika.txt'**
- ❖ Σε περίπτωση που τα υλικά που έχουμε εισαγάγει είναι περισσότερα από την τιμή της παραμέτρου mylika (εδώ την έχουμε ορίσει mylika=20). Τότε το πρόγραμμα προειδοποιεί με το μήνυμα : **'Too many materials >20'**
- ❖ Τέλος, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, η πυκνότητα και η ειδική θερμοχωρητικότητα έχουν ένα εύρος τιμών. Για αποφυγή λάθους έχει οριστεί ότι αν ο χρήστης εισάγει τιμή αρνητική για τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ή τιμή της πυκνότητας μικρότερη από 10 kg/m^3 ή τιμή ειδικής θερμοχωρητικότητας μικρότερη από $100 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ τότε εμφανίζεται το μήνυμα λάθους : **STOP 'MH APODEKTH TIMH'**

```
26      subroutine readYlika (perYl, elyl, pyl, cyl, NYl,IYLSTR, mylika)
27      integer mylika, NYl
28      character (len=50), dimension(mylika), intent(inout) :: perYl
29
30      real, dimension(mylika), intent(inout):: elyl, pyl, cyl, IYLSTR
31      open (11, file='ylika.txt', status='old')
32      do i=1, mylika
33          read (11, 15, iostat=ier) k, perYl(i), elyl(i),
34          &      pyl(i), cyl(i)
35      15      format (I3, 2X, a50, f15.0, f15.0, f15.0)
36          if (k .ne. i) stop 'Laqos ariiqmhsh ylikwn'
37          if (ier .gt. 0) stop 'Syntax error reading ylika.txt'
38          if (ier .lt. 0) then
39              NYl = i - 1
40              return
41          end if
42          IF (elyl(I) .LE.0.0.OR.pyl(I) .LT.10.0.OR.cyl(I) .LT.100.0)
43          &      STOP 'MH APODEKTH TIMH'
44      end do
45      stop 'Too many materials >20'
46      end
```

Εικόνα 9.6. Το υποπρόγραμμα readYlika.

9.2.2 Υποπρόγραμμα 2: arx3(sum_ps_l)

Στόχος είναι να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες κατά μήκος της κάθε θερμογέφυρας. Για τον υπολογισμό τους απαιτούνται:

- ❖ ο κάθε τύπος θερμογέφυρας, που εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ , μετρούμενο σε $W / (m \cdot K)$ και
- ❖ το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας l , που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, μετρούμενο σε m .


Τα Ψ , l διαβάζονται από το file3 με βάση τα δεδομένα που έχει εισαγάγει ο χρήστης κατόπιν το πρόγραμμα υπολογίζει τις θερμικές απώλειες με βάση τη σχέση 6.1. του κεφαλαίου 6 της παρούσας διπλωματικής. Επιπλέον γίνεται και η άθροιση αυτών των γινομένων για τον υπολογισμό μέρος του τύπου 7.1. δηλαδή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου.

```
48      subroutine arx3(sum_ps_l)
49      real, intent(out) :: sum_ps_l
50      integer counter, i
51      real ps, l
52
53      sum_ps_l=0
54      open (11, file='file3.txt', status='old')
55      read (11, 10, iostat=ier) counter
56      do i=1, counter
57          read (11, 12, iostat=ier) ps
58          read (11, 12, iostat=ier) l
59          sum_ps_l=sum_ps_l+ps*l
60      end do
61 10      format (I3)
62 12      format (F5.2)
63      end subroutine
```

Εικόνα 9.7. Υποπρόγραμμα arx3.

9.2.3. Υποπρόγραμμα 3: subroutine arx1(perYl, elyl, pyl, cyl, NYl,IYLSTR, mylika,u)

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας όλων των δομικών στοιχείων βάση της σχέσης 5.1. της παρούσας διπλωματικής. Αρχικά το πρόγραμμα ζητάει τον κωδικό του δομικού στοιχείου από τον πίνακα 6 του παραρτήματος II από το 001 έως και το 009, που για λόγους εποπτείας επαναλαμβάνεται εδώ.



Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _w	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 6. Παραρτήματος II.

Στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να δώσει τον αριθμό των στρώσεων που έχει το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.

Για κάθε μια από αυτές τις στρώσεις, ζητείται το πάχος της και ο κωδικός της, όπως αυτός αναγράφεται στο αρχείο ylika.txt.

Με την εισαγωγή αυτών των δεδομένων το πρόγραμμα υπολογίζει την σχέση 4.4. της διπλωματικής με την ονομασία sum.

Κατόπιν, για να υπολογίσουμε την θερμική αντίσταση του μη αεριζομένου στρώματος αέρα R_s , ζητείται το πάχος της ακινητης στρώσης του αέρα. Εάν δοθεί μηδέν τότε κατευθείαν θεωρούμε ότι $R_s=0$, διαφορετικά ζητείται η ανακλαστική επιφάνεια στην πλευρά του διακένου και η φορά ροής. Έχοντας αυτά ως δεδομένα, το πρόγραμμα καλεί την συνάρτηση **PinakasKanonismou** και υπολογίζει το R_s με βάση τον πίνακα 4α του παραρτήματος II, που για λόγους εποπτείας επαναλαμβάνεται εδώ.

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Χωρίς ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,80$) σε καμιά πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,05$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
5	0,11	0,11	0,11	0,19	0,19	0,19
7	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26
10	0,15					
15	0,17					
25	0,18					
50	0,18					
100	0,18					
300	0,18					

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,10$) στη μία πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,20$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
5	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
7	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22
10	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29	0,29
15	0,46	0,41	0,46	0,38	0,34	0,38
25	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,50
50	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,67
100	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75
300	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75

Πίνακας 4α. Παραρτήματος II.

Για να υπολογισθούν και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης R_i , R_a το πρόγραμμα ζητάει την παράμετρο α_i δηλαδή, τον τύπο του δομικού στοιχείου με βάση τον πίνακα 3β από το 001 έως και το 008. Το πρόγραμμα καλεί το υποπρόγραμμα **pin3b** το οποίο υπολογίζει τις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης που ζητάμε με βάση τον πίνακα 3β που φαίνεται και εδώ.

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		$W/(m^2 \cdot K)$	$W/(m^2 \cdot K)$	$(m^2 \cdot K)/W$	$(m^2 \cdot K)/W$
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	-	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	-	0,17	0,00

Πίνακας 3β. Παράρτημα II.

Με υπολογισμένες αυτές τις παραμέτρους έχουμε την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που θέλουμε με βάση την σχέση 5.1.

9.2.4. Υποπρόγραμμα 4: arx2(u, u2, logos_av, sum, sum_embadon, um_max)

Στο υποπρόγραμμα 3, υπολογίστηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, ωστόσο, για κάποια είδη δομικών στοιχείων πρέπει να διορθωθεί αυτός ο συντελεστής. Τα δομικά στοιχεία αυτά είναι:

1. εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα
2. εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος
3. δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτές)
4. δάπεδα σε επαφή με το έδαφος
5. διαφανή δομικά στοιχεία

Αυτήν τη διόρθωση, που είναι απαραίτητη για τους υπολογισμούς, κάνει το υποπρόγραμμα 4.

Αρχικά ζητείται το πλήθος των δομικών στοιχείων αλλά και η κλιματική ζώνη που ανήκει το προς εξέταση κτίριο.

Κατόπιν, για κάθε δομικό στοιχείο, ζητείται το είδος του με βάση την αρίθμηση του πίνακα 6 στο παράρτημα II το εμβαδόν του σε m^2 αλλά και ένας συντελεστής w . Σε περίπτωση που για μέρος των δομικών στοιχείων ή και για το σύνολό τους, γνωρίζουμε το συντελεστή θερμοπερατότητας, τότε το w είναι η τιμή αυτού. Διαφορετικά, δίνουμε μία αρνητική τιμή σε αυτόν τον συντελεστή.

Με βάση την αρίθμηση του πίνακα 6, το είδος του δομικού στοιχείου είναι:

1. 002 ή 005 δηλαδή, κατακόρυφο δομικό στοιχείο, σε επαφή με το έδαφος. Το πρόγραμμα ζητάει το z , δηλαδή, το βάθος στο οποίο εκτείνεται αυτός ο τοίχος.

Έχοντας ως δεδομένο το z και σε συνδυασμό με τον συντελεστή θερμοπερατότητας που έχει ήδη υπολογιστεί από το υποπρόγραμμα 3 για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο, καλούμε το υποπρόγραμμα **pin9b** το οποίο και υπολογίζει τον τελικό και διορθωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου με βάση τον πίνακα 9β του παραρτήματος II.

z (m)	Ονομαστικός συντελεστής U_{TB} [W/(m ² ·K)]											
	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
0,50	2,14	1,70	1,30	1,06	0,77	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,35	0,27
1,00	1,59	1,31	1,05	0,88	0,67	0,62	0,57	0,51	0,45	0,39	0,32	0,25
1,50	1,30	1,09	0,89	0,76	0,59	0,55	0,51	0,47	0,42	0,36	0,30	0,24
2,00	1,10	0,94	0,78	0,68	0,54	0,50	0,47	0,43	0,39	0,34	0,29	0,23
2,50	0,97	0,83	0,70	0,61	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
3,00	0,87	0,75	0,64	0,56	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,26	0,21
4,50	0,67	0,59	0,51	0,45	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,26	0,23	0,19
6,00	0,56	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,17
9,00	0,42	0,38	0,33	0,30	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15

Πίνακας 9β. Παράρτημα II.

- 003 ή 007 δηλαδή δάπεδο σε επαφή με το έδαφος ή πιλοτές. Το πρόγραμμα ζητάει το βάθος έδρασης της πλάκας z, όπως αυτό αναφέρεται στην ενότητα 5.1.6. την περίμετρο αλλά και το εμβαδόν της πλάκας για τα οποία γίνεται εκτενής αναφορά στην ίδια παράγραφο. Με βάση αυτά, υπολογίζεται η χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας B' .

Τέλος, καλείται το υποπρόγραμμα **pin9a** το οποίο αξιοποιώντας ως δεδομένα την B' τη θερμοπερατότητα από το υποπρογραμμα 3, το z αλλά και βασιζόμενο στον πίνακα 9α του παραρτήματος II υπολογίζει τον ισοδύναμο συντελεστή θερμοπερατότητας.

Θερμομαστικός συντελεστής U_{FB} [W/(m ² ·K)]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
0,60	0,00	0,43	0,36	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
	0,50	0,41	0,35	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,00	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,50	0,37	0,32	0,28	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	2,00	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	2,50	0,34	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	3,00	0,33	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	4,50	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,26	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
0,50	0,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	0,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	1,00	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	1,50	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,50	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,12
	3,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11
	4,50	0,27	0,24	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
9,00	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	

Τμήμα του πίνακα 9α. Παράρτημα II.

3. 008 δηλαδή τα διαφανή δομικά στοιχεία, κουφώματα. Σε αυτή την περίπτωση ζητείται:

- ❖ από τον πίνακα 11 του παραρτήματος II: το υλικό του πλαισίου και το χαρακτηριστικό του πλαισίου. Υπολογίζουμε με αυτά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου U_f .
- ❖ Από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II: ο τύπος της υάλωσης, το είδος του υαλοπίνακα, οι διαστάσεις και ο τύπος του αερίου στο διάκενο των υαλοπινάκων.
- ❖ Από τον πίνακα 10 του παραρτήματος II, το ισοδύναμο πλάτος του πλαισίου αλλά και η επιλογή μεταξύ των πινάκων 10α, 10β, 10γ, 10δ αναλόγως του κουφώματος.

Το υποπρόγραμμα κατόπιν καλεί τα υποπρογράμματα **pinakas11** και **pinakas12** για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου U_f αλλά και το συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα U_g . Με τα U_f , U_g και το ισοδύναμο πλάτος του πλαισίου γνωστά, αλλά και με την επιλογή του πίνακα 10α, 10β, 10γ ή 10δ υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος που ζητείται.

Εφόσον έχουμε υπολογίσει όλους τους συντελεστές θερμοπερατότητας τώρα, θα γίνουν οι έλεγχοι με τις μέγιστες τιμές του κανονισμού.

Με γνωστό το είδος της κλιματικής ζώνης, το οποίο έχει οριστεί, αλλά και με γνωστά τα είδη των δομικών στοιχείων το πρόγραμμα καλεί το υποπρόγραμμα **elenxos1**. Με αυτό το υποπρόγραμμα υπολογίζονται οι μέγιστες τιμές θερμοπερατότητας όλων των δομικών στοιχείων με βάση τον πίνακα 6 του παραρτήματος II.

Εάν η τιμή που προκύπτει από το υποπρόγραμμα **elenxos1** είναι πράγματι μεγαλύτερη από την τιμή θερμοπερατότητας του αντίστοιχου δομικού στοιχείου, τότε εμφανίζεται το μήνυμα : "katallilo domiko stoiceio " και δεξιά, ο κωδικός του δομικού στοιχείου. Αλλιώς, εάν είναι μικρότερη, εμφανίζεται : "den einai katallilo domiko stoiceio " και δεξιά ομοίως, ο κωδικός του δομικού στοιχείου.

Έπειτα, το υποπρόγραμμα διαβάζει τον όγκο του κτιρίου και το εμβαδόν των εξωτερικών επιφανειών όπως αυτά αναλύονται στην ενότητα 4.2. της παρούσας διπλωματικής.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η σχέση 7.1. δηλαδή, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, με την ονομασία **umk**.

Ακόμη, το πρόγραμμα υπολογίζει τον λόγο του εμβαδού των εξωτερικών επιφανειών προς τον όγκο με τον όρο **logos_av**.

Έπειτα, καλείται το υποπρόγραμμα **elenxos2** με σκοπό να υπολογίσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, με βάση τον πίνακα 7 του παραρτήματος II. Ειδική αναφορά για τον συντελεστή γίνεται στην ενότητα 7.1.

Το υποπρόγραμμα συγκρίνει τώρα, την μέγιστη αυτή τιμή με τον μέσο συντελεστή όλου του κτιρίου **umk**.

- ❖ Σε περίπτωση που ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι μεγαλύτερος εμφανίζεται στην οθόνη το μήνυμα: "**mesos sintelestis thermoperatotitas olou tou ktiriou einai katallilos**"
- ❖ Σε περίπτωση που ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι μικρότερος εμφανίζεται στην οθόνη το μήνυμα: "**lan8asmeni timi tou mesou sintelesti thermoperatotitas**"

Στο τέλος του υποπρογράμματος τυπώνεται και η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας.

Υπάρχουν ακόμα εννέα υποπρογράμματα και συναρτήσεις στο πρόγραμμα, κάθε ένα από τα οποία διαβάζει και έναν πίνακα. Παράκατω, ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή για κάθε ένα από αυτά.

9.2.5. Υποπρόγραμμα 5: elenxos1(klimatiki_zoni, idos_domikou)

Με δεδομένη την κλιματική ζώνη που ανήκει το κτίριο αλλά και το είδος του δομικού στοιχείου, υπολογίζει την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο. Πηγή δεδομένων για αυτό το υποπρόγραμμα είναι ο πίνακας 6 του παραρτήματος II.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 6. Παράρτημα II.

9.2.6. Υποπρόγραμμα 6: elenxos2(avx, i)

Με βάση των λόγο εμβαδόν των εξωτερικών επιφανειών προς τον όγκο του κτιρίου αλλά και την κλιματική ζώνη, υπολογίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας. Οι υπολογισμοί βασίζονται στον πίνακα 7 του παραρτήματος II. Σε περίπτωση που η τιμή του λόγου δεν είναι μια από αυτές που έχει ο πίνακας η τιμή βρίσκεται με γραμμική παρεμβολή.

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Πίνακας 7. Παράρτημα ΙΙ.

9.2.7. Υποπρόγραμμα 7: rin3b(i, ri, ra)

Με μοναδικό δεδομένο το είδος του δομικού στοιχείου, υπολογίζει τις τιμές των συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης με βάση τον πίνακα 3β του παραρτήματος ΙΙ.

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

Πίνακας 3β. Παράρτημα ΙΙ.

9.2.8. Υποπρόγραμμα 8: PinakasKanonismou(E, Paxos, n)

Υπολογίζει την θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα, ευρισκόμενου πρακτικά σε κατάσταση ηρεμίας (R_s) με βάση τον πίνακα 4α του παραρτήματος II. Οι τιμές που χρειάζεται ως δεδομένα είναι το πάχος της ακίνητης στρώσης του αέρα, η φορά της ροής του και η ανακλαστική επιφάνεια στην πλευρά του διακένου. Παρουσίαση αυτών των μεγεθών δίνεται στις παραγράφους 5.1.1, 5.1.2,, 5.1.3, 5.1.4. Σε αυτό το υποπρόγραμμα είναι πιθανόν να πραγματοποιηθεί διπλή γραμμική παρεμβολή, για την καλύτερη ακρίβεια των τιμών.

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Χωρίς ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,80$) σε καμιά πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,05$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W
5	0,11	0,11	0,11	0,19	0,19	0,19
7	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26
10	0,15	0				
15	0,17	0				
25	0,18	0				
50	0,18	0				
100	0,18	0				
300	0,18	0				

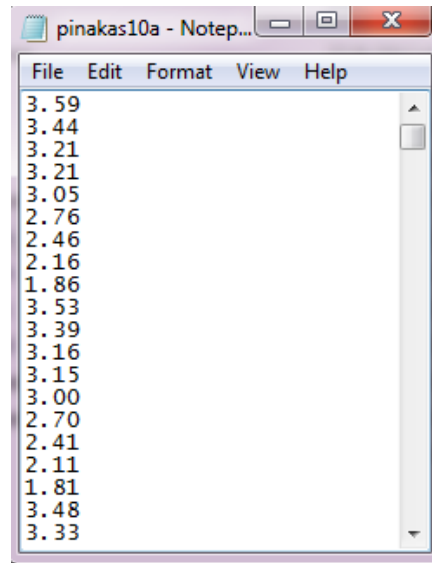
Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,10$) στη μία πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,20$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W	m ² -K/W
5	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
7	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22
10	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29	0,29
15	0,46	0,41	0,46	0,38	0,34	0,38
25	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,50

Πίνακας 4α. Παράρτημα II.

9.2.9. Υποπρόγραμμα 9: pinakas10a(isodinamo_platos, uf, ug)

Υπολογίζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας U_w του κουφώματος με βάση τον πίνακα 10α του παραρτήματος II. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων του πίνακα 10α αυτά, δεν αναφέρονται μέσα στο υποπρόγραμμα αλλά διαβάζονται από το αρχείο pinakas10a.txt τμήμα του οποίου φαίνεται παρακάτω.

Σε αυτό το υποπρόγραμμα γίνεται διπλή γραμμική παρεμβολή για τις ενδιάμεσες τιμές.



Εικόνα 9.5. Αρχείο pinakas10a.

Ακολουθούν άλλα 3 υποπρογράμματα πανομοιότυπα με το 9 τα οποία έχουν την ίδια λειτουργία για τους πίνακες 10β, 10γ και 10δ του παραρτήματος II.

9.2.10. Υποπρόγραμμα 10: pin9a(u,z,b)

Υπολογίζει τον ισοδύναμο συντελεστή θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος, με βάση τον πίνακα 9α του παραρτήματος II. Τα δεδομένα αυτού του πίνακα αν και έχουν μεγάλο όγκο, δεν διαβάζονται από αρχείο αλλά μέσα από το πρόγραμμα. Σε αυτό το υποπρόγραμμα γίνεται τριπλή γραμμική παρεμβολή για τις ενδιάμεσες τιμές. Ως δεδομένα χρησιμοποιούνται ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας που υπολογίσθηκε από το υποπρόγραμμα 3, η χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας και το βάθος έδρασης τα οποία αναλύονται στην παράγραφο 5.1.6.

Ονομαστικός συντελεστής U_{FB} [W/(m ² ·K)]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
4,50	0,00	1,21	0,83	0,64	0,53	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,20
	0,50	1,05	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	1,00	0,92	0,68	0,54	0,45	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,50	0,82	0,62	0,50	0,42	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	2,00	0,74	0,57	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,50	0,67	0,53	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	3,00	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	6,00	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
9,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
3,00	0,00	1,06	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	0,50	0,93	0,68	0,54	0,46	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,00	0,83	0,63	0,51	0,43	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	1,50	0,74	0,58	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,00	0,68	0,54	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	2,50	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	3,00	0,58	0,47	0,40	0,34	0,31	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,47	0,40	0,34	0,30	0,27	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14
	6,00	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
9,00	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	

Πίνακας 9α. Παράρτημα II.

9.2.11. Υποπρόγραμμα 11: rin9b(z,u)

Υπολογίζει τον ισοδύναμο συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας ευρισκόμενου από το υποπρόγραμμα 3 που εκτείνεται σε βάθος z, δοσμένο από τον χρήστη. Λειτουργεί με βάση τον πίνακα 9β του παραρτήματος II με διπλή γραμμική παρεμβολή, για τις ενδιάμεσες τιμές.

z (m)	Ονομαστικός συντελεστής U_{TB} [W/(m ² ·K)]											
	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
0,50	2,14	1,70	1,30	1,06	0,77	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,35	0,27
1,00	1,59	1,31	1,05	0,88	0,67	0,62	0,57	0,51	0,45	0,39	0,32	0,25
1,50	1,30	1,09	0,89	0,76	0,59	0,55	0,51	0,47	0,42	0,36	0,30	0,24
2,00	1,10	0,94	0,78	0,68	0,54	0,50	0,47	0,43	0,39	0,34	0,29	0,23
2,50	0,97	0,83	0,70	0,61	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
3,00	0,87	0,75	0,64	0,56	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,26	0,21
4,50	0,67	0,59	0,51	0,45	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,26	0,23	0,19
6,00	0,56	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,17
9,00	0,42	0,38	0,33	0,30	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15

Πίνακας 9β. Παράρτημα II.

9.2.12. Υποπρόγραμμα 12: pinakas12(i, j, k, l)

Υπολογίζει τις τυπικές τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, με βάση τον πίνακα 12 του παραρτήματος II. Για να υπολογισθεί χρειάζεται ο τύπος της υάλωσης, ο τύπος του υαλοπίνακα, οι διαστάσεις του και ο τύπος του αερίου στο διάκενο των υαλοπινάκων.

Υάλωση			U_g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 12. Παράρτημα II.

9.2.13. Κύριο πρόγραμμα: etst1

Ο σκοπός του κύριου προγράμματος είναι επιτελικός. Το πρόγραμμα καλεί τα υποπρογράμματα 1, 3 και 4 τα οποία κάνουν τους υπολογισμούς και τυπώνει τους συντελεστές θερμοπερατότητας.

```
1  program etst1
2  implicit none
3  real ri, ra, pas, rd, u, e
4  integer NY1, kodikos_stoixeiou, ari8mos_stroseon, kodikos_ilikou
5  integer final_number, fora_rois, i, ier, roi
6  integer mylika
7  parameter (mylika=20)
8  character (len=50), dimension(mylika) :: perY1
9  real PinakasKanonismou, GrammikhParembolh
10 real, dimension(mylika):: elyl, pyl, cyl, IYLSTR
11 real um, pinakas10c
12 real logos_av, sum, sum_embadon, um_max, u2
13
14
15
16 call readYlika(perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika)
17 call arx1(perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika,u)
18   write(*,*) "u=",u
19 call arx2(u, u2, logos_av, sum, sum_embadon, um_max)
20   write (*,*), u2
21 read(*,*) final_number
22 stop
23 end
```

Εικόνα 9.6. Κύριο πρόγραμμα.

9.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Το πρόγραμμα ελέγχεται με το παρακάτω παράδειγμα (σημειώσεις κ. Στάμου Αθανάσιου για το Ε.Μ.Π.).

Κτίριο μονόροφο κάτοησης 10×10 και μεικτού ύψους 3m, βρίσκεται στο νομό Αττικής σε υψόμετρο 150m και διαθέτει τα παρακάτω επιφανειακά στοιχεία κελύφους

- ❖ Εξωτερικοί τοίχοι από διπλό δομικό τοίχο με μόνωση στον πυρήνα $U_T=0,44 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$
- ❖ Μονωμένη οροφή από σκυρόδεμα $U_R=0,371 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$
- ❖ Δάπεδο από σκυρόδεμα με μόνωση σε πυλωτή $U_{FA}=0,382 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$
- ❖ Δύο μπαλκονόπορτες αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα διαστάσεων 2×2,20 m $U_w=2,8 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$

Οι τοίχοι διαθέτουν περίδεσμο ενίσχυσης (ύψους 10cm) πάνω από το πρέκι των κουφωμάτων.

9.3.1. Χειρωνακτικός έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κατά ΚΕΝΑΚ.

Πίνακας υπολογισμού U_m :

Όλοι οι μειωτικοί συντελεστές b είναι ίσοι με 1.

α/α	Δομικό στοιχείο	Διαστάσεις (m)	$A_i (m^2)$	$U_i (\frac{W}{m^2 \cdot K})$	$A_i \cdot U_i (\frac{W}{K})$
1	Οροφή	10*10	100	0,371	3,1
2	Δάπεδο	10*10	100	0,382	38,2
3	κουφώματα μπαλκονόπορτες	2 2*2,20	2*4,40=8,80	2,8	24,64
4	Τοίχοι	10*3,20	2*32=64	0,44	28,16
5	Τοίχοι με μπαλκόνι	10*3,20- 2*2,20	2*27,6=55,2	0,44	24,29
			328		152,39

α/α	θερμογέφυρα	μήκος $L_i(m)$	$\Psi_i \frac{W}{m \cdot K}$	$L_i \Psi_i (\frac{W}{K})$
1	ΕΞΓ-11	4*3=12	-0,2	-2,4
2	Δ-28	4*10=40	0,1	4
3	ΔΠ-11	4*10=40	0,65	26
4	ΠΡ-4	4*10=40	0,5	20
5	Λ-14	4*2,20=8,80	0,05	0,44
6	ΑΚ-14	2*2=4	0,3	1,2
7	ΑΚ-14	2*2=4	0,3	1,2
				50,44

Το κτίριο βρίσκεται στο νομό Αττικής και έτσι υπάγεται στην κλιματική ζώνη Β (επειδή $h < 150m$ δεν αλλάζουμε κλιματική ζώνη).

Έλεγχος για τη ζώνη Β

Οροφές (με αέρα) $U_R = 0,371 < U_{R,max} = 0,45$ $W / (m^2 \cdot K)$ εντάξει

Εξωτερικοί τοίχοι (με αέρα) $U_T = 0,440 < U_{T,max} = 0,50$ $W / (m^2 \cdot K)$ εντάξει

Δάπεδο (με αέρα – πυλωτή) $U_{FA} = 0,382 < U_{FA,max} = 0,45$ $W / (m^2 \cdot K)$ εντάξει

Κουφώματα $U_w = 2,800 < U_{w,max} = 3$ $W / (m^2 \cdot K)$ εντάξει

$$U_m = \frac{\sum A_j \cdot U_j \cdot b_j + \sum L_i \Psi_i b_i}{\sum A_j} = \frac{152,39 \frac{W}{K} + 50,44 \frac{W}{K}}{328 m^2} = 0,618 W / (m^2 \cdot K)$$

Ο όγκος που περικλείεται από την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου είναι :

$$V = 10 \cdot 10 \cdot 3,20 = 320 m^3 \quad \frac{A}{V} = \frac{328}{320} = 1,025 > 1 \rightarrow \frac{A}{V} = 1$$

Η ζώνη β αντιστοιχεί σε $\zeta = 2$ και από τον εμπειρικό τύπο (σημειώσεις Αθ. Στάμου):

$$U_{m,max} = 1,412 - 0,504 \frac{A}{V} - 0,084 \zeta = 1,412 - 0,504 \cdot 1 - 0,084 \cdot 2 = 0,74 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

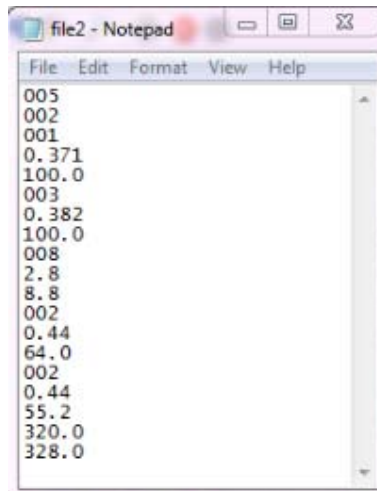
Έτσι, $U_m 0,618 < U_{m,max} = 0,74$ εντάξει

9.3.2. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας με το πρόγραμμα:

Για να τρέξει το πρόγραμμα πρέπει να συμπληρώσουμε τα αρχεία file2 και file3. Στο αρχείο file 2 τοποθετούμε τα παρακάτω δεδομένα:

Πλήθος δομικών στοιχείων:	005
Κλιματική ζώνη:	002
Είδος δομικού:	001
W:	0.371
Εμβαδόν δομικού:	100
Είδος δομικού:	003
W:	0.382
Εμβαδόν δομικού:	100
Είδος δομικού:	008
W:	2,8
Εμβαδόν δομικού:	8,8
Είδος δομικού:	002
W:	0.44
Εμβαδόν δομικού:	64,0
Είδος δομικού:	002
W:	0.44
Εμβαδόν δομικού:	55,2
Όγκος κτιρίου:	320,0
Εμβαδόν εξωτερικών επιφανειών:	328,0

Το περιεχόμενο του file2 φαίνεται στην εικόνα 9.7.

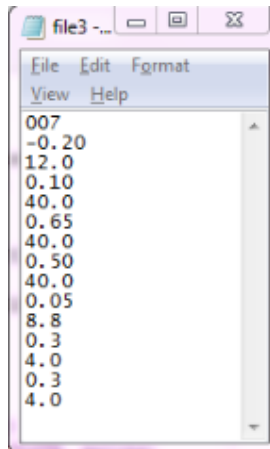


Εικόνα 9.7. File2.

Στο αρχείο file3 τοποθετούμε τα παρακάτω δεδομένα:

Counter:	007
Ψ:	-0.20
l:	12.0
Ψ:	0.10
l:	40.0
Ψ:	0.65
l:	40.0
Ψ:	0.50
l:	40.0
Ψ:	0.05
l:	8.80
Ψ:	0.30
l:	4.0
Ψ:	0.30
l:	4.0

Το περιεχόμενο file3 φαίνεται στην Εικόνα 9.8.



Εικόνα 9.8. File 2.

Εφόσον έχουν συμπληρωθεί οι δύο φάκελοι δεδομένων “τρέχουμε” το πρόγραμμα και εμφανίζεται στην οθόνη:

```
C:\Users\Marilena\Desktop\diplomatiki\20082013\PROGRAMMA\codexthermo.exe
katallilo domiko stoiceio      1
katallilo domiko stoiceio      3
katallilo domiko stoiceio      8
katallilo domiko stoiceio      2
katallilo domiko stoiceio      2
anx= 1.0250000      i=      2
ummax= 0.73000002
mesos sintelestis thermooperatotitas oλου του      ktiriou einai katallilos
um= 0.61837798
```

Εικόνα 9.9. Εμφάνιση αποτελεσμάτων.

Βλέπουμε ότι το πρόγραμμα έχει τα ίδια αποτελέσματα με το παράδειγμα που λύθηκε στο χέρι.

Για την ακρίβεια μας ενημερώνει, ότι:

- ❖ Είναι κατάλληλο το δομικό στοιχείο του οποίου ο κωδικός φαίνεται δεξιά.
- ❖ Ο λόγος εμβαδόν προς όγκο anx είναι 1.025 και $i=2$ δηλαδή Β κλιματική ζώνη
- ❖ Ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι 0,73
- ❖ και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι 0,618

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας «θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» έχει αποδοθεί με απλό και κατανοητό τρόπο ακόμα και για τον μη εξοικειωμένο χρήστη.

Αυτό συμβαίνει για να επιτευχθεί ο βασικός στόχος του προγράμματος, που είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου στους υπολογισμούς σε μια σειρά από τύπους, σχέσεις και πίνακες σε ένα πρόγραμμα με ελεύθερη πρόσβαση στον κάθε ένα.

Ο τρόπος δόμησης του προγράμματος, μέσω αρχείων, επιτρέπει με ευκολία να μεταβληθούν δεδομένα που ίσως αλλάξουν σε μελλοντικές τεχνικές οδηγίες.

Επειδή η παρούσα διπλωματική είναι η πρώτη που ασχολείται με προγραμματισμό της θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου, δίνονται πολλές δυνατότητες για περαιτέρω προσθήκες στον κώδικα:

- ❖ Να συνεργαστεί με πρόγραμμα cad για απευθείας υπολογισμό και αποτέλεσμα μέσω δεδομένων από σχέδιο ή ακόμα και μια γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.
- ❖ Να γίνει σαν επέκταση, μια προσομοίωση των θερμικών απωλειών και προσόδων του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος.
- ❖ Θα μπορούσε ακόμη, η είσοδος των δεδομένων αλλά και η απεικόνιση των αποτελεσμάτων, να γίνει πιο φιλική προς το χρήστη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

Σύμβολα

Ερμηνεία

Peryl	Η ονομασία-περιγραφή του κάθε υλικού όπως αυτή αναγράφεται στο αρχείο ylika.txt
elyl	Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ, βρίσκεται στο αρχείο ylika.txt
pyl	Η πυκνότητα από το αρχείο ylika.txt
cyl	Η ειδική θερμοχωρητικότητα από το ylika.txt
Nyl	Το πλήθος των υλικών από το αρχείο ylika.txt
Iylstr	Ο τριψήφιος κωδικός κάθε υλικού, από το ylika.txt
Mylika	Ορίζει το πλήθος των υλικών ώστε να είναι εύκολη προσθήκη υλικών στο μέλλον
Sum_ps_l	Το άθροισμα του συντελεστή θερμοπερατότητας ψ με το αντίστοιχο μήκος της θερμογέφυρας l
Counter	Το διπλάσιο του πλήθους των ζευγών ψ, l
Ps	Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ψ
l	Το μήκος της θερμογέφυρας
um	μέρος του τύπου για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου
u	Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων
u2	Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου μετά την διόρθωση από τους κατάλληλους πίνακες

logos_av	Οι εξωτερικές επιφάνειες προς τον όγκο του κτιρίου
klimatiki_zoni	Η επιλογή της κλιματικής ζώνης
idos_domikou	Η επιλογή του δομικού στοιχείου με την αρίθμηση του πίνακα 6 του παραρτήματος II
iliko_plaisiou	Η επιλογή από τον πίνακα 11 του παραρτήματος II για το υλικό του πλαισίου
xar_plaisiou	Η επιλογή από τον πίνακα 11 του παραρτήματος II για το χαρακτηριστικό του πλαισίου
tipos_ialosis	Η επιλογή από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II για τον τύπο της υάλωσης
ialopinakas	Η επιλογή από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II για το είδος του υαλοπίνακα
diastaseis	Η επιλογή από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II για τις διαστάσεις του υαλοπίνακα
tipos_aerion	Η επιλογή από τον πίνακα 12 του παραρτήματος II για τον τύπο του αερίου στο διάκενο του υαλοπίνακα
epilogi_pinaka	Η επιλογή του πίνακα σχετικά με το κούφωμα από τους 10α, 10β, 10γ, 10δ του παραρτήματος II
isodinamo_platos	Η επιλογή του ισοδύναμου πλάτους από τον πίνακα 10
plithos_domikon	Ο αριθμός των δομικών στοιχείων που πρόκειται να λάβουμε υπόψη.
embadon_domikou	Το εμβαδόν κάθε δομικού στοιχείου
perimetros_plakas	Η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας
embadon_exo	Το εμβαδόν των εξωτερικών επιφανειών που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτιρίου
embadon_plakas	Το εμβαδόν της πλάκας
z	Το βάθος έδρασης

w	Το πρόσημο του επηρεάζει την εκτέλεση του κώδικα
uf	Ο συντελεστής της θερμοπερατότητας του πλαισίου
ug	Ο συντελεστής της θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα
um_max	Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας
test_u2	Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας
ri	Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο
ra	Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον
pas	Η επιλογή του πάχους της ακίνητης στρώσης αέρα από τον πίνακα 4 ^α του παραρτήματος II
rd	Θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα από τον πίνακα 4 ^α του παραρτήματος II
e	Η ανακλαστική επιφάνεια
fora_rois	Η επιλογή ης ροής από τον πίνακα 4α στο παράρτημα II
kodikos_stoixeiou	Η επιλογή του δομικού στοιχείου η οποία γίνεται με βάση την στοίχιση του πίνακα 6 παραρτήματος II
aridmos_stroseon	Το πλήθος των στρώσεων των υλικών για ένα δομικό στοιχείο
final_number	Αριθμός που όταν γίνει αρνητικός τερματίζει το υποπρόγραμμα
roi	Η επιλογή του δομικού στοιχείου για τον πίνακα 3β παραρτήματος II
paxos	Το πάχος της κάθε στρώσης για ένα δομικό στοιχείο

Επιλογή γλώσσας

Η γλώσσα **FORTTRAN** (από τα αρχικά **FOR**mulae **TRAN**slator - μεταφραστής τύπων) είναι μία από τις πρώτες γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, η οποία χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε επιστημονικές αλλά και σε εμπορικές εφαρμογές. Δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1950 από την IBM και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Αρχικά η FORTRAN ήταν προσανατολισμένη στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων.

Επελέγη η γλώσσα αυτή για την διπλωματική εργασία διότι :

- ❖ Η FORTRAN είναι η απλούστερη στην εκμάθηση και η ταχύτερη σε μαθηματικούς υπολογισμούς, γλώσσα προγραμματισμού.
- ❖ Η FORTRAN διδάσκεται για δεκαετίες στη πλειοψηφία των Πολυτεχνικών & Τεχνολογικών σχολών όπως και στο Μετσόβιο πολυτεχνείο, και το 90% του τεχνικού λογισμικού έχει γραφτεί σε κάποια από τις εκδόσεις της.
- ❖ Η γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN ανανεώνεται συνεχώς. Το πρότυπο 2003 της fortran προσδίδει στη Fortran αντικείμενα και το τελευταίο πρότυπο 2008 εγγενή υποστήριξη παράλληλης επεξεργασίας που απουσιάζει από πολλές γλώσσες προγραμματισμού (π.χ. C/C++).

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

```
program etst1
  implicit none
  real ri, ra, pas, rd, u, e
  integer NY1, kodikos_stoixeiou, ari8mos_stroseon, kodikos_ilikou
  integer final_number, fora_rois, i, ier, roi
  integer mylika
  parameter (mylika=20)
  character (len=50), dimension(mylika) :: perY1
  real PinakasKanonismou, GrammikhParembolh
  real, dimension(mylika):: elyl, pyl, cyl, IYLSTR
  real um, pinakas10c
  real logos_av, sum, sum_embadon, um_max, u2
```

```
call readYlika(perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika)
call arx1(perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika,u)
  write(*,*) "u=",u
call arx2(u, u2, logos_av, sum, sum_embadon, um_max)
  write (*,*) , u2
read(*,*) final_number
stop
end
```

```
C -----
subroutine readYlika (perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika)
  integer mylika, NY1
  character (len=50), dimension(mylika), intent(inout) :: perY1

  real, dimension(mylika), intent(inout):: elyl, pyl, cyl, IYLSTR
  open (11, file='ylika.txt', status='old')
  do i=1, mylika
    read (11, 15, iostat=ier) k, perY1(i), elyl(i),
    &  pyl(i), cyl(i)
15    format (I3, 2X, a50, f15.0, f15.0, f15.0)
    if (k .ne. i) stop 'Laqos ariiqmhsh ylikwn'
    if (ier .gt. 0) stop 'Syntax error reading ylika.txt'
    if (ier .lt. 0) then
      NY1 = i - 1
      return
    end if
    IF (elyl(I).LE.0.0.OR.pyl(I).LT.10.0.OR.cyl(I).LT.100.0)
    &  STOP 'MH APODEKTH TIMH'
  end do
  stop 'Too many materials >20'
end
```

```
C -----
subroutine arx3(sum_ps_1)
```

```

real, intent(out) :: sum_ps_l
integer counter, i
real ps, l

sum_ps_l=0
open (11, file='file3.txt', status='old')
read (11, 10, iostat=ier) counter
do i=1, counter
  read (11, 12, iostat=ier) ps
  read (11, 12, iostat=ier) l
  sum_ps_l=sum_ps_l+ps*l
end do
10  format (I3)
12  format (F5.2)
end subroutine
C  -----
function um(sum, sum_embadon, sum_ps_l)
real sum, sum_embadon, sum_ps_l
um= (sum + sum_ps_l)/sum_embadon
return
end
C  -----
subroutine arx2(u, u2, logos_av, sum, sum_embadon, um_max)
real pinakas10a, pinakas10b, tempa, tempb
real pinakas10c, pinakas10d, tempc, tempd
real pinakas9b, tempbb
real pinakas9a, tempaa
real, intent(in) :: u
real, intent(out) :: u2, logos_av, sum, sum_embadon, um_max
integer klimatiki_zoni, idos_domikou, iliko_plaisiou
integer xar_plaisiou, tipos_ialosis, ialopinakas, diastaseis
integer tipos_aerion, epilogi_pinaka, isodinamo_platos
integer plithos_domikon, i
real w, embadon_domikou, z, perimetros_plakas, embadon_exo
real embadon_plakas, btonos, ogkos_ktiriou
real elenxos1, umk, sum_ps_l

sum=0
open (11, file='file2.txt', status='old')
read (11, 10, iostat=ier) plithos_domikon
read (11, 10, iostat=ier) klimatiki_zoni
do i=1, plithos_domikon
read (11, 10, iostat=ier) idos_domikou
read (11, 12, iostat=ier) w
if (w.le. 0) then
  w=abs(w)
  read (11, 12, iostat=ier) embadon_domikou
  if (idos_domikou .eq. 2 . or. idos_domikou .eq. 5) then
    read (11, 12, iostat=ier) z
    !8a kaleso ton pinaka 9b dinontas u, z

    tempbb=pin9b(z,u)

```

```

else if (idos_domikou .eq.3 .or. idos_domikou .eq.7) then
  read (11, 12, iostat=ier) z
  read (11, 12, iostat=ier) perimetros_plakas
  read (11, 12, iostat=ier) embadon_plakas
  btonos=2*embadon_plakas/perimetros_plakas
  !pinakas 9a btonos, z, u

  tempaa=pin9a(u,z,btonos)
else if (idos_domikou.eq.8) then
  read (11, 10, iostat=ier) iliko_plaisiou
  read (11, 10, iostat=ier) xar_plaisiou
  read (11, 10, iostat=ier) tipos_ialosis
  read (11, 10, iostat=ier) ialopinakas
  read (11, 10, iostat=ier) diastaseis
  read (11, 10, iostat=ier) tipos_aerion
  read (11, 10, iostat=ier) isodinamo_platos
  read (11, 10, iostat=ier) epilogi_pinaka
  uf=pinakas11(iliko_plaisiou,xar_plaisiou)
  ug=pinakas12(tipos_ialosis,ialopinakas,diastaseis,
& tipos_aerion)

  select case (epilogi_pinaka)
  case (1)

  tempa=pinakas10a(isodinamo_platos, uf, ug)
  case (2)

  tempb=pinakas10b(isodinamo_platos, uf, ug)
  case (3)

  tempc=pinakas10c(isodinamo_platos, uf, ug)
  case (4)

  tempd=pinakas10d(isodinamo_platos, uf, ug)
  end select
else
  u2=u
end if
else
  u2=w
  read (11, 12, iostat=ier) embadon_domikou
endif
test_u2=elenxos1(klimatiki_zoni, idos_domikou)
if (test_u2.ge. u2) then
  write (*,*) "katallilo domiko stoixeio ", idos_domikou
else
  write (*,*) "den einai katallilo domiko stoixeio ",
& idos_domikou
end if
sum=sum+embadon_domikou * u2
sum_embadon=sum_embadon+embadon_domikou
end do

```

```

read (11, 12, iostat=ier) ogkos_ktiriou
read (11, 12, iostat=ier) embadon_exo
call arx3(sum_ps_1)
umk=um(sum, sum_embadon, sum_ps_1)
logos_av=embadon_exo / ogkos_ktiriou
um_max=elenxos2(logos_av, klimatiki_zoni)
if (um_max .ge. umk) then
  write (*,*) "mesos sintelestis thermoperatotitas olou tou
& ktiriou einai katallilos"
else
  write(*,*) "lan8asmeni timi tou mesou sintelesti thermopera
& totitas"
end if
write (*,*) "um=",umk
10  format (I3)
12  format (F5.2)
end

```

C -----

```

real function elenxos1(klimatiki_zoni, idos_domikou)
integer klimatiki_zoni, idos_domikou
real ur(9,4)
ur(1,1)=0.50
ur(1,2)=0.45
ur(1,3)=0.40
ur(1,4)=0.35
ur(2,1)=0.60
ur(2,2)=0.50
ur(2,3)=0.45
ur(2,4)=0.40
ur(3,1)=0.50
ur(3,2)=0.45
ur(3,3)=0.40
ur(3,4)=0.35
ur(4,1)=1.50
ur(4,2)=1.00
ur(4,3)=0.80
ur(4,4)=0.70
ur(5,1)=1.50
ur(5,2)=1.00
ur(5,3)=0.80
ur(5,4)=0.70
ur(6,1)=1.20
ur(6,2)=0.90
ur(6,3)=0.75
ur(6,4)=0.70
ur(7,1)=1.20
ur(7,2)=0.90
ur(7,3)=0.75
ur(7,4)=0.70
ur(8,1)=3.20
ur(8,2)=3.00
ur(8,3)=2.80

```

```

ur(8,4)=2.60
ur(9,1)=2.20
ur(9,2)=2.00
ur(9,3)=1.80
ur(9,4)=1.80
elenxos1=ur(klimatiki_zoni, idos_domikou)
return
end function

```

C -----

```

function elenxos2(avx, i)
! 'elegxos 2'
  real GrammikhParembolh
  real av(10)
  real t(40,40)
  integer i
  real avx
  av(1)=0.2
  av(2)=0.3
  av(3)=0.4
  av(4)=0.5
  av(5)=0.6
  av(6)=0.7
  av(7)=0.8
  av(8)=0.9
  av(9)=1.0
  t(1,1)=1.26
  t(1,2)=1.14
  t(1,3)=1.05
  t(1,4)=0.96
  t(2,1)=1.20
  t(2,2)=1.09
  t(2,3)=1.00
  t(2,4)=0.92
  t(3,1)=1.15
  t(3,2)=1.03
  t(3,3)=0.95
  t(3,4)=0.87
  t(4,1)=1.09
  t(4,2)=0.98
  t(4,3)=0.90
  t(4,4)=0.83
  t(5,1)=1.03
  t(5,2)=0.93
  t(5,3)=0.86
  t(5,4)=0.78
  t(6,1)=0.98
  t(6,2)=0.88
  t(6,3)=0.81
  t(6,4)=0.73
  t(7,1)=0.92
  t(7,2)=0.83
  t(7,3)=0.76

```

```

t(7,4)=0.69
t(8,1)=0.86
t(8,2)=0.78
t(8,3)=0.71
t(8,4)=0.64
t(9,1)=0.81
t(9,2)=0.73
t(9,3)=0.66
t(9,4)=0.60
write(*,*) "avx=",avx,"i=",i
if (avx.le. 0.2) then
  ummax=t(i,1)
else if (avx.ge.1.0) then
  ummax=t(9,i)
else
do j=1,9
  if (avx.eq.av(j)) then
    ummax=t(i,j)
  end if
end do
do k=1,9
  if (avx.gt.av(k).and.avx.lt.av(k+1)) then
    ummax=GrammikhParembolh(av(k),t(i,k),av(k+1),t(i,k+1),avx)
  end if
end do
end if
write (*,*)"ummax=",ummax
elenxos2= ummax
return
end

```

```

C -----
subroutine arx1(perY1, elyl, pyl, cyl, NY1,IYLSTR, mylika,u)
real sum, paxos
real ri, ra, pas, rd, e
real, intent(out) ::u
integer kodikos_stoixeiou, ari8mos_stroseon, kodikos_ilikou
integer final_number, fora_rois, i, ier, roi
integer mylika, NY1
character (len=50), dimension(mylika) :: perY1
real PinakasKanonismou, GrammikhParembolh
real, dimension(mylika):: elyl, pyl, cyl, IYLSTR
open (11, file='file1.txt', status='old')
read (11, 10, iostat=ier) kodikos_stoixeiou
10  format (I3)
12  format (F5.2)
read (11, 10, iostat=ier) ari8mos_stroseon
sum=0.0
do i=1, ari8mos_stroseon
  read (11, 12, iostat=ier) paxos
  read (11, 10, iostat=ier) kodikos_ilikou
  write (*,*) i, paxos, kodikos_ilikou
  sum=sum+paxos/elyl(kodikos_ilikou)

```

```

end do
read (11, 12, iostat=ier) pas
if (pas .eq. 0.0) then
  rd=0.0
  write (*,*) "rd=",rd
else
  read (11, 12, iostat=ier) e
  read (11, 10, iostat=ier) fora_rois
  rd=PinakasKanonismou(e, pas, fora_rois)
end if
read (11, 10, iostat=ier) roi
call pin3b(roi, ri, ra)
u=1/(sum+ri+ra+rd)
read (11,10, iostat=ier) final_number
close(11)
if (final_number .lt. 0) then
  write (*,*) "telos"
end if

  if (ier .gt. 0) stop 'Syntax error reading ylika.txt'
  if (ier .lt. 0) then
    write (*,*) "lathos"
  end if

```

```
end subroutine
```

```

C -----
subroutine pin3b(i, ri, ra)
!"ypologizei thn antistash thermikhs metabashs apo pinaka 3b."
integer i
real, intent (out) :: ri, ra
select case(i)
case (1)
  ri=0.13
  ra=0.04
case (2)
  ri=0.13
  ra=0.04
case (3)
  ri=0.13
  ra=0.00
case (4)
  ri=0.10
  ra=0.04
case (5)
  ri=0.10
  ra=0.10
case (6)
  ri=0.17
  ra=0.04
case (7)
  ri=0.17
  ra=0.17

```

```

case (8)
  ri=0.17
  ra=0.00
end select
end

```

```

C-----
real function PinakasKanonismou(E, Paxos, n)
implicit none

real :: E, Paxos, EPinaka(4), PaxosPinaka(8),
2 DeikthsPinaka(8,12), GrammikhParembolh, P1, P2
integer :: n, i, j

data EPinaka /0.05, 0.1, 0.2, 0.8/
data PaxosPinaka /5, 7, 10, 15, 25, 50, 100, 300/
data ((DeikthsPinaka(i,j), j=1,12), i=1,8) /
1 0.19, 0.19, 0.19, 0.18, 0.18, 0.18, 0.17, 0.17, 0.17, 0.11,
1 0.11, 0.11,

2 0.26, 0.26, 0.26, 0.25, 0.25, 0.25, 0.22, 0.22, 0.22, 0.13,
2 0.13, 0.13,

3 0.36, 0.36, 0.36, 0.33, 0.33, 0.33, 0.29, 0.29, 0.29, 0.15,
3 0.15, 0.15,

4 0.52, 0.45, 0.52, 0.46, 0.41, 0.46, 0.38, 0.34, 0.38, 0.17,
4 0.16, 0.17,

5 0.67, 0.45, 0.80, 0.57, 0.41, 0.66, 0.44, 0.34, 0.50, 0.18,
5 0.16, 0.19,

6 0.67, 0.45, 0.80, 0.57, 0.41, 0.66, 0.44, 0.34, 0.67, 0.18,
6 0.16, 0.21,

7 0.67, 0.45, 0.80, 0.57, 0.41, 0.66, 0.44, 0.34, 0.75, 0.18,
7 0.16, 0.22,

8 0.67, 0.45, 0.80, 0.57, 0.41, 0.66, 0.44, 0.34, 0.75, 0.18,
8 0.16, 0.23/

i = 0
do while ((i .LT. 4) .AND. (E .GT. EPinaka(i+1)))
  i = i+1
end do
if (i .EQ. 4) i = i-1
j = 0
do while ((j .LT. 8) .AND. (Paxos .GT. PaxosPinaka(j+1)))
  j = j+1
end do
if (j .EQ. 8) j = j-1
P1 = GrammikhParembolh(PaxosPinaka(j),
2 DeikthsPinaka(j,3*(i-1)+n),

```



```

3      PaxosPinaka(j+1),
4      DeikthsPinaka(j+1,3*(i-1)+n), Paxos)
P2 = GrammikhParembolh(PaxosPinaka(j), DeikthsPinaka(j,3*i+n),
2      PaxosPinaka(j+1),
3      DeikthsPinaka(j+1,3*i+n), Paxos)
PinakasKanonismou = GrammikhParembolh(EPinaka(i), P1,
2      EPinaka(i+1), P2, E)

end function PinakasKanonismou

```

C -----

```

real function pinakas10a(isodinamo_platos, uf, ug)
real uf, ug
integer isodinamo_platos, col1, col2

```

```

real pin10a(3,10,9)
write(*,*) "pinakas 10a"
write (*,*) isodinamo_platos, uf, ug
open (15,FILE='pinakas10a.txt')
do i=1,3
do j=1,10
do k=1,9
read(15,10) pin10a(i,j,k)
end do
end do
end do

```

```

10 format(F4.2)
write (*,*) uf, ug
z= uf
u=ug
if (z .eq. 2.8) then
  line1=1
  z1=2.8
else if (z.eq. 2.6) then
  line1=2
  z1=2.6
else if (z.eq. 2.4) then
  line1=3
  z1=2.4
else if (z.eq. 2.2) then
  line1=4
  z1=2.2
else if (z.eq. 2.0) then
  line1=5
  z1=2.0
else if (z.eq. 1.8) then
  line1=6
  z1=1.8
else if (z .eq. 1.6) then
  line1=7
  z1=1.6
else if (z.eq. 1.4) then
  line1=8

```

```
z1=1.4
else if (z.ge. 1.2) then
  line1=9
  z1=1.2
else if (z.ge. 1.0) then
  line1=10
  z1=1.0
else if (z.gt. 2.6 .and. z.lt. 2.8) then
  line1=1
  line2=2
  z1=2.8
  z2=2.6
else if (z.gt. 2.4 .and. z.lt. 2.6) then
  line1=2
  line2=3
  z1=2.6
  z2=2.4
else if (z.gt. 2.2 .and. z.lt. 2.4) then
  line1=3
  line2=4
  z1=2.4
  z2=2.2
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.2) then
  line1=4
  line2=5
  z1=2.2
  z2=2.0
else if (z.gt. 1.8 .and. z.lt. 2.0) then
  line1=5
  line2=6
  z1=2.0
  z2=1.8
else if (z.gt. 1.6 .and. z.lt. 1.8) then
  line1=6
  line2=7
  z1=1.8
  z2=1.6
else if (z.gt. 1.4 .and. z.lt. 1.6) then
  line1=7
  line2=8
  z1=1.6
  z2=1.4
else if (z.gt. 1.2 .and. z.lt. 1.4) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.4
  z2=1.2
else if (z.gt. 1.0 .and. z.lt. 1.2) then
  line1=9
  line2=10
  z1=1.2
  z2=1.0
```

```

end if

if (u.eq.3.3) then
  col1=1
  u1=3.3
else if (u.eq.3.1) then
  col1=2
  u1=3.1
else if (u.eq.2.8) then
  col1=3
  u1=2.8
else if (u.eq.2.6) then
  col1=4
  u1=2.6
else if (u.eq.2.4) then
  col1=5
  u1=2.4
else if (u.eq.2.0) then
  col1=6
  u1=2.0
else if (u.eq.1.6) then
  col1=7
  u1=1.6
else if (u.eq.1.2) then
  col1=8
  u1=1.2
else if (u.eq.0.8) then
  col1=9
  u1=0.8
else if (u .lt. 3.3 .and. u .gt. 3.1) then
  col1=1
  col2=2
  u1=4.3
  u2=3.1
else if (u .lt. 3.1 .and. u .gt. 2.8) then
  col1=2
  col2=3
  u1=3.1
  u2=2.8
else if (u .lt. 2.8 .and. u .gt. 2.6) then
  col1=3
  col2=4
  u1=2.8
  u2=2.6
else if (u .lt. 2.6 .and. u .gt. 2.4) then
  col1=4
  col2=5
  u1=2.6
  u2=2.4
else if (u .lt. 2.4 .and. u .gt. 2.0) then
  col1=5
  col2=6

```

```

    u1=2.4
    u2=2.0
else if (u .lt. 2.0 .and. u .gt. 1.6) then
    col1=6
    col2=7
    u1=2.0
    u2=1.6
else if (u .lt. 1.6 .and. u .gt. 1.2) then
    col1=7
    col2=8
    u1=1.6
    u2=1.2
else if (u .lt. 1.2 .and. u .gt. 0.8) then
    col1=8
    col2=9
    u1=1.2
    u2=0.8
else
    write (*,*) "lanthasmehh timi"
end if

write(*,*) "ta line kai col"
write(*,*) line1, col1, line2, col2

if (line2 .ne. 0 .and. col2.ne.0) then
    apot1=pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10a(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot2=pin10a(isodinamo_platos,line1,col2)+((
& (pin10a(isodinamo_platos,line1,col2)-
&pin10a(isodinamo_platos,line2,col2))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot=apot1+((apot1-apot2)*(u-u1)/(u1-u2))
    write (*,*) apot1, apot2, u, u1, u2
    write (*,*) apot
    else if (line2 .ne. 0 .and. col2 .eq. 0) then
        apot=pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10a(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
        write(*,*) apot
    else if (col2 .ne. 0 .and. line2 .eq. 0) then
        apot=pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10a(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10a(isodinamo_platos,line1,col2))*(u-u1)/(u1-u2))
        write(*,*) apot
    end if
    pinakas10a=apot
    close(15)
    return
end function

```

C -----

```

function pinakas10b(isodinamo_platos, uf, ug)
real uf, ug

```

```

integer isodinamo_platos, col1, col2
real pin10b(3,10,9)
open (15,FILE='pinakas10b.txt')
do i=1,3
do j=1,10
do k=1,9
read(15,10) pin10b(i,j,k)
end do
end do
end do
10  format(F4.2)
z= uf
u=ug
if (z .eq. 2.8) then
  line1=1
  z1=2.8
else if (z.eq. 2.6) then
  line1=2
  z1=2.6
else if (z.eq. 2.4) then
  line1=3
  z1=2.4
else if (z.eq. 2.2) then
  line1=4
  z1=2.2
else if (z.eq. 2.0) then
  line1=5
  z1=2.0
else if (z.eq. 1.8) then
  line1=6
  z1=1.8
else if (z .eq. 1.6) then
  line1=7
  z1=1.6
else if (z.eq. 1.4) then
  line1=8
  z1=1.4
else if (z.ge. 1.2) then
  line1=9
  z1=1.2
else if (z.ge. 1.0) then
  line1=10
  z1=1.0
else if (z.gt. 2.6 .and. z.lt. 2.8) then
  line1=1
  line2=2
  z1=2.8
  z2=2.6
else if (z.gt. 2.4 .and. z.lt. 2.6) then
  line1=2
  line2=3
  z1=2.6

```

```

z2=2.4
else if (z.gt. 2.2 .and. z.lt. 2.4) then
  line1=3
  line2=4
  z1=2.4
  z2=2.2
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.2) then
  line1=4
  line2=5
  z1=2.2
  z2=2.0
else if (z.gt. 1.8 .and. z.lt. 2.0) then
  line1=5
  line2=6
  z1=2.0
  z2=1.8
else if (z.gt. 1.6 .and. z.lt. 1.8) then
  line1=6
  line2=7
  z1=1.8
  z2=1.6
else if (z.gt. 1.4 .and. z.lt. 1.6) then
  line1=7
  line2=8
  z1=1.6
  z2=1.4
else if (z.gt. 1.2 .and. z.lt. 1.4) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.4
  z2=1.2
else if (z.gt. 1.0 .and. z.lt. 1.2) then
  line1=9
  line2=10
  z1=1.2
  z2=1.0
end if

```

```

if (u.eq.3.3) then
  col1=1
  u1=3.3
else if (u.eq.3.1) then
  col1=2
  u1=3.1
else if (u.eq.2.8) then
  col1=3
  u1=2.8
else if (u.eq.2.6) then
  col1=4
  u1=2.6
else if (u.eq.2.4) then
  col1=5

```

```

    u1=2.4
else if (u.eq.2.0) then
    col1=6
    u1=2.0
else if (u.eq.1.6) then
    col1=7
    u1=1.6
else if (u.eq.1.2) then
    col1=8
    u1=1.2
else if (u.eq.0.8) then
    col1=9
    u1=0.8
else if (u .lt. 3.3 .and. u .gt. 3.1) then
    col1=1
    col2=2
    u1=4.3
    u2=3.1
else if (u .lt. 3.1 .and. u .gt. 2.8) then
    col1=2
    col2=3
    u1=3.1
    u2=2.8
else if (u .lt. 2.8 .and. u .gt. 2.6) then
    col1=3
    col2=4
    u1=2.8
    u2=2.6
else if (u .lt. 2.6 .and. u .gt. 2.4) then
    col1=4
    col2=5
    u1=2.6
    u2=2.4
else if (u .lt. 2.4 .and. u .gt. 2.0) then
    col1=5
    col2=6
    u1=2.4
    u2=2.0
else if (u .lt. 2.0 .and. u .gt. 1.6) then
    col1=6
    col2=7
    u1=2.0
    u2=1.6
else if (u .lt. 1.6 .and. u .gt. 1.2) then
    col1=7
    col2=8
    u1=1.6
    u2=1.2
else if (u .lt. 1.2 .and. u .gt. 0.8) then
    col1=8
    col2=9
    u1=1.2

```

```

    u2=0.8
else
    write (*,*) "lanthasmehh timi"
end if

if (line2 .ne. 0 .and. col2.ne.0) then
    apot1=pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)+( (
&   pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10b(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot2=pin10b(isodinamo_platos,line1,col2)+(
&   (pin10b(isodinamo_platos,line1,col2)-
&pin10b(isodinamo_platos,line2,col2))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot=apot1+((apot1-apot2)*(u-u1)/(u1-u2))
    write (*,*) apot1, apot2, u, u1, u2
    write (*,*) apot
else if (line2 .ne. 0 .and. col2 .eq. 0) then
    apot=pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)+( (
&   pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10b(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
    write(*,*) apot
else if (col2 .ne. 0 .and. line2 .eq. 0) then
    apot=pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)+( (
&   pin10b(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10b(isodinamo_platos,line1,col2))*(u-u1)/(u1-u2))
    write(*,*) apot
end if

close(15)
return
end function
C -----
function pinakas10c(isodinamo_platos, uf, ug)
integer isodinamo_platos, col1, col2
real uf, ug
real z, u
real pin10c(3,12,9)
open (15,FILE='pinakas10c.txt')
do i=1,3
do j=1,12
do k=1,9
read(15,10) pin10c(i,j,k)
end do
end do
end do
10 format(F4.2)
z= uf
u=ug

if (z .le. 7.0) then
    line1=1
    z1=7.0

```



```
else if (z.eq. 3.8) then
  line1=2
  z1=3.8
else if (z.eq. 3.4) then
  line1=3
  z1=3.4
else if (z.eq. 3.0) then
  line1=4
  z1=3.0
else if (z.eq. 2.6) then
  line1=5
  z1=2.6
else if (z.eq. 2.2) then
  line1=6
  z1=2.2
else if (z.eq. 2.0) then
  line1=7
  z1=2.0
else if (z.eq. 1.8) then
  line1=8
  z1=1.8
else if (z.ge. 1.6) then
  line1=9
  z1=1.6
else if (z.ge. 1.4) then
  line1=9
  z1=1.4
else if (z.ge. 1.2) then
  line1=9
  z1=1.2
else if (z.ge. 1.0) then
  line1=9
  z1=1.0
else if (z.gt. 3.8 .and. z.lt. 7.0) then
  line1=1
  line2=2
  z1=7.0
  z2=3.8
else if (z.gt. 3.4 .and. z.lt. 3.8) then
  line1=2
  line2=3
  z1=3.8
  z2=3.4
else if (z.gt. 3.0 .and. z.lt. 3.4) then
  line1=3
  line2=4
  z1=3.4
  z2=3.0
else if (z.gt. 2.6 .and. z.lt. 3.0) then
  line1=4
  line2=5
  z1=3.0
```

```

z2=2.6
else if (z.gt. 2.2 .and. z.lt. 2.6) then
  line1=5
  line2=6
  z1=2.6
  z2=2.2
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.2) then
  line1=6
  line2=7
  z1=2.2
  z2=2.0
else if (z.gt. 1.8 .and. z.lt. 2.0) then
  line1=7
  line2=8
  z1=2.0
  z2=1.8
else if (z.gt. 1.6 .and. z.lt. 1.8) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.8
  z2=1.6
else if (z.gt. 1.4 .and. z.lt. 1.6) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.6
  z2=1.4
else if (z.gt. 1.2 .and. z.lt. 1.4) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.4
  z2=1.2
else if (z.gt. 1.0 .and. z.lt. 1.2) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.2
  z2=1.0
end if

```

```

if (u.eq.3.3) then
  col1=1
  u1=3.3
else if (u.eq.3.1) then
  col1=2
  u1=3.1
else if (u.eq.2.8) then
  col1=3
  u1=2.8
else if (u.eq.2.6) then
  col1=4
  u1=2.6
else if (u.eq.2.4) then
  col1=5

```

```

    u1=2.4
else if (u.eq.2.0) then
    col1=6
    u1=2.0
else if (u.eq.1.6) then
    col1=7
    u1=1.6
else if (u.eq.1.2) then
    col1=8
    u1=1.2
else if (u.eq.0.8) then
    col1=9
    u1=0.8
else if (u .lt. 3.3 .and. u .gt. 3.1) then
    col1=1
    col2=2
    u1=4.3
    u2=3.1
else if (u .lt. 3.1 .and. u .gt. 2.8) then
    col1=2
    col2=3
    u1=3.1
    u2=2.8
else if (u .lt. 2.8 .and. u .gt. 2.6) then
    col1=3
    col2=4
    u1=2.8
    u2=2.6
else if (u .lt. 2.6 .and. u .gt. 2.4) then
    col1=4
    col2=5
    u1=2.6
    u2=2.4
else if (u .lt. 2.4 .and. u .gt. 2.0) then
    col1=5
    col2=6
    u1=2.4
    u2=2.0
else if (u .lt. 2.0 .and. u .gt. 1.6) then
    col1=6
    col2=7
    u1=2.0
    u2=1.6
else if (u .lt. 1.6 .and. u .gt. 1.2) then
    col1=7
    col2=8
    u1=1.6
    u2=1.2
else if (u .lt. 1.2 .and. u .gt. 0.8) then
    col1=8
    col2=9
    u1=1.2

```

```

    u2=0.8
else
    write (*,*) "lanthasmehh timi"
end if

if (line2 .ne. 0 .and. col2.ne.0) then
    apot1=pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10c(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot2=pin10c(isodinamo_platos,line1,col2)+
& (pin10c(isodinamo_platos,line1,col2)-
&pin10c(isodinamo_platos,line2,col2))*(z-z1)/(z1-z2))
    apot=apot1+((apot1-apot2)*(u-u1)/(u1-u2))
    write (*,*) apot1, apot2, u, u1, u2
    write (*,*) apot
else if (line2 .ne. 0 .and. col2 .eq. 0) then
    apot=pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10c(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
    write(*,*) apot
else if (col2 .ne. 0 .and. line2 .eq. 0) then
    apot=pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10c(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10c(isodinamo_platos,line1,col2))*(u-u1)/(u1-u2))
    write(*,*) apot
end if

close(15)
return
end function
C -----
function pinakas10d(isodinamo_platos, uf, ug)
real uf, ug
integer isodinamo_platos, col1, col2
real pin10d(3,12,9)
open (15,FILE='pinakas10d.txt')
do i=1,3
do j=1,12
do k=1,9
read(15,10) pin10d(i,j,k)
end do
end do
end do
10 format(F4.2)
z= uf
u=ug

if (z .le. 7.0) then
    line1=1
    z1=7.0
else if (z.eq. 3.8) then

```

```

line1=2
z1=3.8
else if (z.eq. 3.4) then
  line1=3
  z1=3.4
else if (z.eq. 3.0) then
  line1=4
  z1=3.0
else if (z.eq. 2.6) then
  line1=5
  z1=2.6
else if (z.eq. 2.2) then
  line1=6
  z1=2.2
else if (z .eq. 2.0) then
  line1=7
  z1=2.0
else if (z.eq. 1.8) then
  line1=8
  z1=1.8
else if (z.ge. 1.6) then
  line1=9
  z1=1.6
else if (z.ge. 1.4) then
  line1=9
  z1=1.4
else if (z.ge. 1.2) then
  line1=9
  z1=1.2
else if (z.ge. 1.0) then
  line1=9
  z1=1.0
else if (z.gt. 3.8 .and. z.lt. 7.0) then
  line1=1
  line2=2
  z1=7.0
  z2=3.8
else if (z.gt. 3.4 .and. z.lt. 3.8) then
  line1=2
  line2=3
  z1=3.8
  z2=3.4
else if (z.gt. 3.0 .and. z.lt. 3.4) then
  line1=3
  line2=4
  z1=3.4
  z2=3.0
else if (z.gt. 2.6 .and. z.lt. 3.0) then
  line1=4
  line2=5
  z1=3.0
  z2=2.6

```

```

else if (z.gt. 2.2 .and. z.lt. 2.6) then
  line1=5
  line2=6
  z1=2.6
  z2=2.2
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.2) then
  line1=6
  line2=7
  z1=2.2
  z2=2.0
else if (z.gt. 1.8 .and. z.lt. 2.0) then
  line1=7
  line2=8
  z1=2.0
  z2=1.8
else if (z.gt. 1.6 .and. z.lt. 1.8) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.8
  z2=1.6
else if (z.gt. 1.4 .and. z.lt. 1.6) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.6
  z2=1.4
else if (z.gt. 1.2 .and. z.lt. 1.4) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.4
  z2=1.2
else if (z.gt. 1.0 .and. z.lt. 1.2) then
  line1=8
  line2=9
  z1=1.2
  z2=1.0
end if

if (u.eq.3.3) then
  col1=1
  u1=3.3
else if (u.eq.3.1) then
  col1=2
  u1=3.1
else if (u.eq.2.8) then
  col1=3
  u1=2.8
else if (u.eq.2.6) then
  col1=4
  u1=2.6
else if (u.eq.2.4) then
  col1=5
  u1=2.4

```

```
else if (u.eq.2.0) then
  col1=6
  u1=2.0
else if (u.eq.1.6) then
  col1=7
  u1=1.6
else if (u.eq.1.2) then
  col1=8
  u1=1.2
else if (u.eq.0.8) then
  col1=9
  u1=0.8
else if (u .lt. 3.3 .and. u .gt. 3.1) then
  col1=1
  col2=2
  u1=4.3
  u2=3.1
else if (u .lt. 3.1 .and. u .gt. 2.8) then
  col1=2
  col2=3
  u1=3.1
  u2=2.8
else if (u .lt. 2.8 .and. u .gt. 2.6) then
  col1=3
  col2=4
  u1=2.8
  u2=2.6
else if (u .lt. 2.6 .and. u .gt. 2.4) then
  col1=4
  col2=5
  u1=2.6
  u2=2.4
else if (u .lt. 2.4 .and. u .gt. 2.0) then
  col1=5
  col2=6
  u1=2.4
  u2=2.0
else if (u .lt. 2.0 .and. u .gt. 1.6) then
  col1=6
  col2=7
  u1=2.0
  u2=1.6
else if (u .lt. 1.6 .and. u .gt. 1.2) then
  col1=7
  col2=8
  u1=1.6
  u2=1.2
else if (u .lt. 1.2 .and. u .gt. 0.8) then
  col1=8
  col2=9
  u1=1.2
  u2=0.8
```

```

else
  write (*,*) "lanthasmehh timi"
end if

if (line2 .ne. 0 .and. col2.ne.0) then
  apot1=pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)+( (
& pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10d(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
  apot2=pin10d(isodinamo_platos,line1,col2)+(
& (pin10d(isodinamo_platos,line1,col2)-
&pin10d(isodinamo_platos,line2,col2))*(z-z1)/(z1-z2))
  apot=apot1+((apot1-apot2)*(u-u1)/(u1-u2))
  write (*,*) apot1, apot2, u, u1, u2
  write (*,*) apot
else if (line2 .ne. 0 .and. col2 .eq. 0) then
  apot=pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)+( (
& pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10d(isodinamo_platos,line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
  write(*,*) apot
else if (col2 .ne. 0 .and. line2 .eq. 0) then
  apot=pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)+((
& pin10d(isodinamo_platos,line1,col1)-
&pin10d(isodinamo_platos,line1,col2))*(u-u1)/(u1-u2))
  write(*,*) apot
end if

close(15)
return
end function

```

C -----

```

real function GrammikhParembolh(x1, y1, x2, y2, x)

implicit none

real :: x1, y1, x2, y2, x

GrammikhParembolh = (y1-y2)*x/(x1-x2)+(y2*x1-y1*x2)/(x1-x2)

end function GrammikhParembolh

```

C -----

```

function pin9a(u,z,b)
real a9(10,10,10)
real u,z,b
real ufb1, ufb2
real zm1,zm2
real bt1,bt2
real apot, apot1, apot2, apot_n, apot_o
integer u1, u2, z1, z2, b1, b2
integer KeyBuf
a9(1,1,1)=1.21

```


a9(1,1,2)=0.83
a9(1,1,3)=0.64
a9(1,1,4)=0.53
a9(1,1,5)=0.45
a9(1,1,6)=0.36
a9(1,1,7)=0.30
a9(1,1,8)=0.25
a9(1,1,9)=0.22
a9(1,1,10)=0.20
a9(1,2,1)=1.05
a9(1,2,2)=0.75
a9(1,2,3)=0.59
a9(1,2,4)=0.49
a9(1,2,5)=0.42
a9(1,2,6)=0.33
a9(1,2,7)=0.28
a9(1,2,8)=0.24
a9(1,2,9)=0.21
a9(1,2,10)=0.19
a9(1,3,1)=0.92
a9(1,3,2)=0.68
a9(1,3,3)=0.54
a9(1,3,4)=0.45
a9(1,3,5)=0.39
a9(1,3,6)=0.31
a9(1,3,7)=0.26
a9(1,3,8)=0.23
a9(1,3,9)=0.20
a9(1,3,10)=0.18
a9(1,4,1)=0.82
a9(1,4,2)=0.62
a9(1,4,3)=0.50
a9(1,4,4)=0.42
a9(1,4,5)=0.37
a9(1,4,6)=0.30
a9(1,4,7)=0.25
a9(1,4,8)=0.22
a9(1,4,9)=0.19
a9(1,4,10)=0.17
a9(1,5,1)=0.74
a9(1,5,2)=0.57
a9(1,5,3)=0.47
a9(1,5,4)=0.40
a9(1,5,5)=0.35
a9(1,5,6)=0.28
a9(1,5,7)=0.24
a9(1,5,8)=0.21
a9(1,5,9)=0.18
a9(1,5,10)=0.17
a9(1,6,1)=0.67
a9(1,6,2)=0.53
a9(1,6,3)=0.44

a9(1,6,4)=0.38
a9(1,6,5)=0.33
a9(1,6,6)=0.27
a9(1,6,7)=0.23
a9(1,6,8)=0.20
a9(1,6,9)=0.18
a9(1,6,10)=0.16
a9(1,7,1)=0.62
a9(1,7,2)=0.50
a9(1,7,3)=0.42
a9(1,7,4)=0.36
a9(1,7,5)=0.32
a9(1,7,6)=0.26
a9(1,7,7)=0.22
a9(1,7,8)=0.19
a9(1,7,9)=0.17
a9(1,7,10)=0.15
a9(1,8,1)=0.50
a9(1,8,2)=0.42
a9(1,8,3)=0.36
a9(1,8,4)=0.31
a9(1,8,5)=0.28
a9(1,8,6)=0.23
a9(1,8,7)=0.20
a9(1,8,8)=0.17
a9(1,8,9)=0.16
a9(1,8,10)=0.14
a9(1,9,1)=0.42
a9(1,9,2)=0.36
a9(1,9,3)=0.31
a9(1,9,4)=0.28
a9(1,9,5)=0.25
a9(1,9,6)=0.21
a9(1,9,7)=0.18
a9(1,9,8)=0.16
a9(1,9,9)=0.15
a9(1,9,10)=0.13
a9(1,10,1)=0.32
a9(1,10,2)=0.28
a9(1,10,3)=0.25
a9(1,10,4)=0.23
a9(1,10,5)=0.21
a9(1,10,6)=0.18
a9(1,10,7)=0.16
a9(1,10,8)=0.14
a9(1,10,9)=0.13
a9(1,10,10)=0.12
a9(2,1,1)=1.06
a9(2,1,2)=0.75
a9(2,1,3)=0.59
a9(2,1,4)=0.49
a9(2,1,5)=0.42

a9(2,1,6)=0.33
a9(2,1,7)=0.28
a9(2,1,8)=0.24
a9(2,1,9)=0.21
a9(2,1,10)=0.19
a9(2,2,1)=0.93
a9(2,2,2)=0.68
a9(2,2,3)=0.54
a9(2,2,4)=0.46
a9(2,2,5)=0.39
a9(2,2,6)=0.31
a9(2,2,7)=0.26
a9(2,2,8)=0.23
a9(2,2,9)=0.20
a9(2,2,10)=0.18
a9(2,3,1)=0.83
a9(2,3,2)=0.63
a9(2,3,3)=0.51
a9(2,3,4)=0.43
a9(2,3,5)=0.37
a9(2,3,6)=0.30
a9(2,3,7)=0.25
a9(2,3,8)=0.22
a9(2,3,9)=0.19
a9(2,3,10)=0.17
a9(2,4,1)=0.74
a9(2,4,2)=0.58
a9(2,4,3)=0.47
a9(2,4,4)=0.40
a9(2,4,5)=0.35
a9(2,4,6)=0.28
a9(2,4,7)=0.24
a9(2,4,8)=0.21
a9(2,4,9)=0.18
a9(2,4,10)=0.17
a9(2,5,1)=0.68
a9(2,5,2)=0.54
a9(2,5,3)=0.44
a9(2,5,4)=0.38
a9(2,5,5)=0.33
a9(2,5,6)=0.27
a9(2,5,7)=0.23
a9(2,5,8)=0.20
a9(2,5,9)=0.18
a9(2,5,10)=0.16
a9(2,6,1)=0.62
a9(2,6,2)=0.50
a9(2,6,3)=0.42
a9(2,6,4)=0.36
a9(2,6,5)=0.32
a9(2,6,6)=0.26
a9(2,6,7)=0.22

a9(2,6,8)=0.19
a9(2,6,9)=0.17
a9(2,6,10)=0.15
a9(2,7,1)=0.58
a9(2,7,2)=0.47
a9(2,7,3)=0.40
a9(2,7,4)=0.34
a9(2,7,5)=0.31
a9(2,7,6)=0.25
a9(2,7,7)=0.21
a9(2,7,8)=0.19
a9(2,7,9)=0.17
a9(2,7,10)=0.15
a9(2,8,1)=0.47
a9(2,8,2)=0.40
a9(2,8,3)=0.34
a9(2,8,4)=0.30
a9(2,8,5)=0.27
a9(2,8,6)=0.23
a9(2,8,7)=0.19
a9(2,8,8)=0.17
a9(2,8,9)=0.15
a9(2,8,10)=0.14
a9(2,9,1)=0.40
a9(2,9,2)=0.34
a9(2,9,3)=0.30
a9(2,9,4)=0.27
a9(2,9,5)=0.24
a9(2,9,6)=0.21
a9(2,9,7)=0.18
a9(2,9,8)=0.16
a9(2,9,9)=0.14
a9(2,9,10)=0.13
a9(2,10,1)=0.31
a9(2,10,2)=0.27
a9(2,10,3)=0.24
a9(2,10,4)=0.22
a9(2,10,5)=0.21
a9(2,10,6)=0.18
a9(2,10,7)=0.16
a9(2,10,8)=0.14
a9(2,10,9)=0.13
a9(2,10,10)=0.12
a9(3,1,1)=0.89
a9(3,1,2)=0.66
a9(3,1,3)=0.53
a9(3,1,4)=0.45
a9(3,1,5)=0.39
a9(3,1,6)=0.31
a9(3,1,7)=0.26
a9(3,1,8)=0.22
a9(3,1,9)=0.20

a9(3,1,10)=0.18
a9(3,2,1)=0.80
a9(3,2,2)=0.61
a9(3,2,3)=0.49
a9(3,2,4)=0.42
a9(3,2,5)=0.36
a9(3,2,6)=0.29
a9(3,2,7)=0.25
a9(3,2,8)=0.21
a9(3,2,9)=0.19
a9(3,2,10)=0.17
a9(3,3,1)=0.72
a9(3,3,2)=0.56
a9(3,3,3)=0.46
a9(3,3,4)=0.39
a9(3,3,5)=0.35
a9(3,3,6)=0.28
a9(3,3,7)=0.24
a9(3,3,8)=0.20
a9(3,3,9)=0.18
a9(3,3,10)=0.16
a9(3,4,1)=0.66
a9(3,4,2)=0.53
a9(3,4,3)=0.44
a9(3,4,4)=0.37
a9(3,4,5)=0.33
a9(3,4,6)=0.27
a9(3,4,7)=0.23
a9(3,4,8)=0.20
a9(3,4,9)=0.18
a9(3,4,10)=0.16
a9(3,5,1)=0.61
a9(3,5,2)=0.49
a9(3,5,3)=0.41
a9(3,5,4)=0.36
a9(3,5,5)=0.31
a9(3,5,6)=0.26
a9(3,5,7)=0.22
a9(3,5,8)=0.19
a9(3,5,9)=0.17
a9(3,5,10)=0.15
a9(3,6,1)=0.56
a9(3,6,2)=0.46
a9(3,6,3)=0.39
a9(3,6,4)=0.34
a9(3,6,5)=0.30
a9(3,6,6)=0.25
a9(3,6,7)=0.21
a9(3,6,8)=0.18
a9(3,6,9)=0.16
a9(3,6,10)=0.15
a9(3,7,1)=0.53

a9(3,7,2)=0.43
a9(3,7,3)=0.37
a9(3,7,4)=0.32
a9(3,7,5)=0.29
a9(3,7,6)=0.24
a9(3,7,7)=0.20
a9(3,7,8)=0.18
a9(3,7,9)=0.16
a9(3,7,10)=0.14
a9(3,8,1)=0.44
a9(3,8,2)=0.37
a9(3,8,3)=0.32
a9(3,8,4)=0.29
a9(3,8,5)=0.26
a9(3,8,6)=0.22
a9(3,8,7)=0.19
a9(3,8,8)=0.16
a9(3,8,9)=0.15
a9(3,8,10)=0.13
a9(3,9,1)=0.38
a9(3,9,2)=0.32
a9(3,9,3)=0.29
a9(3,9,4)=0.26
a9(3,9,5)=0.23
a9(3,9,6)=0.20
a9(3,9,7)=0.17
a9(3,9,8)=0.15
a9(3,9,9)=0.14
a9(3,9,10)=0.13
a9(3,10,1)=0.29
a9(3,10,2)=0.26
a9(3,10,3)=0.23
a9(3,10,4)=0.21
a9(3,10,5)=0.20
a9(3,10,6)=0.17
a9(3,10,7)=0.15
a9(3,10,8)=0.14
a9(3,10,9)=0.12
a9(3,10,10)=0.11
a9(4,1,1)=0.77
a9(4,1,2)=0.59
a9(4,1,3)=0.48
a9(4,1,4)=0.41
a9(4,1,5)=0.36
a9(4,1,6)=0.29
a9(4,1,7)=0.24
a9(4,1,8)=0.21
a9(4,1,9)=0.19
a9(4,1,10)=0.17
a9(4,2,1)=0.70
a9(4,2,2)=0.55
a9(4,2,3)=0.45

a9(4,2,4)=0.39
a9(4,2,5)=0.34
a9(4,2,6)=0.27
a9(4,2,7)=0.23
a9(4,2,8)=0.20
a9(4,2,9)=0.18
a9(4,2,10)=0.16
a9(4,3,1)=0.64
a9(4,3,2)=0.51
a9(4,3,3)=0.43
a9(4,3,4)=0.37
a9(4,3,5)=0.32
a9(4,3,6)=0.26
a9(4,3,7)=0.22
a9(4,3,8)=0.19
a9(4,3,9)=0.17
a9(4,3,10)=0.16
a9(4,4,1)=0.59
a9(4,4,2)=0.48
a9(4,4,3)=0.40
a9(4,4,4)=0.35
a9(4,4,5)=0.31
a9(4,4,6)=0.25
a9(4,4,7)=0.22
a9(4,4,8)=0.19
a9(4,4,9)=0.17
a9(4,4,10)=0.15
a9(4,5,1)=0.55
a9(4,5,2)=0.45
a9(4,5,3)=0.38
a9(4,5,4)=0.33
a9(4,5,5)=0.30
a9(4,5,6)=0.24
a9(4,5,7)=0.21
a9(4,5,8)=0.18
a9(4,5,9)=0.16
a9(4,5,10)=0.15
a9(4,6,1)=0.52
a9(4,6,2)=0.43
a9(4,6,3)=0.37
a9(4,6,4)=0.32
a9(4,6,5)=0.29
a9(4,6,6)=0.24
a9(4,6,7)=0.20
a9(4,6,8)=0.18
a9(4,6,9)=0.16
a9(4,6,10)=0.14
a9(4,7,1)=0.48
a9(4,7,2)=0.40
a9(4,7,3)=0.35
a9(4,7,4)=0.31
a9(4,7,5)=0.27

a9(4,7,6)=0.23
a9(4,7,7)=0.20
a9(4,7,8)=0.17
a9(4,7,9)=0.15
a9(4,7,10)=0.14
a9(4,8,1)=0.41
a9(4,8,2)=0.35
a9(4,8,3)=0.31
a9(4,8,4)=0.27
a9(4,8,5)=0.25
a9(4,8,6)=0.21
a9(4,8,7)=0.18
a9(4,8,8)=0.16
a9(4,8,9)=0.14
a9(4,8,10)=0.13
a9(4,9,1)=0.36
a9(4,9,2)=0.31
a9(4,9,3)=0.27
a9(4,9,4)=0.25
a9(4,9,5)=0.23
a9(4,9,6)=0.19
a9(4,9,7)=0.17
a9(4,9,8)=0.15
a9(4,9,9)=0.13
a9(4,9,10)=0.12
a9(4,10,1)=0.28
a9(4,10,2)=0.25
a9(4,10,3)=0.22
a9(4,10,4)=0.21
a9(4,10,5)=0.19
a9(4,10,6)=0.17
a9(4,10,7)=0.15
a9(4,10,8)=0.13
a9(4,10,9)=0.12
a9(4,10,10)=0.11
a9(5,1,1)=0.61
a9(5,1,2)=0.49
a9(5,1,3)=0.41
a9(5,1,4)=0.36
a9(5,1,5)=0.31
a9(5,1,6)=0.26
a9(5,1,7)=0.22
a9(5,1,8)=0.19
a9(5,1,9)=0.17
a9(5,1,10)=0.15
a9(5,2,1)=0.56
a9(5,2,2)=0.46
a9(5,2,3)=0.39
a9(5,2,4)=0.34
a9(5,2,5)=0.30
a9(5,2,6)=0.25
a9(5,2,7)=0.21

a9(5,2,8)=0.18
a9(5,2,9)=0.16
a9(5,2,10)=0.15
a9(5,3,1)=0.53
a9(5,3,2)=0.43
a9(5,3,3)=0.37
a9(5,3,4)=0.32
a9(5,3,5)=0.29
a9(5,3,6)=0.24
a9(5,3,7)=0.20
a9(5,3,8)=0.18
a9(5,3,9)=0.16
a9(5,3,10)=0.14
a9(5,4,1)=0.49
a9(5,4,2)=0.41
a9(5,4,3)=0.35
a9(5,4,4)=0.31
a9(5,4,5)=0.28
a9(5,4,6)=0.23
a9(5,4,7)=0.20
a9(5,4,8)=0.17
a9(5,4,9)=0.16
a9(5,4,10)=0.14
a9(5,5,1)=0.47
a9(5,5,2)=0.39
a9(5,5,3)=0.34
a9(5,5,4)=0.30
a9(5,5,5)=0.27
a9(5,5,6)=0.22
a9(5,5,7)=0.19
a9(5,5,8)=0.17
a9(5,5,9)=0.15
a9(5,5,10)=0.14
a9(5,6,1)=0.44
a9(5,6,2)=0.37
a9(5,6,3)=0.32
a9(5,6,4)=0.29
a9(5,6,5)=0.26
a9(5,6,6)=0.22
a9(5,6,7)=0.19
a9(5,6,8)=0.16
a9(5,6,9)=0.15
a9(5,6,10)=0.13
a9(5,7,1)=0.42
a9(5,7,2)=0.35
a9(5,7,3)=0.31
a9(5,7,4)=0.28
a9(5,7,5)=0.25
a9(5,7,6)=0.21
a9(5,7,7)=0.18
a9(5,7,8)=0.16
a9(5,7,9)=0.14

a9(5,7,10)=0.13
a9(5,8,1)=0.36
a9(5,8,2)=0.31
a9(5,8,3)=0.28
a9(5,8,4)=0.25
a9(5,8,5)=0.23
a9(5,8,6)=0.19
a9(5,8,7)=0.17
a9(5,8,8)=0.15
a9(5,8,9)=0.14
a9(5,8,10)=0.12
a9(5,9,1)=0.32
a9(5,9,2)=0.28
a9(5,9,3)=0.25
a9(5,9,4)=0.23
a9(5,9,5)=0.21
a9(5,9,6)=0.18
a9(5,9,7)=0.16
a9(5,9,8)=0.14
a9(5,9,9)=0.13
a9(5,9,10)=0.12
a9(5,10,1)=0.26
a9(5,10,2)=0.23
a9(5,10,3)=0.21
a9(5,10,4)=0.19
a9(5,10,5)=0.18
a9(5,10,6)=0.16
a9(5,10,7)=0.14
a9(5,10,8)=0.13
a9(5,10,9)=0.12
a9(5,10,10)=0.11
a9(6,1,1)=0.57
a9(6,1,2)=0.46
a9(6,1,3)=0.39
a9(6,1,4)=0.34
a9(6,1,5)=0.30
a9(6,1,6)=0.25
a9(6,1,7)=0.21
a9(6,1,8)=0.18
a9(6,1,9)=0.17
a9(6,1,10)=0.15
a9(6,2,1)=0.53
a9(6,2,2)=0.44
a9(6,2,3)=0.37
a9(6,2,4)=0.33
a9(6,2,5)=0.29
a9(6,2,6)=0.24
a9(6,2,7)=0.20
a9(6,2,8)=0.18
a9(6,2,9)=0.16
a9(6,2,10)=0.15
a9(6,3,1)=0.50

a9(6,3,2)=0.41
a9(6,3,3)=0.36
a9(6,3,4)=0.31
a9(6,3,5)=0.28
a9(6,3,6)=0.23
a9(6,3,7)=0.20
a9(6,3,8)=0.17
a9(6,3,9)=0.16
a9(6,3,10)=0.14
a9(6,4,1)=0.47
a9(6,4,2)=0.39
a9(6,4,3)=0.34
a9(6,4,4)=0.30
a9(6,4,5)=0.27
a9(6,4,6)=0.22
a9(6,4,7)=0.19
a9(6,4,8)=0.17
a9(6,4,9)=0.15
a9(6,4,10)=0.14
a9(6,5,1)=0.44
a9(6,5,2)=0.37
a9(6,5,3)=0.33
a9(6,5,4)=0.29
a9(6,5,5)=0.26
a9(6,5,6)=0.22
a9(6,5,7)=0.19
a9(6,5,8)=0.17
a9(6,5,9)=0.15
a9(6,5,10)=0.13
a9(6,6,1)=0.42
a9(6,6,2)=0.35
a9(6,6,3)=0.31
a9(6,6,4)=0.28
a9(6,6,5)=0.25
a9(6,6,6)=0.21
a9(6,6,7)=0.18
a9(6,6,8)=0.16
a9(6,6,9)=0.14
a9(6,6,10)=0.13
a9(6,7,1)=0.40
a9(6,7,2)=0.34
a9(6,7,3)=0.30
a9(6,7,4)=0.27
a9(6,7,5)=0.24
a9(6,7,6)=0.20
a9(6,7,7)=0.18
a9(6,7,8)=0.16
a9(6,7,9)=0.14
a9(6,7,10)=0.13
a9(6,8,1)=0.35
a9(6,8,2)=0.30
a9(6,8,3)=0.27

a9(6,8,4)=0.24
a9(6,8,5)=0.22
a9(6,8,6)=0.19
a9(6,8,7)=0.17
a9(6,8,8)=0.15
a9(6,8,9)=0.13
a9(6,8,10)=0.12
a9(6,9,1)=0.31
a9(6,9,2)=0.27
a9(6,9,3)=0.24
a9(6,9,4)=0.22
a9(6,9,5)=0.20
a9(6,9,6)=0.18
a9(6,9,7)=0.15
a9(6,9,8)=0.14
a9(6,9,9)=0.13
a9(6,9,10)=0.12
a9(6,10,1)=0.25
a9(6,10,2)=0.22
a9(6,10,3)=0.20
a9(6,10,4)=0.19
a9(6,10,5)=0.18
a9(6,10,6)=0.15
a9(6,10,7)=0.14
a9(6,10,8)=0.12
a9(6,10,9)=0.11
a9(6,10,10)=0.10
a9(7,1,1)=0.53
a9(7,1,2)=0.43
a9(7,1,3)=0.37
a9(7,1,4)=0.32
a9(7,1,5)=0.29
a9(7,1,6)=0.24
a9(7,1,7)=0.20
a9(7,1,8)=0.18
a9(7,1,9)=0.16
a9(7,1,10)=0.14
a9(7,2,1)=0.49
a9(7,2,2)=0.41
a9(7,2,3)=0.35
a9(7,2,4)=0.31
a9(7,2,5)=0.28
a9(7,2,6)=0.23
a9(7,2,7)=0.20
a9(7,2,8)=0.17
a9(7,2,9)=0.16
a9(7,2,10)=0.14
a9(7,3,1)=0.47
a9(7,3,2)=0.39
a9(7,3,3)=0.34
a9(7,3,4)=0.30
a9(7,3,5)=0.27

a9(7,3,6)=0.22
a9(7,3,7)=0.19
a9(7,3,8)=0.17
a9(7,3,9)=0.15
a9(7,3,10)=0.14
a9(7,4,1)=0.44
a9(7,4,2)=0.37
a9(7,4,3)=0.32
a9(7,4,4)=0.29
a9(7,4,5)=0.26
a9(7,4,6)=0.22
a9(7,4,7)=0.19
a9(7,4,8)=0.16
a9(7,4,9)=0.15
a9(7,4,10)=0.13
a9(7,5,1)=0.42
a9(7,5,2)=0.35
a9(7,5,3)=0.31
a9(7,5,4)=0.28
a9(7,5,5)=0.25
a9(7,5,6)=0.21
a9(7,5,7)=0.18
a9(7,5,8)=0.16
a9(7,5,9)=0.14
a9(7,5,10)=0.13
a9(7,6,1)=0.40
a9(7,6,2)=0.34
a9(7,6,3)=0.30
a9(7,6,4)=0.27
a9(7,6,5)=0.24
a9(7,6,6)=0.20
a9(7,6,7)=0.18
a9(7,6,8)=0.16
a9(7,6,9)=0.14
a9(7,6,10)=0.13
a9(7,7,1)=0.38
a9(7,7,2)=0.32
a9(7,7,3)=0.29
a9(7,7,4)=0.26
a9(7,7,5)=0.23
a9(7,7,6)=0.20
a9(7,7,7)=0.17
a9(7,7,8)=0.15
a9(7,7,9)=0.14
a9(7,7,10)=0.13
a9(7,8,1)=0.33
a9(7,8,2)=0.29
a9(7,8,3)=0.26
a9(7,8,4)=0.23
a9(7,8,5)=0.21
a9(7,8,6)=0.18
a9(7,8,7)=0.16

a9(7,8,8)=0.14
a9(7,8,9)=0.13
a9(7,8,10)=0.12
a9(7,9,1)=0.29
a9(7,9,2)=0.26
a9(7,9,3)=0.23
a9(7,9,4)=0.21
a9(7,9,5)=0.20
a9(7,9,6)=0.17
a9(7,9,7)=0.15
a9(7,9,8)=0.14
a9(7,9,9)=0.12
a9(7,9,10)=0.11
a9(7,10,1)=0.24
a9(7,10,2)=0.22
a9(7,10,3)=0.20
a9(7,10,4)=0.18
a9(7,10,5)=0.17
a9(7,10,6)=0.15
a9(7,10,7)=0.14
a9(7,10,8)=0.12
a9(7,10,9)=0.11
a9(7,10,10)=0.10
a9(8,1,1)=0.48
a9(8,1,2)=0.40
a9(8,1,3)=0.35
a9(8,1,4)=0.31
a9(8,1,5)=0.27
a9(8,1,6)=0.23
a9(8,1,7)=0.20
a9(8,1,8)=0.17
a9(8,1,9)=0.15
a9(8,1,10)=0.14
a9(8,2,1)=0.45
a9(8,2,2)=0.38
a9(8,2,3)=0.33
a9(8,2,4)=0.29
a9(8,2,5)=0.26
a9(8,2,6)=0.22
a9(8,2,7)=0.19
a9(8,2,8)=0.17
a9(8,2,9)=0.15
a9(8,2,10)=0.14
a9(8,3,1)=0.43
a9(8,3,2)=0.36
a9(8,3,3)=0.32
a9(8,3,4)=0.28
a9(8,3,5)=0.26
a9(8,3,6)=0.21
a9(8,3,7)=0.18
a9(8,3,8)=0.16
a9(8,3,9)=0.15

a9(8,3,10)=0.13
a9(8,4,1)=0.41
a9(8,4,2)=0.34
a9(8,4,3)=0.31
a9(8,4,4)=0.27
a9(8,4,5)=0.25
a9(8,4,6)=0.21
a9(8,4,7)=0.18
a9(8,4,8)=0.16
a9(8,4,9)=0.14
a9(8,4,10)=0.13
a9(8,5,1)=0.39
a9(8,5,2)=0.33
a9(8,5,3)=0.29
a9(8,5,4)=0.26
a9(8,5,5)=0.24
a9(8,5,6)=0.20
a9(8,5,7)=0.18
a9(8,5,8)=0.16
a9(8,5,9)=0.14
a9(8,5,10)=0.13
a9(8,6,1)=0.37
a9(8,6,2)=0.32
a9(8,6,3)=0.28
a9(8,6,4)=0.25
a9(8,6,5)=0.23
a9(8,6,6)=0.20
a9(8,6,7)=0.17
a9(8,6,8)=0.15
a9(8,6,9)=0.14
a9(8,6,10)=0.13
a9(8,7,1)=0.35
a9(8,7,2)=0.30
a9(8,7,3)=0.27
a9(8,7,4)=0.25
a9(8,7,5)=0.22
a9(8,7,6)=0.19
a9(8,7,7)=0.17
a9(8,7,8)=0.15
a9(8,7,9)=0.13
a9(8,7,10)=0.12
a9(8,8,1)=0.31
a9(8,8,2)=0.27
a9(8,8,3)=0.24
a9(8,8,4)=0.22
a9(8,8,5)=0.21
a9(8,8,6)=0.18
a9(8,8,7)=0.16
a9(8,8,8)=0.14
a9(8,8,9)=0.13
a9(8,8,10)=0.12
a9(8,9,1)=0.28

a9(8,9,2)=0.25
a9(8,9,3)=0.22
a9(8,9,4)=0.21
a9(8,9,5)=0.19
a9(8,9,6)=0.17
a9(8,9,7)=0.15
a9(8,9,8)=0.13
a9(8,9,9)=0.12
a9(8,9,10)=0.11
a9(8,10,1)=0.23
a9(8,10,2)=0.21
a9(8,10,3)=0.19
a9(8,10,4)=0.18
a9(8,10,5)=0.17
a9(8,10,6)=0.15
a9(8,10,7)=0.13
a9(8,10,8)=0.12
a9(8,10,9)=0.11
a9(8,10,10)=0.10
a9(9,1,1)=0.43
a9(9,1,2)=0.36
a9(9,1,3)=0.32
a9(9,1,4)=0.28
a9(9,1,5)=0.26
a9(9,1,6)=0.21
a9(9,1,7)=0.18
a9(9,1,8)=0.16
a9(9,1,9)=0.15
a9(9,1,10)=0.13
a9(9,2,1)=0.41
a9(9,2,2)=0.35
a9(9,2,3)=0.31
a9(9,2,4)=0.27
a9(9,2,5)=0.25
a9(9,2,6)=0.21
a9(9,2,7)=0.18
a9(9,2,8)=0.16
a9(9,2,9)=0.14
a9(9,2,10)=0.13
a9(9,3,1)=0.39
a9(9,3,2)=0.33
a9(9,3,3)=0.29
a9(9,3,4)=0.26
a9(9,3,5)=0.24
a9(9,3,6)=0.20
a9(9,3,7)=0.18
a9(9,3,8)=0.16
a9(9,3,9)=0.14
a9(9,3,10)=0.13
a9(9,4,1)=0.37
a9(9,4,2)=0.32
a9(9,4,3)=0.28

a9(9,4,4)=0.26
a9(9,4,5)=0.23
a9(9,4,6)=0.20
a9(9,4,7)=0.17
a9(9,4,8)=0.15
a9(9,4,9)=0.14
a9(9,4,10)=0.13
a9(9,5,1)=0.36
a9(9,5,2)=0.31
a9(9,5,3)=0.27
a9(9,5,4)=0.25
a9(9,5,5)=0.23
a9(9,5,6)=0.19
a9(9,5,7)=0.17
a9(9,5,8)=0.15
a9(9,5,9)=0.13
a9(9,5,10)=0.12
a9(9,6,1)=0.34
a9(9,6,2)=0.29
a9(9,6,3)=0.26
a9(9,6,4)=0.24
a9(9,6,5)=0.22
a9(9,6,6)=0.19
a9(9,6,7)=0.16
a9(9,6,8)=0.15
a9(9,6,9)=0.13
a9(9,6,10)=0.12
a9(9,7,1)=0.33
a9(9,7,2)=0.28
a9(9,7,3)=0.25
a9(9,7,4)=0.23
a9(9,7,5)=0.21
a9(9,7,6)=0.18
a9(9,7,7)=0.16
a9(9,7,8)=0.14
a9(9,7,9)=0.13
a9(9,7,10)=0.12
a9(9,8,1)=0.29
a9(9,8,2)=0.26
a9(9,8,3)=0.23
a9(9,8,4)=0.21
a9(9,8,5)=0.20
a9(9,8,6)=0.17
a9(9,8,7)=0.15
a9(9,8,8)=0.13
a9(9,8,9)=0.12
a9(9,8,10)=0.11
a9(9,9,1)=0.26
a9(9,9,2)=0.23
a9(9,9,3)=0.21
a9(9,9,4)=0.20
a9(9,9,5)=0.18

a9(9,9,6)=0.16
a9(9,9,7)=0.14
a9(9,9,8)=0.13
a9(9,9,9)=0.12
a9(9,9,10)=0.11
a9(9,10,1)=0.22
a9(9,10,2)=0.20
a9(9,10,3)=0.18
a9(9,10,4)=0.17
a9(9,10,5)=0.16
a9(9,10,6)=0.14
a9(9,10,7)=0.13
a9(9,10,8)=0.12
a9(9,10,9)=0.11
a9(9,10,10)=0.10
a9(10,1,1)=0.38
a9(10,1,2)=0.32
a9(10,1,3)=0.29
a9(10,1,4)=0.26
a9(10,1,5)=0.23
a9(10,1,6)=0.20
a9(10,1,7)=0.17
a9(10,1,8)=0.15
a9(10,1,9)=0.14
a9(10,1,10)=0.13
a9(10,2,1)=0.36
a9(10,2,2)=0.31
a9(10,2,3)=0.28
a9(10,2,4)=0.25
a9(10,2,5)=0.23
a9(10,2,6)=0.19
a9(10,2,7)=0.17
a9(10,2,8)=0.15
a9(10,2,9)=0.14
a9(10,2,10)=0.12
a9(10,3,1)=0.35
a9(10,3,2)=0.30
a9(10,3,3)=0.27
a9(10,3,4)=0.24
a9(10,3,5)=0.22
a9(10,3,6)=0.19
a9(10,3,7)=0.16
a9(10,3,8)=0.15
a9(10,3,9)=0.13
a9(10,3,10)=0.12
a9(10,4,1)=0.33
a9(10,4,2)=0.29
a9(10,4,3)=0.26
a9(10,4,4)=0.23
a9(10,4,5)=0.21
a9(10,4,6)=0.18
a9(10,4,7)=0.16

a9(10,4,8)=0.14
a9(10,4,9)=0.13
a9(10,4,10)=0.12
a9(10,5,1)=0.32
a9(10,5,2)=0.28
a9(10,5,3)=0.25
a9(10,5,4)=0.23
a9(10,5,5)=0.21
a9(10,5,6)=0.18
a9(10,5,7)=0.16
a9(10,5,8)=0.14
a9(10,5,9)=0.13
a9(10,5,10)=0.12
a9(10,6,1)=0.31
a9(10,6,2)=0.27
a9(10,6,3)=0.24
a9(10,6,4)=0.22
a9(10,6,5)=0.20
a9(10,6,6)=0.18
a9(10,6,7)=0.15
a9(10,6,8)=0.14
a9(10,6,9)=0.13
a9(10,6,10)=0.12
a9(10,7,1)=0.29
a9(10,7,2)=0.26
a9(10,7,3)=0.23
a9(10,7,4)=0.21
a9(10,7,5)=0.20
a9(10,7,6)=0.17
a9(10,7,7)=0.15
a9(10,7,8)=0.14
a9(10,7,9)=0.12
a9(10,7,10)=0.11
a9(10,8,1)=0.27
a9(10,8,2)=0.24
a9(10,8,3)=0.21
a9(10,8,4)=0.20
a9(10,8,5)=0.18
a9(10,8,6)=0.16
a9(10,8,7)=0.14
a9(10,8,8)=0.13
a9(10,8,9)=0.12
a9(10,8,10)=0.11
a9(10,9,1)=0.24
a9(10,9,2)=0.22
a9(10,9,3)=0.20
a9(10,9,4)=0.18
a9(10,9,5)=0.17
a9(10,9,6)=0.15
a9(10,9,7)=0.14
a9(10,9,8)=0.12
a9(10,9,9)=0.11

a9(10,9,10)=0.10
a9(10,10,1)=0.20
a9(10,10,2)=0.19
a9(10,10,3)=0.17
a9(10,10,4)=0.16
a9(10,10,5)=0.15
a9(10,10,6)=0.13
a9(10,10,7)=0.12
a9(10,10,8)=0.11
a9(10,10,9)=0.10
a9(10,10,10)=0.10

C read(*,*) u,z,b

u2=0
ufb2=0
if (u.eq.4.5) then
u1=1
ufb1=4.5
else if (u.eq. 3.0) then
u1=2
ufb1=3.0
else if (u .eq. 2.0) then
u1=3
ufb1=2.0
else if (u.eq. 1.5) then
u1=4
ufb1=1.5
else if (u.eq. 1.0) then
u1=5
ufb1=1.0
else if (u.eq. 0.9) then
u1=6
ufb1=0.9
else if (u .eq. 0.8) then
u1=7
ufb1=0.8
else if (u .eq. 0.7) then
u1=8
ufb1=0.7
else if (u.eq. 0.6) then
u1=9
ufb1=0.6
else if (u.eq. 0.5) then
u1=10
ufb1=0.5
else if (u.lt. 4.5 .and. u .gt. 3.0) then
u1=1
u2=2
ufb1=4.5

```

    ufb2=3.0
else if (u.lt.3.0 .and. u.gt. 2.0) then
    u1=2
    u2=3
    ufb1=3.0
    ufb2=2.0
else if (u.lt.2.0 .and. u.gt. 1.5) then
    u1=3
    u2=4
    ufb1=2.0
    ufb2=1.5
else if (u .lt. 1.5 .and. u.gt. 1.0) then
    u1=4
    u2=5
    ufb1=1.5
    ufb2=1.0
else if (u.lt. 1.0 .and. u.gt. 0.9) then
    u1=5
    u2=6
    ufb1=1.0
    ufb2=0.9
else if (u.lt. 0.9 .and. u.gt.0.8) then
    u1=6
    u2=7
    ufb1=0.9
    ufb2=0.8
else if (u.lt. 0.8 .and. u.gt.0.7) then
    u1=7
    u2=8
    ufb1=0.8
    ufb2=0.7
else if (u.lt.0.7 .and. u.gt.0.6) then
    u1=8
    u2=9
    ufb1=0.7
    ufb2=0.6
else if (u.lt.0.6 .and. u .gt. 0.5) then
    u1=9
    u2=10
    ufb1=0.6
    ufb2=0.5
else if (u.lt.0.5) then
    write (*,*) "mikri timi "
    stop
else
    write (*,*) "megali timi"
    stop
end if

z2=0
zm2=0
if (z .eq. 0.0) then

```

```

z1=1
zm1=0.0
else if (z.eq.0.5) then
  z1=2
  zm1=0.5
else if (z.eq.1.0) then
  z1=3
  zm1=1.0
else if (z.eq.1.5) then
  z1=4
  zm1=1.5
else if (z.eq.2.0) then
  z1=5
  zm1=2.0
else if (z.eq. 2.5) then
  z1=6
  zm1=2.5
else if (z.eq.3.0) then
  z1=7
  zm1=3.0
else if (z.eq.4.5) then
  z1=8
  zm1=4.5
else if (z.eq.6.0) then
  z1=9
  zm1=6.0
else if (z.eq.9.0) then
  z1=10
  zm1=9.0
else if (z.gt.0.0 .and. z.lt.0.5) then
  z1=1
  z2=2
  zm1=0.0
  zm2=0.5
else if (z.gt. 0.5 .and. z.lt.1.0) then
  z1=2
  z2=3
  zm1=0.5
  zm2=1.0
else if (z.gt.1.0 .and. z.lt. 1.5) then
  z1=3
  z2=4
  zm1=1.0
  zm2=1.5
else if (z.gt.1.5 .and. z.lt. 2.0) then
  z1=4
  z2=5
  zm1=1.5
  zm2=2.0
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.5) then
  z1=5
  z2=6

```

```

    zm1=2.0
    zm2=2.5
else if (z.gt. 2.5 .and. z.lt. 3.0) then
    z1=6
    z2=7
    zm1=2.5
    zm2=3.0
else if (z.gt.3.0 .and. z.lt. 4.5) then
    z1=7
    z2=8
    zm1=3.0
    zm2=4.5
else if (z.gt.4.5 .and. z.lt. 6.0) then
    z1=8
    z2=9
    zm1=4.5
    zm2=6.0
else if (z.gt.6.0 .and. z.lt.9.0) then
    z1=9
    z2=10
    zm1=6.0
    zm2=9.0
else if (z.gt. 9.0) then
    write (*,*) "megalo bathos"
    stop
else
    write (*,*) "lathos timi"
    stop
end if
C   Ypologismos tou b
b2=0
bt2=0
if (b.gt.0 .and. b.le.2.0) then
    b1=1
    bt1=2
else if (b.eq.4.0) then
    b1=2
    bt1=4
else if (b.eq. 6.0) then
    b1=3
    bt1=6.0
else if (b.eq.8.0) then
    b1=4
    bt1=8.0
else if (b.eq.10.0) then
    b1=5
    bt1=10.0
else if (b.eq. 14.0) then
    b1=6
    bt1=14.0
else if (b.eq. 18.0) then
    b1=7

```

```
    bt1=18.0
else if (b.eq. 22.0) then
    b1=8
    bt1=22.0
else if (b.eq.26.0) then
    b1=9
    bt1=26.0
else if (b.ge.30.0) then
    b1=10
    bt1=30.0
else if (b.gt.2.0 .and. b.lt.4.0) then
    b1=1
    b2=2
    bt1=2.0
    bt2=4.0
else if (b.gt. 4.0 .and. b.lt.6.0) then
    b1=2
    b2=3
    bt1=4.0
    bt2=6.0
else if (b.gt. 6.0 .and. b.lt. 8.0) then
    b1=3
    b2=4
    bt1=6.0
    bt2=8.0
else if (b.gt. 8.0 .and. b.lt.10.0) then
    b1=4
    b2=5
    bt1=8.0
    bt2=10.0
else if (b.gt.10.0 .and. b.lt. 14.0) then
    b1=5
    b2=6
    bt1=10.0
    bt2=14.0
else if (b.gt.14.0 .and. b.lt. 18.0) then
    b1=6
    b2=7
    bt1=14.0
    bt2=18.0
else if (b.gt.18.0 .and. b.lt. 22.0) then
    b1=7
    b2=8
    bt1=18.0
    bt2=22.0
else if (b.gt.22.0 .and. b.lt.26.0) then
    b1=8
    b2=9
    bt1=22.0
    bt2=26.0
else if (b.gt.26.0 .and. b.lt. 30.0) then
    b1=9
```



```

    b2=10
    bt1=26.0
    bt2=30.0
end if
write (*,*) u1,u2
write (*,*) zm1,zm2
write (*,*) bt1,bt2
if (u2.eq.0) then
if (z2 .ne. 0 .and. b2.ne.0) then
    apot1=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z2,b1))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    apot2=a9(u1,z1,b2)+((a9(u1,z1,b2)-a9(u1,z2,b2))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    apot=apot1+((apot1-apot2)*(b-bt1)/(bt1-bt2))
    write (*,*) apot1, apot2
    write (*,*) apot
else if (z2 .ne. 0 .and. b2 .eq. 0) then
    apot=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z2,b1))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    write(*,*) apot
else if (b2 .ne. 0 .and. z2 .eq. 0) then
    apot=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z1,b2))*(b-bt1)/
& (bt1-bt2))
    write(*,*) apot
else
    apot=a9(u1,z1,b1)
    write(*,*) apot
end if
else
if (z2 .ne. 0 .and. b2.ne.0) then
    apot1=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z2,b1))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    apot2=a9(u1,z1,b2)+((a9(u1,z1,b2)-a9(u1,z2,b2))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    apot=apot1+((apot1-apot2)*(b-bt1)/(bt1-bt2))
    write (*,*) apot1, apot2
    write (*,*) apot
else if (z2 .ne. 0 .and. b2 .eq. 0) then
    apot=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z2,b1))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))
    write(*,*) apot
else if (b2 .ne. 0 .and. z2 .eq. 0) then
    apot=a9(u1,z1,b1)+((a9(u1,z1,b1)-a9(u1,z1,b2))*(b-bt1)/
& (bt1-bt2))
    write(*,*) apot
else
    apot=a9(u1,z1,b1)
end if
apot_o=apot
if (z2 .ne. 0 .and. b2.ne.0) then
    apot1=a9(u2,z1,b1)+((a9(u2,z1,b1)-a9(u2,z2,b1))*(z-zm1)/
& (zm1-zm2))

```

```

    apot2=a9(u2,z1,b2)+((a9(u2,z1,b2)-a9(u2,z2,b2))*(z-zm1)/
&    (zm1-zm2))
    apot_n=apot1+((apot1-apot2)*(b-bt1)/(bt1-bt2))
    write(*,*) apot1, apot2
    write(*,*) apot_n
    else if (z2 .ne. 0 .and. b2 .eq. 0) then
    apot_n=a9(u2,z1,b1)+((a9(u2,z1,b1)-a9(u2,z2,b1))*(z-zm1)/
&    (zm1-zm2))
    write(*,*) "---",apot_n
    else if (b2 .ne. 0 .and. z2 .eq. 0) then
    apot_n=a9(u2,z1,b1)+((a9(u2,z1,b1)-a9(u2,z1,b2))*(b-bt1)/
&    (bt1-bt2))
    write(*,*) apot_n
    else
    apot_n=a9(u2,z1,b1)
    end if
    write(*,*) apot_o, apot_n
    apot=apot_o+((apot_o-apot_n)*(u-ufb1)/(ufb1-ufb2))
    write(*,*) apot
    end if
    Write(*,*) 'Your message here....'
    read(*,*) KeyBuf
    return
end function

```

```

real function pin9b(z,u)
implicit none
real a(9,12)
real z,u
integer line1,line2, col1, col2
real z1, z2, u1, u2
real apot, apot1, apot2
a(1,1)=2.14
a(1,2)=1.70
a(1,3)=1.30
a(1,4)=1.06
a(1,5)=0.77
a(1,6)=0.71
a(1,7)=0.64
a(1,8)=0.57
a(1,9)=0.50
a(1,10)=0.43
a(1,11)=0.35
a(1,12)=0.27
a(2,1)=1.59
a(2,2)=1.31
a(2,3)=1.05
a(2,4)=0.88
a(2,5)=0.67
a(2,6)=0.62
a(2,7)=0.57
a(2,8)=0.51

```

a(2,9)=0.45
a(2,10)=0.39
a(2,11)=0.32
a(2,12)=0.25
a(3,1)=1.30
a(3,2)=1.09
a(3,3)=0.89
a(3,4)=0.76
a(3,5)=0.59
a(3,6)=0.55
a(3,7)=0.51
a(3,8)=0.47
a(3,9)=0.42
a(3,10)=0.36
a(3,11)=0.30
a(3,12)=0.24
a(4,1)= 1.10
a(4,2)=0.94
a(4,3)=0.78
a(4,4)=0.68
a(4,5)=0.54
a(4,6)=0.50
a(4,7)=0.47
a(4,8)=0.43
a(4,9)=0.39
a(4,10)=0.34
a(4,11)=0.29
a(4,12)=0.23
a(5,1)=0.97
a(5,2)=0.83
a(5,3)=0.70
a(5,4)=0.61
a(5,5)=0.49
a(5,6)=0.46
a(5,7)=0.43
a(5,8)=0.40
a(5,9)=0.36
a(5,10)=0.32
a(5,11)=0.27
a(5,12)=0.22
a(6,1)=0.87
a(6,2)=0.75
a(6,3)=0.64
a(6,4)=0.56
a(6,5)=0.46
a(6,6)=0.43
a(6,7)=0.40
a(6,8)=0.37
a(6,9)=0.34
a(6,10)=0.30
a(6,11)=0.26
a(6,12)=0.21

a(7,1)=0.67
a(7,2)=0.59
a(7,3)=0.51
a(7,4)=0.45
a(7,5)=0.38
a(7,6)=0.36
a(7,7)=0.34
a(7,8)=0.31
a(7,9)=0.29
a(7,10)=0.26
a(7,11)=0.23
a(7,12)=0.19
a(8,1)=0.56
a(8,2)=0.49
a(8,3)=0.43
a(8,4)=0.39
a(8,5)=0.33
a(8,6)=0.31
a(8,7)=0.29
a(8,8)=0.27
a(8,9)=0.25
a(8,10)=0.23
a(8,11)=0.20
a(8,12)=0.17
a(9,1)=0.42
a(9,2)=0.38
a(9,3)=0.33
a(9,4)=0.30
a(9,5)=0.26
a(9,6)=0.25
a(9,7)=0.24
a(9,8)=0.22
a(9,9)=0.21
a(9,10)=0.19
a(9,11)=0.17
a(9,12)=0.15

line2=0
col2=0
z2=0.0
u2=0.0

read (*,*) z,u

if (z .le. 0.5) then
 line1=1
 z1=0.5
else if (z.eq. 1.0) then
 line1=2
 z1=1.0
else if (z.eq. 1.5) then
 line1=3

```
z1=1.5
else if (z.eq. 2.0) then
  line1=4
  z1=2.0
else if (z.eq. 2.5) then
  line1=5
  z1=2.5
else if (z.eq. 3.0) then
  line1=6
  z1=3.0
else if (z .eq. 4.5) then
  line1=7
  z1=4.5
else if (z.eq. 6.0) then
  line1=8
  z1=6.0
else if (z.ge. 9.0) then
  line1=9
  z1=9.0
else if (z.gt. 0.5 .and. z.lt. 1.0) then
  line1=1
  line2=2
  z1=0.5
  z2=1.0
else if (z.gt. 1.0 .and. z.lt. 1.5) then
  line1=2
  line2=3
  z1=1.0
  z2=1.5
else if (z.gt. 1.5 .and. z.lt. 2.0) then
  line1=3
  line2=4
  z1=1.5
  z2=2.0
else if (z.gt. 2.0 .and. z.lt. 2.5) then
  line1=4
  line2=5
  z1=2.0
  z2=2.5
else if (z.gt. 2.5 .and. z.lt. 3.0) then
  line1=5
  line2=6
  z1=2.5
  z2=3.0
else if (z.gt. 3.0 .and. z.lt. 4.5) then
  line1=6
  line2=7
  z1=3.0
  z2=4.5
else if (z.gt. 4.5 .and. z.lt. 6.0) then
  line1=7
  line2=8
```

```

z1=4.5
z2=6.0
else if (z.gt. 6.0 .and. z.lt. 9.0) then
  line1=8
  line2=9
  z1=6.0
  z2=9.0
else
  write (*,*) line1, line2
end if
write (*,*) line1, line2

if (u.ge.4.5) then
  col1=1
  u1=4.5
else if (u.eq.3.0) then
  col1=2
  u1=3.0
else if (u.eq.2.0) then
  col1=3
  u1=2.0
else if (u.eq.1.5) then
  col1=4
  u1=1.5
else if (u.eq.1.0) then
  col1=5
  u1=1.0
else if (u.eq.0.9) then
  col1=6
  u1=0.9
else if (u.eq.0.8) then
  col1=7
  u1=0.8
else if (u.eq.0.7) then
  col1=8
  u1=0.7
else if (u.eq.0.6) then
  col1=9
  u1=0.6
else if (u.eq.0.5) then
  col1=10
  u1=0.5
else if (u.eq.0.4) then
  col1=11
  u1=0.4
else if (u.eq.0.3) then
  col1=12
  u1=0.3
else if (u .lt. 4.5 .and. u .gt. 3.0) then
  col1=1
  col2=2
  u1=4.5

```

```
u2=3.0
else if (u .lt. 3.0 .and. u .gt. 2.0) then
  col1=2
  col2=3
  u1=3.0
  u2=2.0
else if (u .lt. 2.0 .and. u .gt. 1.5) then
  col1=3
  col2=4
  u1=2.0
  u2=1.5
else if (u .lt. 1.5 .and. u .gt. 1.0) then
  col1=4
  col2=5
  u1=1.5
  u2=1.0
else if (u .lt. 1.0 .and. u .gt. 0.9) then
  col1=5
  col2=6
  u1=1.0
  u2=0.9
else if (u .lt. 0.9 .and. u .gt. 0.8) then
  col1=6
  col2=7
  u1=0.9
  u2=0.8
else if (u .lt. 0.8 .and. u .gt. 0.7) then
  col1=7
  col2=8
  u1=0.8
  u2=0.7
else if (u .lt. 0.7 .and. u .gt. 0.6) then
  col1=8
  col2=9
  u1=0.7
  u2=0.6
else if (u .lt. 0.6 .and. u .gt. 0.5) then
  col1=9
  col2=10
  u1=0.6
  u2=0.5
else if (u .lt. 0.5 .and. u .gt. 0.4) then
  col1=10
  col2=11
  u1=0.5
  u2=0.4
else if (u .lt. 0.4 .and. u .gt. 0.3) then
  col1=11
  col2=12
  u1=0.4
  u2=0.3
end if
```

```

write (*,*) col1, col2

if (line2 .ne. 0 .and. col2.ne.0) then
  apot1=a(line1,col1)+( a(line1,col1)-
&  a(line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
  apot2=a(line1,col2)+( a(line1,col2)-
&  a(line2,col2))*(z-z1)/(z1-z2))
  apot=apot1+((apot1-apot2)*(u-u1)/(u1-u2))
  write (*,*) apot1, apot2, u, u1, u2
  write (*,*) apot
else if (line2 .ne. 0 .and. col2 .eq. 0) then
  apot=a(line1,col1)+( a(line1,col1)-
&  a(line2,col1))*(z-z1)/(z1-z2))
  write(*,*) apot
else if (col2 .ne. 0 .and. line2 .eq. 0) then
  apot=a(line1,col1)+( a(line1,col1)-
&  a(line1,col2))*(u-u1)/(u1-u2))
  write(*,*) apot
end if

return
end function

```

```

real function pinakas11(iliko, xar)
implicit none
integer iliko,xar
real sint
select case (iliko)
case (1)
  select case (xar)
  case (1)
    sint=7.0
  case (2)
    sint=2.5
  end select
case (2)
  select case (xar)
  case (1)
    sint=2.8
  case (2)
    sint=2.2
  case (3)
    sint=2
  case(4)
    sint=1.5
  end select
case(3)
  select case (xar)
  case(1)
    sint=2.4
  case(2)
    sint=2.0

```



```
case(3)
  sint=1.7
case(4)
  sint=1.5
end select
```

```
end select
pinakas11=sint
return
end function
```

```
real function pinakas12(i, j, k, l)
```

```
integer i, j, k, l
```

```
real aerio(72,72,72,72)
```

```
write (*,*) i,j,k,l
```

```
aerio(2,1,1,1)=3.3
```

```
aerio(2,1,1,2)=3.0
```

```
aerio(2,1,1,3)=2.8
```

```
aerio(2,1,2,1)=3.1
```

```
aerio(2,1,2,2)=2.9
```

```
aerio(2,1,2,3)=2.7
```

```
aerio(2,1,3,1)=2.8
```

```
aerio(2,1,3,2)=2.7
```

```
aerio(2,1,3,3)=2.6
```

```
aerio(2,1,4,1)=2.7
```

```
aerio(2,1,4,2)=2.6
```

```
aerio(2,1,4,3)=2.6
```

```
aerio(2,1,5,1)=2.7
```

```
aerio(2,1,5,2)=2.6
```

```
aerio(2,1,5,3)=2.6
```

```
aerio(2,2,1,1)=2.6
```

```
aerio(2,2,1,2)=2.2
```

```
aerio(2,2,1,3)=1.7
```

```
aerio(2,2,2,1)=2.2
```

```
aerio(2,2,2,2)=1.9
```

```
aerio(2,2,2,3)=1.4
```

```
aerio(2,2,3,1)=1.8
```

```
aerio(2,2,3,2)=1.5
```

```
aerio(2,2,3,3)=1.3
```

```
aerio(2,2,4,1)=1.6
```

```
aerio(2,2,4,2)=1.4
```

```
aerio(2,2,4,3)=1.3
```

```
aerio(2,2,5,1)=1.6
```

```
aerio(2,2,5,2)=1.4
```

```
aerio(2,2,5,3)=1.4
```

```
aerio(2,3,1,1)=2.5
```

```
aerio(2,3,1,2)=2.1
```

```
aerio(2,3,1,3)=1.5
```

```
aerio(2,3,2,1)=2.1
```

```
aerio(2,3,2,2)=1.7
```

```
aerio(2,3,2,3)=1.3
```

```
aerio(2,3,3,1)=1.7
aerio(2,3,3,2)=1.3
aerio(2,3,3,3)=1.1
aerio(2,3,4,1)=1.4
aerio(2,3,4,2)=1.2
aerio(2,3,4,3)=1.2
aerio(2,3,5,1)=1.5
aerio(2,3,5,2)=1.2
aerio(2,3,5,3)=1.2
aerio(3,1,1,1)=2.3
aerio(3,1,1,2)=2.1
aerio(3,1,1,3)=1.8
aerio(3,1,2,1)=2.1
aerio(3,1,2,2)=1.9
aerio(3,1,2,3)=1.7
aerio(3,1,3,1)=1.9
aerio(3,1,3,2)=1.8
aerio(3,1,3,3)=1.6
aerio(3,2,1,1)=1.7
aerio(3,2,1,2)=1.3
aerio(3,2,1,3)=1.0
aerio(3,2,2,1)=1.4
aerio(3,2,2,2)=1.1
aerio(3,2,2,3)=0.8
aerio(3,2,3,1)=1.1
aerio(3,2,3,2)=0.9
aerio(3,2,3,3)=0.6
aerio(3,3,1,1)=1.6
aerio(3,3,1,2)=1.2
aerio(3,3,1,3)=0.9
aerio(3,3,2,1)=1.3
aerio(3,3,2,2)=1.0
aerio(3,3,2,3)=0.7
aerio(3,3,3,1)=1.0
aerio(3,3,3,2)=0.8
aerio(3,3,3,3)=0.5
pinakas12=aerio(i,j,k,l)
write (*,*) pinakas12
return
end function
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		c_p	μ
	ρ kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1. Ανόργανα δομικά υλικά					
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες					
1.1.1. Συμπίεσι λίθοι					
1.1.1.1 Κρηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2600	2,300	1 000	250	200
1.1.1.2 Ομογενής βράχος		3,500			
1.1.1.3 Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.4 Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.5 Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000	10 000
1.1.1.6 Μάρμαρο	2600	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.7 Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000	800
1.1.1.8 Ασβεστόλιθος π.ολύ σκληρός	2600	2,300	1 000	250	200
σκληρός	2200	1,700	1 000	200	150
ημίσκληρος	2000	1,400	1 000	50	40
1.1.2. Παρώδεις λίθοι					
1.1.2.1 Ασβεστόλιθος μαλακός	1800	1,100	1 000	40	25
π.ολύ μαλακός	1600	0,850	1 000	30	20
1.1.2.2 Ψαμίτης	2600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3 Κρηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1500	0,850	1 000	30	20
1.1.2.4 Κόσμη υπ.ό μορφή πέτρας, λάβα, παρώδεις λάβα	1600	0,550	800	20	15
1.1.2.5 Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.1.2.6 Γλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
1.2. Γαϊώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.					
1.2.1. Χώμα συμπίεσι	1800	2,000			
1.2.2. Άργιλος / υλός	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50	50
1.2.3. Ψυιάδης άμμος (υγρή)	1700	1,500	1 800	—	
1.2.4. Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000		
(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500		
1.2.5. Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1520	0,350	800		
1.2.6. Αμμοχάλικο	2200	2,000	910 - 1180	50	50
1.2.7 Χονδράκακη κίτρη		0,190		40	180
1.2.8 Διογκωμένος π.ερίλιθς	50 - 130	0,070	900	1 - 2	
1.2.9 Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm, συλλεκτικές και θραυστές		0,810			
1.2.10. Θραύσματα οπ.τόπ.λθων και κεραμικών	1400	0,410			
1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)					
1.3.1. Ελαφρός πηλός (κίτρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6	
1.3.2. Πηλός μπ.αγδαί		0,470			
1.3.3. Πηλός λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4. Ωμόπ.λνθοι συμπίεσι	1990	0,800	1 000	10	
1.3.5. Ωμόπ.λνθοι με π.ρόσμιξη άχρου	300	0,100	1 500	5	
	660	0,190	1 500	5	
	1400	0,700			
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	
1.4.2. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0,870	1 000	25 - 35	
	1900	1,000	1 100	35	
1.4.3. Σιμεντοκονίαμα, επίστρωση σιμεντίου	2000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4. Ασβεστογυψοκονίαμα	1400	0,700	1 000	10	
1.4.5. Γυψοκονίαμα χωρίς συμπίεσι άχρου	1200	0,350	900	10	6
με συμπίεσι άχρου	1600	0,800	900	10	6
1.4.6. Θερμομονωτικό επιχρίσμα (εξωτερικά)	250	0,080	1 100	10	
	350	0,100	1 100	10	
	500	0,140	1 100	10	
1.4.7. Συνθετικά κονιάματα	1800	0,870	1 100	80 - 250	
1.4.8. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2300	0,900		—	

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά. (συνέχεια)

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.		Ειδική θερμοχωρητικότητα	
		λ	c_p	μ	
		kg/m^3	$\text{W/(m}\cdot\text{K)}$	$\text{J/(kg}\cdot\text{K)}$	ξηρό
1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)					
1.5.1. Σκυροδέμα άσπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας					
	1800	1,150	1 000	100	60
	2000	1,350	1 000	100	60
	2200	1,650	1 000	120	70
	υψηλής πυκνότητα				
	2400	2,000	1 000	130	80
1.5.2. Οπλισμένο σκυροδέμα χαμηλής ποιότητας (πυλαίου τύπου B120)					
		1,510			
1.5.3. Οπλισμένο σκυρόδεμα (1% σίδηρος)					
	2300	2,300	1 000	130	80
	(≥2% σίδηρος)				
	2400	2,500	1 000	130	80
1.5.4. Γαρμπόσκυροδέμα, γαρμπόδεμα					
	1500	0,640		20	
	1700	0,610		25	
	1900	1,100		35	
1.5.5. Κρηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα					
	500	0,200		5 - 20	
	600	0,220		5 - 20	
	800	0,280		5 - 20	
	1000	0,350		5 - 20	
	1200	0,460		5 - 20	
1.5.6. Σύμμικτα Ελαφροσκυρόδεμα με διακωμμένη πολυστερίνη					
	200	0,065		11	
	250	0,070		12	
	300	0,080		12	
	350	0,110		22	
1.5.7. Κυβελωτό σκυρόδεμα σκληρυμένο με ασβέ					
	400	0,140	1 000	3	
	500	0,190	1 000	4	
	600	0,230	1 000	4	
	800	0,290	1 000	5	
	1000	0,350	1 000	6	
1.5.8. Περιπόδεμα (το ειδικό βάρος εξαρτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμεντίου : π.ερίλη)					
1.5.8.1 Περιπόδεμα χωρίς τη χρήση αφροπαιητικού παράγοντα					
	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
1.5.8.2 Περιπόδεμα με τη χρήση αφροπαιητικού παράγοντα					
	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			
1.5.9. Ελαφροβαρείς πλάκες					
1.5.9.1. Πλάκες από ό κρηρόδεμα					
	800	0,280		5 - 10	
1.5.9.2. Πλάκες από ό ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμικτα αδρανή					
	1400	0,580		10 - 25	
1.5.10. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες					
1.5.10.1 Γυψοσανίδες					
	700	0,210	1 000	10	4
	900	0,250	1 000	10	4
	1150	0,360	1 000	10	
1.5.10.2 Τσιμεντοσανίδες					
	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.10.3 Ισοπλισμένες τσιμεντόπλακες					
	2000	0,480	1 100	60	
1.6. Λιθοσώματα					
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι					
	1750	1,300	1 000	50	40
1.7. Τοιχοποιίες από λιθοσώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών⁽¹⁾					
1.7.1. Τοιχοποιία από ό τσιμεντοειδούς βάσης					
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ό ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ)					
	1200	0,560	1 000	8 - 10	
	1400	0,700	1 000	8 - 10	
	1600	0,790	1 000	15 - 25	
	1800	0,990	1 000	15 - 25	
	2000	1,100	1 100	15 - 25	
	2200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)					
	400	0,110	1 000	3 - 5	
	500	0,130	1 000	4 - 6	
	600	0,160	1 000	5 - 7	
	700	0,190	1 000	6 - 8	
	800	0,220	1 000	8 - 10	

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής		
		θερμικής		θερμο-	αντίστασης	
		αγωγιμότητας- Τιμές σχεδιασμού.		χωρητικότητα	σε διάχυση υδρατμών	
ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c_p J/(kg·K)	μ ξηρό	υγρό		
1.7.1.3. Διάφρητες πλίνθοι από κυμαλωτό ακυρόδεμα	600	0,360	1 000	5 - 10		
	800	0,470	1 000	5 - 10		
	1000	0,660	1 000	5 - 10		
	1200	0,770	1 000	5 - 10		
	1400	0,910	1 000	5 - 10		
	1600	1,000	1 000	5 - 10		
1.7.1.4. Καπρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρότητα)	500	0,170	1 000	5 - 10		
	600	0,200	1 000	5 - 10		
	700	0,220	1 000	5 - 10		
	800	0,260	1 000	5 - 10		
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχρηστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πλάτους 12 mm						
1.7.2.1. Οπτοπλινθοδομή με πλήρες οπτοπλίνθους	1200	0,490	1 000	10 - 25		
	1500	0,600	1 000	10 - 25		
	1700	0,680	1 000	10 - 25		
	1900	0,780	1 000	10 - 25		
1.7.2.2. Οπτοπλινθοδομή με διάφρητες οπτοπλίνθους	1200 ⁽²⁾	0,450	1 000	5 - 10		
	1500 ⁽²⁾	0,510	1 000	5 - 10		
	1700 ⁽²⁾	0,580	1 000	5 - 10		
	1900 ⁽²⁾	0,640	1 000	5 - 10		
1.7.2.3. Παράδες αργιλικές οπτοπλίνθοι (παράδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10		
1.7.2.4. Οχύμαχος οπτοπλίνθοι (κλιγκερ)	1800	1,800	900	100		
1.8. Γαλότσουβλα	2500	1,400	840	∞		
1.9. Κεραμίδια						
1.9.1. Κεραμίδια		0,400				
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επιπέδωσης	2000	1,000	800	40	30	
2. Ξύλα						
2.1. Συμπανής ξυλεία						
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατεργαστή ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20	
	500	0,130	1 600	50	20	
	700	0,180	1 600	200	50	
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20	
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50	
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50	
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600			
2.2. Προϊόντα ξύλου						
2.2.1. Μορισσανίδες	300	0,100	1 700	50	10	
	600	0,140	1 700	50	15	
	900	0,180	1 700	50	20	
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50	
	500	0,130	1 600	200	70	
	700	0,170	1 600	220	90	
	1000	0,240	1 600	250	110	
2.2.3. Σκληρές πλάκες νευδούς ξύλου, νουσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3	
	400	0,100	1 700	10	5	
	600	0,140	1 700	20	12	
	800	0,180	1 700	30	20	
3. Μέταλλα και γυαλί						
3.1. Γυαλί						
3.1.1. Γυαλί, υαλοπινάκας	2 500	1,00	750	∞	∞	
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞	
3.2. Μέταλλα						
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞	
3.2.2. Χάλυβας (ασάμι)	7 800	50,00	450	∞	∞	
3.2.3. Ανοξείδωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞	
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞	
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞	
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞	
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞	
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞	
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞	
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m ² (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞	
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞	

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ	c_p	μ ξηρό	μ υγρό
		W/(m·K)	J/(kg·K)		
ρ	λ	c_p	μ	μ	
kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
4. Υλικά υποστρώματων και επιστρώσεων					
4.1. Απλόσαιο	1 200	0,170	1 400	1 000	800
4.2. Υποστρώματα					
4.2.1. Υπόστρωμα από τούφα, πηλίμα	120	0,050	1 300	20	15
4.2.2. Υπόστρωμα από κυπαρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	270	0,100	1 400	10 000	10 000
4.2.3. Υπόστρωμα από λινάσπα	200	0,060	1 300	20	15
4.2.4. Υπόστρωμα φελλού	< 200	0,050	1 500	20	10
4.2.5. Υαλοφύραμα, υαλόνημα, γυαλίφραμα	80 - 140	0,040	1 030	2	2
	> 140	0,045	1 030	2	2
4.2.6. Πιστοποιημένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030	10	10
4.3. Πλακίδια φελλού					
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560	10 - 30	
	> 400	0,065	1 500	40	20
4.3.2. Πλακίδια φελλού, απλασμένα με ψαθωτή φραγή	100 - 150	0,046	1 560	10 - 30	
4.4. Μοκέτα					
	200	0,060	1 300	5	5
4.5. Καουτσούκ, Λάστιχο					
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100	10 000	10 000
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140	10 000	10 000
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400	200 000	200 000
4.5.4. Διαγκωμένο καουτσούκ (αφρώδες, στη αγγώδες, λατέξ)	80 - 80	0,060	1 500	7 000	7 000
4.5.5. Σκληρυμμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400	∞	∞
4.5.6. Μονομερές αιθυλένιο-πρωπιλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000	6 000	6 000
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100	10 000	10 000
4.5.8. Πολυισοπρένιο	1 700	0,400	1 000	10 000	10 000
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000	100 000	100 000
4.6. Ασφαλτικά υλικά					
4.6.1. Καθαρή ασφαλτός, μασήση ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700	50 000	50 000
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικά σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000	50 000	50 000
4.6.3. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920	50 000	50 000
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000	50 000	50 000
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1 100	0,230	1 000	50 000	50 000
4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τιμάντο					
4.7.1. Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2 000	1,050		250	
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια διαπέδων	2 000	1,640	840	250	
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφελκυστή / πορσελάνες	2 300	1,300	840	∞	∞
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200			
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια					
	1 000	0,200	1 000	10 000	10 000
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου					
	2 100	1,500	1 000	100	60
5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες					
5.1. Πλαστικά					
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200	5 000	5 000
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλενικό (υψηλής πυκνότητας)	960	0,500	1 800	100 000	100 000
	920	0,330	2 200	100 000	100 000
	(χαμηλής πυκνότητας)				
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900	50 000	50 000
5.1.4. Πολυπροπιλένιο (PP)	910	0,220	1 800	10 000	10 000
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300	100 000	100 000
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500	10 000	10 000
5.1.7. Πολυεπαξυφθορααιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000	10 000	10 000
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400	100 000	100 000
5.1.9. Πολυαμίδια	1 150	0,250	1 600	50 000	5 000
5.1.10. Πολυουρεθάνη	1 200	0,250	1 800	6 000	6 000
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500	60	60
5.2. Ρητίνες					
5.2.1. Εποξική (επιξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400	10 000	10 000
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700	100 000	100 000
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200	10 000	10 000
5.3. Σιλικόνες					
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000	5 000	5 000
5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000	5 000	5 000
5.3.3. Σιλκονόχυμος αφρός	750	0,120	1 000	10 000	10 000
5.3.4. Κάκκοι οξειδίου του πυριτίου, πυριτική πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c_p J/(kg·K)	μ ξηρό	μ υγρό
6. Θερμονωτικά υλικά					
6.1. Ξηρά ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας					
6.1.1.1 Υαλοβάμβακας σε μορφή πηλίου	13 - 50	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.1.2 Υαλοβάμβακας σε μορφή πλάκων	20 - 110	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2. Πετροβάμβακας					
6.1.2.1 Πετροβάμβακας σε μορφή πηλίου	40 - 100	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2.2 Πετροβάμβακας σε μορφή πλάκων	50 - 180	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3. Ορυκτοβάμβακας					
6.1.3.1 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πηλίου		0,039 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3.2 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλάκων		0,037 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίμματα θραυκτής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής					
6.3.1. Πλάκες φυλάκτου με ανόργανο συνδετικό $d < 25$ mm	570	0,150	1 470	2 - 5	
$d \geq 25$ mm	360 - 480	0,090 - 0,100	1 470	2 - 5	
6.3.2. Φελλός					
6.3.2.1 Σκληρά πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους		0,033 - 0,038	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες		0,033 - 0,038	1 500	20 - 100	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη					
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30-40	0,031 - 0,038	1 450	80 - 250	
6.3.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 451	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε άσπρο ή πλάκες)	30 - 80	0,023 - 0,030 ⁽¹⁾	1400 - 1500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός άσρος	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης					
6.4.1. Πλάκες ή μπύλες επεξεργασμένου άχρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0, 050		2	
6.4.3. Πλάκες από καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		
6.4.4. Κυτταρίνη (κολλώδης)					
(νώδης)	30 - 80	0,040 - 0,45	1700 - 2100		
6.4.5. Λινάρι	20 - 80	0,038 - 0,045	1300 - 1600		
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 60	0,040	840 - 1300		
6.4.7. Μαλλί πριβάτου	25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1300		
7. Αέρια					
7.1. Ξηρός αέρας (στους 20°C)	1,23	0,025	1 008	1	
7.2. Διαξέδιο του άνθρακα	1,95	0,014	820	1	
7.3. Αργό	1,70	0,017	519	1	
7.4. Κρυστό	3,56	0,009	245	1	
7.5. Ξένο	5,68	0,0054	160	1	
8. Νερό					
8.1. Νερό σε υγρή φάση					
8.1.1. Νερό στους 10°C	1000	0,600	4 187	—	—
8.1.2. Νερό στους 40°C	990	0,630	4 190	—	—
8.1.3. Νερό στους 80°C	970	0,670	4 190	—	—
8.2. Νερό σε στερεά φάση					
8.2.1. Πάχος στους -10°C	920	2,300	2 000	—	—
8.2.2. Πάχος στους 0°C	900	2,200	2 000	—	—
8.2.3. Φρέσκο χόνι (π άχρος στρώσης < 30 mm)	100	0,060	2 000	—	—
8.2.4. Χόνι, μαλακό (π άχρος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	—	—
8.2.5. Χόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (π άχρος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	—	—
8.2.6. Χόνι, συμπιεσμένο (π άχρος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	—	—

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

⁽¹⁾ Οι πυκνότητες που αναγράφονται σ' αυτήν την κατηγορία, εφόσον δεν ορίζονται αλλιώς αναφέρονται στα στοιχεία (λίθους, πλινθούς) και όχι στον το

⁽²⁾ Η πυκνότητα αναφέρεται στο υλικό κατασκευής του στοιχείου και όχι σε ολόκληρο το στοιχείο (πλινθό).

⁽³⁾ Η αναγραφόμενη τιμή του λ της πολυουρεθάνης αντιστοιχεί σε πολυουρεθάνη 40 kg/m³. Όμως με την πάροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να πλησιάσει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.

Οι τιμές που δίδονται στον πίνακα 2 είναι ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (τιμές σχεδιασμού) για διάφορα υλικά.

- Για δομικά υλικά με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda \leq 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,
 - εφόσον υπόκεινται σε υποχρέωση σήμανσης CE, θα γίνεται χρήση της τιμής του λ , που αναγράφεται στην ετικέτα CE του προϊόντος βάσει του προτύπου προδιαγραφής τους ή βάσει ευρωπαϊκής τεχνικής έγκρισης,
 - εφόσον δεν υπόκεινται σε υποχρέωση σήμανσης CE, θα γίνεται χρήση της τιμής λ του υλικού από πιστοποιητικό διαπιστευμένου φορέα / εργαστηρίου.
 - για στρώση υλικού πάχους μικρότερου των 2 cm και $\lambda > 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ της οποίας η βασική λειτουργία δεν προορίζεται να παράσχει θερμομονωτική προστασία στο δομικό στοιχείο, μπορεί να γίνεται χρήση των ενδεικτικών τιμών του πίνακα.
- Για τις τοιχοποιίες (ενότητα 1.7. στον πίνακα 2) οι τιμές που αναγράφονται είναι ενδεικτικές και αναφέρονται στον ισοδύναμο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σχεδιασμού (λ' σχεδιασμού) της τοιχοποιίας για ποσοστό υγρασίας 4% κατ' όγκο. Η τιμή λ' συμπεριλαμβάνει στις θερμικές ιδιότητες της τοιχοποιίας την επίδραση συνδετικού κονιάματος πάχους 12 mm και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.
- Για προϊόντα τοιχοποιίας με $\lambda'_{\text{σχεδιασμού}} \leq 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
 - εφόσον υπάρχει δεδηλωμένη τιμή του ισοδύναμου συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ' , που αναγράφεται στην ετικέτα CE του προϊόντος από τον κατασκευαστή βάσει της μεθοδολογίας του προτύπου EN 1745 (είτε από μετρήσεις, είτε από χρήση υπολογιστικών εργαλείων προσομοίωσης, είτε από χρήση πινακοποιημένων τιμών), αυτή θα προσαυξάνεται κατά 24% και θα λαμβάνεται ως $\lambda'_{\text{σχεδιασμού}}$,
 - εάν δίνεται από τον κατασκευαστή η τιμή λ' σχεδιασμού, θα γίνεται απευθείας χρήση αυτής,
 - εάν ο κατασκευαστής δεν παρέχει την τιμή λ' αλλά την τιμή λ της μονάδας τοιχοποιίας (π.χ. της οπτοπλίνθου) θα ακολουθείται η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στην ενότητα 2.1.9.,
 - σε κάθε περίπτωση όταν η τιμή λ' δίνεται από τον κατασκευαστή για συνδετικό κονίαμα με $\lambda < 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ η τιμή λ του συνδετικού κονιάματος θα λαμβάνεται από την ετικέτα σήμανσης CE του υλικού.

Πίνακας 3α. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα κατά ISO 6946 (πηγή: ISO 6946).

Α/Α	Κατεύθυνση θερμικής ροής	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Οριζόντια θερμική ροή	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα άνω	10,00	25,00	0,10	0,04
3	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα κάτω	5,88	25,00	0,17	0,04

Πίνακας 3β. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

Παρατηρήσεις

- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εσωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.
- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εξωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου $\theta_a = 0^\circ\text{C}$ και ταχύτητα ανέμου $u = 4 \text{ m/s}$.

Πίνακας 4α. Θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα, ευρισκόμενου πρακτικά σε κατάσταση ηρεμίας

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Χωρίς ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,80$) σε καμιά πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,05$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
5	0,11	0,11	0,11	0,19	0,19	0,19
7	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26
10	0,15	0,15	0,15	0,36	0,36	0,36
15	0,17	0,16	0,17	0,52	0,45	0,52
25	0,18	0,16	0,19	0,67	0,45	0,80
50	0,18	0,16	0,21	0,67	0,45	0,80
100	0,18	0,16	0,22	0,67	0,45	0,80
300	0,18	0,16	0,23	0,67	0,45	0,80

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,10$) στη μία πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,20$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
5	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
7	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22
10	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29	0,29
15	0,46	0,41	0,46	0,38	0,34	0,38
25	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,50
50	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,67
100	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75
300	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75

Παρατηρήσεις

- Οι τιμές του πίνακα δίνονται για στρώση αέρα που ορίζεται μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών, οι οποίες είναι κάθετες στην κατεύθυνση της θερμικής ροής και υπό τις προϋποθέσεις ότι:
 - ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δομικό στοιχείο, δηλαδή δεν έχει εναλλαγές με το εξωτερικό περιβάλλον εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου,
 - η στρώση έχει πάχος μικρότερο του 1/10 εκάστης των άλλων δύο διαστάσεων και πάντως όχι μεγαλύτερο των 30 cm.
- Ως οριζόντια θεωρείται η θερμική ροή που παρουσιάζει απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο μέχρι $\pm 30^\circ$.
- Η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα στην περίπτωση τοποθέτησης ανακλαστικής μεμβράνης στη μία πλευρά του διακένου έχει υπολογιστεί με βάση τη μεθοδολογία του προτύπου ISO 6946 (παράρτημα Β) για μέση τιμή θερμοκρασίας $10^\circ C$ και διαφορά

θερμοκρασίας κατά το πλάτος του διακένου ίση με 5 K. Θεωρήθηκε ότι η μία κατακόρυφη επιφάνεια του διακένου διαμορφώνεται από συμβατικά δομικά υλικά (π.χ. σκυρόδεμα ή οπτόπλινθους) με εκπεμπτικότητα ίση με $\epsilon = 0,8$. Η εκπεμπτικότητα της ανακλαστικής μεμβράνης που εφαρμόζεται στη δεύτερη πλευρά του διακένου λήφθηκε διαδοχικά ίση με 0,05, 0,10 και 0,20.

Πίνακας 4β. Θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου υαλοπλάκα.

Πάχος διακένου mm	Θερμική αντίσταση διακένου υαλοπλάκων $R_{s,w}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]		
	Χωρίς επίστρωση	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ίσης με:	
		0,20	0,10
6	0,127	0,191	0,211
9	0,154	0,259	0,299
12	0,173	0,316	0,377
15	0,186	0,364	0,447
50	0,179	0,336	0,406

Παρατήρηση

- Οι τιμές του πίνακα ισχύουν για κατακόρυφα τοποθετημένα παράθυρα με αέρα στο διάκενο.

Πίνακας 5. Η θερμική αντίσταση που προβάλλει στρώμα αέρα μεταξύ οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής και κεκλιμένης στέγης (πηγή: ISO 6946).

Α/Α	Περιγραφή της οροφής	R_u
		($m^2 \cdot K$)/W
1	Κεραμοσκεπή επί τεγίδων και χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη.	0,06
2	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια.	0,20
3	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλη χαμηλής εκπομπής επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια.	0,30
4	Στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και μεμβράνη.	0,30

Παρατήρηση

- Στις τιμές του R_u συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση που προβάλλουν οι στρώσεις της κεκλιμένης στέγης.

Πίνακας 6. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _w	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 7. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Πίνακας 8. Εναλλαγές αέρα ανά ώρα ενός μη αεριζόμενου χώρου με το εξωτερικό του περιβάλλον βάσει του βαθμού αεροστεγανότητάς του (πηγή: ISO 13789).

Α/Α	Βαθμός αεροστεγανότητας	Εναλλαγές αέρα ανά ώρα n_u
		[h^{-1}]
1	Χωρίς ανοίγματα, υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς αερισμό	0,1
2	Υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς χρήση ανοιγμάτων για αερισμό	0,5
3	Υψηλή αεροστεγανότητα, μικρά ανοίγματα για αερισμό	1
4	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω τοπικών διαμπερών αρμών ή λόγω μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	3
5	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω μεγάλου πλήθους διαμπερών αρμών ή μεγάλων ή πολλών μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	10

Πίνακας 9α. Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$] πλάκας.

Ονομαστικός συντελεστής U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
4,50	0,00	1,21	0,83	0,64	0,53	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,20
	0,50	1,05	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	1,00	0,92	0,68	0,54	0,45	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,50	0,82	0,62	0,50	0,42	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	2,00	0,74	0,57	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,50	0,67	0,53	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	3,00	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	6,00	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
9,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
3,00	0,00	1,06	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	0,50	0,93	0,68	0,54	0,46	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,00	0,83	0,63	0,51	0,43	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	1,50	0,74	0,58	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,00	0,68	0,54	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	2,50	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	3,00	0,58	0,47	0,40	0,34	0,31	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,47	0,40	0,34	0,30	0,27	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14
	6,00	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
9,00	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
2,00	0,00	0,89	0,66	0,53	0,45	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,18
	0,50	0,80	0,61	0,49	0,42	0,36	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17
	1,00	0,72	0,56	0,46	0,39	0,35	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16
	1,50	0,66	0,53	0,44	0,37	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	2,00	0,61	0,49	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	2,50	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
	3,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	4,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	6,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
9,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	
1,50	0,00	0,77	0,59	0,48	0,41	0,36	0,29	0,24	0,21	0,19	0,17
	0,50	0,70	0,55	0,45	0,39	0,34	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	1,00	0,64	0,51	0,43	0,37	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,16
	1,50	0,59	0,48	0,40	0,35	0,31	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15
	2,00	0,55	0,45	0,38	0,33	0,30	0,24	0,21	0,18	0,16	0,15
	2,50	0,52	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	3,00	0,48	0,40	0,35	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14
	4,50	0,41	0,35	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	6,00	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
9,00	0,28	0,25	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	

Πίνακας 9α. (συνέχεια). Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$] πλάκας.

Ονομαστικός συντελεστής U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
1,00	0,00	0,61	0,49	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	0,50	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
	1,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	1,50	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	2,00	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	2,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	3,00	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	4,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	6,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
9,00	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	
0,90	0,00	0,57	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,17	0,15
	0,50	0,53	0,44	0,37	0,33	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,15
	1,00	0,50	0,41	0,36	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	1,50	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	2,00	0,44	0,37	0,33	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13
	2,50	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	3,00	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	4,50	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	6,00	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,12
9,00	0,25	0,22	0,20	0,19	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	
0,80	0,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	0,50	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	1,00	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	1,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	2,00	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,50	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	3,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	4,50	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	6,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11
9,00	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	
0,70	0,00	0,48	0,40	0,35	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14
	0,50	0,45	0,38	0,33	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	1,00	0,43	0,36	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
	1,50	0,41	0,34	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,00	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,50	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	3,00	0,35	0,30	0,27	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	4,50	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	6,00	0,28	0,25	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
9,00	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	

Πίνακας 9α. (συνέχεια). Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$] πλάκας.

Ονομαστικός συντελεστής U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
0,60	0,00	0,43	0,36	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
	0,50	0,41	0,35	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,00	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,50	0,37	0,32	0,28	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	2,00	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	2,50	0,34	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	3,00	0,33	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	4,50	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,26	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
9,00	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	
0,50	0,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	0,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	1,00	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	1,50	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,50	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,12
	3,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11
	4,50	0,27	0,24	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
9,00	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	

Πίνακας 9β. Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{TB}' [$W/(m^2 \cdot K)$] ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{TB} [$W/(m^2 \cdot K)$] που εκτείνεται σε βάθος z [m].

z (m)	Ονομαστικός συντελεστής U_{TB} [$W/(m^2 \cdot K)$]											
	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
0,50	2,14	1,70	1,30	1,06	0,77	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,35	0,27
1,00	1,59	1,31	1,05	0,88	0,67	0,62	0,57	0,51	0,45	0,39	0,32	0,25
1,50	1,30	1,09	0,89	0,76	0,59	0,55	0,51	0,47	0,42	0,36	0,30	0,24
2,00	1,10	0,94	0,78	0,68	0,54	0,50	0,47	0,43	0,39	0,34	0,29	0,23
2,50	0,97	0,83	0,70	0,61	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
3,00	0,87	0,75	0,64	0,56	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,26	0,21
4,50	0,67	0,59	0,51	0,45	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,26	0,23	0,19
6,00	0,56	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,17
9,00	0,42	0,38	0,33	0,30	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15

Παρατηρήσεις

- Οι πίνακες 9α και 9β προέκυψαν με χρήση της μεθοδολογίας που αναπτύσσεται αναλυτικά στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN ISO 13370 (2007). Για τους υπολογισμούς έγιναν οι εξής παραδοχές:
 1. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους θεωρήθηκε ίσος με $2,0 W/(m \cdot K)$
 2. Το πάχος των κατακόρυφων δομικών στοιχείων που εδράζονται επί της πλάκας έχουν συνολικό πάχος 30 cm.
 3. Το συνολικό ισοδύναμο πάχος των κατακόρυφων δομικών στοιχείων είναι μικρότερο από το συνολικό ισοδύναμο πάχος της πλάκας.
- Σύμφωνα με το EN ISO 13370 (2007) οι τιμές των πινάκων ισχύουν για χρήση εσωτερικών διαστάσεων. Επειδή όμως για όλους τους υπόλοιπους υπολογισμούς γίνεται χρήση εξωτερικών διαστάσεων και το σφάλμα που προκύπτει από την χρήση των πινάκων με εξωτερικές διαστάσεις είναι μικρό, για λόγους απλοποίησης οι υπολογισμοί που θα γίνονται με χρήση των πινάκων θα βασίζονται σε εξωτερικές διαστάσεις.

Πίνακας 10α. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίκυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,23 m \times 1,48 m$. Συνθετικό / ξύλινο πλαίσιο.

	U_f $W/(m^2 \cdot K)$	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επιστρώση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαisiού= 26% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 7,5cm	2,8	3,59	3,44	3,21	3,21	3,05	2,76	2,46	2,16	1,86
	2,6	3,53	3,39	3,16	3,15	3,00	2,70	2,41	2,11	1,81
	2,4	3,48	3,33	3,11	3,10	2,95	2,65	2,36	2,06	1,76
	2,2	3,43	3,28	3,06	3,05	2,90	2,60	2,30	2,01	1,71
	2,0	3,38	3,23	3,01	3,00	2,85	2,55	2,25	1,96	1,66
	1,8	3,33	3,18	2,96	2,95	2,80	2,50	2,20	1,90	1,61
	1,6	3,28	3,13	2,91	2,90	2,75	2,45	2,15	1,85	1,56
	1,4	3,23	3,08	2,86	2,84	2,70	2,40	2,10	1,80	1,50
	1,2	3,18	3,03	2,80	2,79	2,64	2,35	2,05	1,75	1,45
1,0	3,13	2,98	2,75	2,74	2,59	2,30	2,00	1,70	1,40	
ποσοστό πλαisiού= 33% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 10cm	2,8	3,57	3,44	3,24	3,25	3,11	2,85	2,58	2,31	2,05
	2,6	3,50	3,37	3,17	3,18	3,05	2,78	2,51	2,25	1,98
	2,4	3,44	3,30	3,10	3,12	2,98	2,71	2,45	2,18	1,91
	2,2	3,37	3,24	3,04	3,05	2,92	2,65	2,38	2,11	1,85
	2,0	3,30	3,17	2,97	2,98	2,85	2,58	2,31	2,05	1,78
	1,8	3,24	3,10	2,90	2,92	2,78	2,52	2,25	1,98	1,71
	1,6	3,17	3,04	2,84	2,85	2,72	2,45	2,18	1,91	1,65
	1,4	3,10	2,97	2,77	2,78	2,65	2,38	2,12	1,85	1,58
	1,2	3,04	2,90	2,70	2,72	2,58	2,32	2,05	1,78	1,51
1,0	2,97	2,84	2,64	2,65	2,52	2,25	1,98	1,72	1,45	
ποσοστό πλαisiού= 41% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 12,5cm	2,8	3,56	3,44	3,26	3,30	3,18	2,94	2,70	2,46	2,23
	2,6	3,48	3,36	3,18	3,22	3,10	2,86	2,62	2,38	2,15
	2,4	3,40	3,28	3,10	3,14	3,02	2,78	2,54	2,30	2,06
	2,2	3,32	3,20	3,02	3,05	2,94	2,70	2,46	2,22	1,98
	2,0	3,24	3,12	2,94	2,97	2,85	2,62	2,38	2,14	1,90
	1,8	3,15	3,04	2,86	2,89	2,77	2,54	2,30	2,06	1,82
	1,6	3,07	2,95	2,78	2,81	2,69	2,45	2,22	1,98	1,74
	1,4	2,99	2,87	2,69	2,73	2,61	2,37	2,14	1,90	1,66
	1,2	2,91	2,79	2,61	2,65	2,53	2,29	2,05	1,82	1,58
1,0	2,83	2,71	2,53	2,57	2,45	2,21	1,97	1,74	1,50	

Πίνακας 10β. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] διφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,48 m \times 2,18 m$. Συνθετικό ξύλινο πλαίσιο.

	U_i $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα						
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$									
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	
ποσοστό πλαισίου = 19%	2,8	3,51	3,34	3,10	3,04	2,88	2,56	2,24	1,91	1,59	
	2,6	3,47	3,31	3,06	3,00	2,84	2,52	2,20	1,88	1,55	
	2,4	3,43	3,27	3,03	2,97	2,80	2,48	2,16	1,84	1,51	
	2,2	3,39	3,23	2,99	2,93	2,77	2,44	2,12	1,80	1,48	
	2,0	3,35	3,19	2,95	2,89	2,73	2,40	2,08	1,76	1,44	
	ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	1,8	3,31	3,15	2,91	2,85	2,69	2,37	2,04	1,72	1,40
		1,6	3,27	3,11	2,87	2,81	2,65	2,33	2,00	1,68	1,36
		1,4	3,23	3,07	2,83	2,77	2,61	2,29	1,97	1,64	1,32
		1,2	3,20	3,03	2,79	2,73	2,57	2,25	1,93	1,60	1,28
1,0	3,16	3,00	2,75	2,69	2,53	2,21	1,89	1,57	1,24		
ποσοστό πλαισίου = 25%	2,8	3,49	3,34	3,12	3,07	2,92	2,62	2,33	2,03	1,73	
	2,6	3,44	3,29	3,06	3,02	2,87	2,57	2,27	1,98	1,68	
	2,4	3,39	3,24	3,01	2,97	2,82	2,52	2,22	1,93	1,63	
	2,2	3,34	3,19	2,96	2,92	2,77	2,47	2,17	1,87	1,58	
	2,0	3,28	3,14	2,91	2,87	2,72	2,42	2,12	1,82	1,53	
	ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	1,8	3,23	3,08	2,86	2,82	2,67	2,37	2,07	1,77	1,47
		1,6	3,18	3,03	2,81	2,77	2,62	2,32	2,02	1,72	1,42
		1,4	3,13	2,98	2,76	2,72	2,57	2,27	1,97	1,67	1,37
		1,2	3,08	2,93	2,71	2,66	2,52	2,22	1,92	1,62	1,32
1,0	3,03	2,88	2,66	2,61	2,46	2,17	1,87	1,57	1,27		
ποσοστό πλαισίου = 31%	2,8	3,47	3,33	3,13	3,10	2,96	2,69	2,41	2,14	1,86	
	2,6	3,41	3,27	3,07	3,04	2,90	2,62	2,35	2,07	1,80	
	2,4	3,35	3,21	3,00	2,98	2,84	2,56	2,29	2,01	1,74	
	2,2	3,29	3,15	2,94	2,91	2,78	2,50	2,22	1,95	1,67	
	2,0	3,22	3,09	2,88	2,85	2,71	2,44	2,16	1,89	1,61	
	ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	1,8	3,16	3,02	2,82	2,79	2,65	2,38	2,10	1,82	1,55
		1,6	3,10	2,96	2,75	2,73	2,59	2,31	2,04	1,76	1,49
		1,4	3,04	2,90	2,69	2,66	2,53	2,25	1,98	1,70	1,42
		1,2	2,97	2,84	2,63	2,60	2,46	2,19	1,91	1,64	1,36
1,0	2,91	2,77	2,57	2,54	2,40	2,13	1,85	1,58	1,30		

Πίνακας 10γ. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίκφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,23 m \times 1,48 m$. Μεταλλικό πλαίσιο.

	U_i $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επιστρώση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου = 26% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	7,0	4,38	4,23	4,01	4,07	3,92	3,62	3,32	3,03	2,73
	3,8	3,98	3,83	3,61	3,66	3,52	3,22	2,92	2,62	2,32
	3,4	3,88	3,73	3,50	3,56	3,41	3,12	2,82	2,52	2,22
	3,0	3,77	3,63	3,40	3,46	3,31	3,01	2,72	2,42	2,12
	2,6	3,67	3,52	3,30	3,36	3,21	2,91	2,61	2,32	2,02
	2,2	3,57	3,42	3,20	3,26	3,11	2,81	2,51	2,21	1,92
	2,0	3,52	3,37	3,15	3,20	3,06	2,76	2,46	2,16	1,86
	1,8	3,47	3,32	3,10	3,15	3,00	2,71	2,41	2,11	1,81
	1,6	3,42	3,27	3,04	3,10	2,95	2,66	2,36	2,06	1,76
	1,4	3,37	3,22	2,99	3,05	2,90	2,60	2,31	2,01	1,71
	1,2	3,31	3,17	2,94	3,00	2,85	2,55	2,26	1,96	1,66
	1,0	3,26	3,11	2,89	2,95	2,80	2,50	2,20	1,91	1,61
ποσοστό πλαισίου = 33% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	7,0	4,68	4,54	4,34	4,43	4,29	4,03	3,76	3,49	3,22
	3,8	4,05	3,91	3,71	3,80	3,67	3,40	3,13	2,86	2,60
	3,4	3,92	3,78	3,58	3,67	3,53	3,27	3,00	2,73	2,46
	3,0	3,78	3,65	3,45	3,53	3,40	3,13	2,87	2,60	2,33
	2,6	3,65	3,52	3,32	3,40	3,27	3,00	2,73	2,47	2,20
	2,2	3,52	3,38	3,18	3,27	3,13	2,87	2,60	2,33	2,07
	2,0	3,45	3,32	3,12	3,20	3,07	2,80	2,53	2,27	2,00
	1,8	3,38	3,25	3,05	3,13	3,00	2,73	2,47	2,20	1,93
	1,6	3,32	3,18	2,98	3,07	2,93	2,67	2,40	2,13	1,87
	1,4	3,25	3,12	2,92	3,00	2,87	2,60	2,33	2,07	1,80
	1,2	3,18	3,05	2,85	2,93	2,80	2,53	2,27	2,00	1,73
	1,0	3,12	2,98	2,78	2,87	2,73	2,47	2,20	1,93	1,67
ποσοστό πλαισίου = 41% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	7,0	4,95	4,83	4,66	4,77	4,65	4,41	4,17	3,93	3,70
	3,8	4,12	4,00	3,82	3,93	3,81	3,58	3,34	3,10	2,86
	3,4	3,96	3,84	3,66	3,77	3,65	3,41	3,18	2,94	2,70
	3,0	3,79	3,68	3,50	3,61	3,49	3,25	3,01	2,78	2,54
	2,6	3,63	3,51	3,34	3,45	3,33	3,09	2,85	2,61	2,38
	2,2	3,47	3,35	3,17	3,29	3,17	2,93	2,69	2,45	2,21
	2,0	3,39	3,27	3,09	3,20	3,09	2,85	2,61	2,37	2,13
	1,8	3,31	3,19	3,01	3,12	3,00	2,77	2,53	2,29	2,05
	1,6	3,23	3,11	2,93	3,04	2,92	2,69	2,45	2,21	1,97
	1,4	3,15	3,03	2,85	2,96	2,84	2,60	2,37	2,13	1,89
	1,2	3,07	2,95	2,77	2,88	2,76	2,52	2,29	2,05	1,81
	1,0	2,98	2,87	2,69	2,80	2,68	2,44	2,20	1,97	1,73

Πίνακας 10δ. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] διφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,48 m \times 2,18 m$. Μεταλλικό πλαίσιο.

	U_i $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επιστροφή χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα						
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$									
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	
ποσοστό πλαισίου = 19% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	7,0	4,12	3,96	3,72	3,71	3,55	3,22	2,90	2,58	2,26	
	3,8	3,80	3,64	3,40	3,39	3,23	2,91	2,58	2,26	1,94	
	3,4	3,72	3,56	3,32	3,31	3,15	2,83	2,51	2,18	1,86	
	3,0	3,65	3,48	3,24	3,23	3,07	2,75	2,43	2,11	1,78	
	2,6	3,57	3,41	3,17	3,16	2,99	2,67	2,35	2,03	1,71	
	2,2	3,49	3,33	3,09	3,08	2,92	2,59	2,27	1,95	1,63	
	2,0	3,45	3,29	3,05	3,04	2,88	2,56	2,23	1,91	1,59	
	1,8	3,41	3,25	3,01	3,00	2,84	2,52	2,19	1,87	1,55	
	1,6	3,37	3,21	2,97	2,96	2,80	2,48	2,16	1,83	1,51	
	1,4	3,34	3,17	2,93	2,92	2,76	2,44	2,12	1,79	1,47	
1,2	3,30	3,14	2,89	2,88	2,72	2,40	2,08	1,76	1,43		
1,0	3,26	3,10	2,85	2,85	2,68	2,36	2,04	1,72	1,39		
ποσοστό πλαισίου = 25% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	7,0	4,35	4,20	3,97	3,98	3,83	3,53	3,24	2,94	2,64	
	3,8	3,85	3,70	3,47	3,48	3,33	3,04	2,74	2,44	2,14	
	3,4	3,75	3,60	3,37	3,38	3,23	2,93	2,64	2,34	2,04	
	3,0	3,64	3,49	3,27	3,28	3,13	2,83	2,53	2,24	1,94	
	2,6	3,54	3,39	3,17	3,18	3,03	2,73	2,43	2,13	1,84	
	2,2	3,44	3,29	3,07	3,08	2,93	2,63	2,33	2,03	1,73	
	2,0	3,39	3,24	3,02	3,03	2,88	2,58	2,28	1,98	1,68	
	1,8	3,34	3,19	2,97	2,97	2,83	2,53	2,23	1,93	1,63	
	1,6	3,29	3,14	2,92	2,92	2,77	2,48	2,18	1,88	1,58	
	1,4	3,24	3,09	2,86	2,87	2,72	2,43	2,13	1,83	1,53	
1,2	3,19	3,04	2,81	2,82	2,67	2,37	2,08	1,78	1,48		
1,0	3,14	2,99	2,76	2,77	2,62	2,32	2,03	1,73	1,43		
ποσοστό πλαισίου = 31% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	7,0	4,56	4,43	4,22	4,25	4,11	3,83	3,56	3,28	3,01	
	3,8	3,89	3,76	3,55	3,58	3,44	3,16	2,89	2,61	2,34	
	3,4	3,77	3,63	3,42	3,45	3,31	3,04	2,76	2,49	2,21	
	3,0	3,64	3,51	3,30	3,33	3,19	2,91	2,64	2,36	2,09	
	2,6	3,52	3,38	3,18	3,20	3,06	2,79	2,51	2,24	1,96	
	2,2	3,39	3,26	3,05	3,08	2,94	2,66	2,39	2,11	1,84	
	2,0	3,33	3,19	2,99	3,01	2,88	2,60	2,33	2,05	1,78	
	1,8	3,27	3,13	2,93	2,95	2,81	2,54	2,26	1,99	1,71	
	1,6	3,21	3,07	2,86	2,89	2,75	2,48	2,20	1,93	1,65	
	1,4	3,14	3,01	2,80	2,83	2,69	2,41	2,14	1,86	1,59	
1,2	3,08	2,94	2,74	2,76	2,63	2,35	2,08	1,80	1,53		
1,0	3,02	2,88	2,68	2,70	2,56	2,29	2,01	1,74	1,46		

Πίνακας 11. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2 \cdot K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Πίνακας 12. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υάλωση			U _g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-20-4	1,6	1,4	1,4
			4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
	Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1
4-8-4-8-4				2,1	1,9	1,7
4-12-4-12-4				1,9	1,8	1,6
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων		≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων		≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 13. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα. (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ _g [W/(m·K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Πίνακας 14α. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi_{α,β}$ και $\Psi_{τ,β}$ που χρησιμοποιούνται σε ορθοστάτες και τραβέρσες.

Τύπος πλαισίου τοιχοπετάσματος	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_{α,β}, \Psi_{τ,β}$ [W/(m·K)]	
	Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Αλουμίνιο - ξύλο για συνήθεις τύπους αποστάτη	0,08	0,11
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για συνήθεις τύπους αποστάτη	0,15	0,19
Αλουμίνιο - ξύλο για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη	0,06	0,08
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη	0,10	0,12

Πίνακας 14β. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας για αδιαφανή πετάσματα Ψ_p .

Τύπος πετάσματος	Θερμική αγωγιμότητα θερμοδιακοπής λ [W/(m·K)]	* Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_p [W/(m·K)]
Εσωτερική / εξωτερική επίστρωση		
Θερμομονωτικό πέτασμα με στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / γυαλί	–	0,13
Θερμομονωτικό πέτασμα χωρίς στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο	0,2 0,4	0,20 0,29
Αλουμίνιο / γυαλί	0,2 0,4	0,18 0,20
Σίδηρος / γυαλί	0,2 0,4	0,14 0,18

* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες από μετρήσεις ή αναλυτικούς υπολογισμούς.

Πίνακας 14γ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος – κουφώματος για διατομές αλουμινίου και σιδήρου.

α/α	Περιγραφή	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας* $\Psi_{\text{δρ, f}}$ ή $\Psi_{\text{tr, f}}$
1	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή διατομής αλουμινίου με θερμοδιακοπή	0,11
2	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή μιας διατομής με υλικό χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας (π.χ. πολυαμίδιο με 25% ίνες γυαλιού)	0,05
3	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω προεξοχής της θερμοδιακοπής του κουφώματος	0,07
4	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω της επέκτασης διατομής αλουμινίου του εξωτερικού πλαισίου.	0,07

* Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές. Η τιμή είναι έγκυρη μόνο όταν το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος καθώς και του κουφώματος έχουν θερμοδιακοπή και καμία θερμοδιακοπή δεν διακόπτεται από αγωγή στοχείο του άλλου πλαισίου

Πίνακας 14δ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος – κουφώματος για διατομές ξύλου και αλουμινίου.

Είδος συναρμογής	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας* $\Psi_{\text{δρ, f}}$ ή $\Psi_{\text{tr, f}}$
$U_{tr} > 2,0 \text{ (W/(m}^2\text{-K))}$	0,02
$U_{tr} \leq 2,0 \text{ (W/(m}^2\text{-K))}$	0,04

* Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές.

Πίνακας 15. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ θερμογεφυρών. Απλοποιητική μέθοδος.

1. Εξωτερικές γωνίες		Ψ [W/(m·K)]
1	εξωτερική συνεχής θερμομόνωση	-0,10
	α. προεξοχή ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στη γωνία χωρίς διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης	+0,30
	β. διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης λόγω ύπαρξης δομικού στοιχείου	+0,90
2	εσωτερική συνεχής θερμομόνωση	-0,25
3	φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,15
	α. προεξοχή ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στη γωνία χωρίς διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης	+0,05
	β. διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης λόγω ύπαρξης δομικού στοιχείου	+0,65
2. Εσωτερικές γωνίες		Ψ [W/(m·K)]
1	εξωτερική συνεχής θερμομόνωση	+0,05
2	εσωτερική συνεχής θερμομόνωση	+0,25
	α. προεξοχή ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στη γωνία χωρίς διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης	+0,35
	β. διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης λόγω ύπαρξης δομικού στοιχείου	+0,75
3	φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,10
	α. προεξοχή ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στη γωνία χωρίς διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης	+0,50
	β. διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης λόγω ύπαρξης δομικού στοιχείου	+0,90
3. Ενώσεις δομικών στοιχείων		Ψ [W/(m·K)]
1	εξωτερική συνεχής θερμομόνωση	±0,00
2	εσωτερική συνεχής θερμομόνωση	±0,00
	α. διακοπή της θερμομονωτικής στρώσης	+0,35
3	φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
4. Δώμα / οροφή σε προεξοχή		Ψ [W/(m·K)]
1	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	-0,05
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου	+0,30
	β. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,85
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου και συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,95
2	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,55
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,10
	β. ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,50
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας και ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,50
3	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+0,65

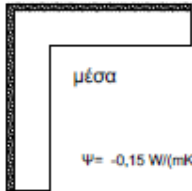
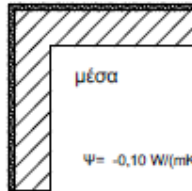
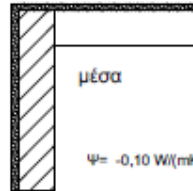
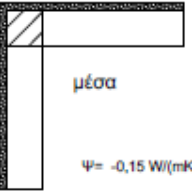
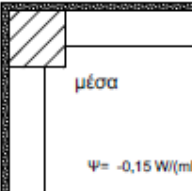
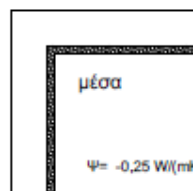
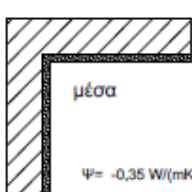
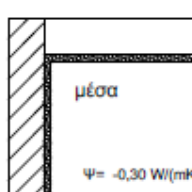
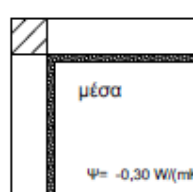
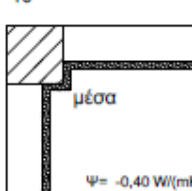
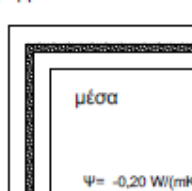
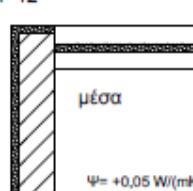
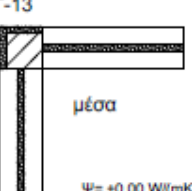
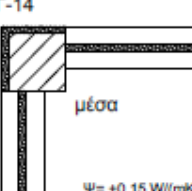
4	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	-0,20
5	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+0,15
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου	+0,30
	β. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,80
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου και συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,90
6	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,55
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,10
	β. ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,55
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας και ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,50
5. Δάπεδο σε προεξοχή / πυλωτή		Ψ [W/(m·K)]
1	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+0,55
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,10
	β. ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,50
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας και ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,50
2	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,80
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,25
	β. ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,15
	γ. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας και ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	+0,05
3	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	-0,20
4	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,60
5	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	±0,00
6	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,65
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στη θέση της πλάκας	+0,10
6. Οροφή σε εσοχή		Ψ [W/(m·K)]
1	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+1,00
	α. συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,15
2	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,05

3	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+1,10
	α. συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,15
4	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με συνεχή εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+1,05
	α. ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,70
5	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+1,25
	α. ένωση οπτοπλινθοδομής απευθείας με πλάκα (χωρίς ύπαρξη δοκού)	-0,25
6	κατακόρυφα δομικά στοιχεία φέροντος οργανισμού με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,30
7. Δάπεδο σε εσοχή		Ψ [W/(m·K)]
1	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+0,05
2	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+1,15
	α. συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,40
3	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+1,20
	α. ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,70
4	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+1,65
	α. ύπαρξη οπτοπλινθοδομής η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,30
	β. συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπτοπλινθοδομή	+0,95
5	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στην άνω παρειά	+0,40
6	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στην κάτω παρειά	+1,15
	α. συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπτοπλινθοδομή	-0,40
8. Ενδιάμεσο δάπεδο		Ψ [W/(m·K)]
1	εξωτερική συνεχής θερμομόνωση	±0,00
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+1,25
2	εσωτερική συνεχής θερμομόνωση	+1,10
3	φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,45
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,80
9. Δάπεδο επί εδάφους		Ψ [W/(m·K)]
1	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	+0,25

	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,25
2	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,40
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,50
3	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά	-0,05
4	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση και πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά	+0,50
5	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στην άνω παρειά	+0,05
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,10
6	κατακόρυφα δομικά στοιχεία με θερμομόνωση στον πυρήνα και πλάκα με θερμομόνωση στην κάτω παρειά	+0,35
	α. διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,25
10. Περίδεσμος ενίσχυσης		Ψ [W/(m·K)]
1	εξωτερική συνεχής θερμομόνωση	±0,00
2	εσωτερική συνεχής θερμομόνωση	±0,00
3	φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,30
	α. απουσία θερμομόνωσης στην θέση του περιδέσμου ενίσχυσης	+0,80
11. Λαμπάς κουφώματος		Ψ [W/(m·K)]
1	κούφωμα και θερμομόνωση στην ίδια ευθεία	+0,05
2	κούφωμα και θερμομόνωση σε διαφορετική θέση	+0,35
3	κούφωμα και θερμομόνωση σε διαφορετική θέση με συνέχεια της θερμομόνωσης στο λαμπά	+0,15
12. Ανωκάσι/κατωκάσι κουφώματος		Ψ [W/(mK)]
1	κούφωμα και θερμομόνωση στην ίδια ευθεία	+0,05
	α. διακοπή της θερμομόνωσης στην θέση συναρμογής περιδέσμου ενίσχυσης και οπτοπλινθοδομής	+0,25
2	κούφωμα και θερμομόνωση σε διαφορετική θέση	+0,55
3	κούφωμα και θερμομόνωση σε διαφορετική θέση με συνέχεια της θερμομόνωσης στο ανωκάσι/κατωκάσι	+0,20
4	κατωκάσι σε πλάκα¹	±0,00

¹ Οι γραμμικές απώλειες της διατομής έχουν ήδη υπολογιστεί στις θερμογέφυρες δαπέδου σε ενδιάμεσο όροφο ή/και δαπέδου σε εσοχή.

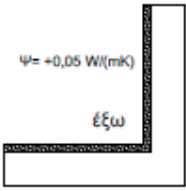
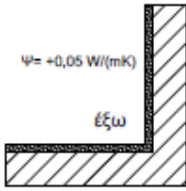
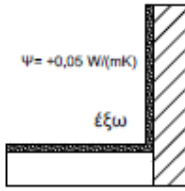

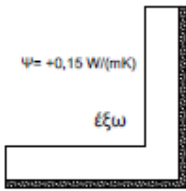
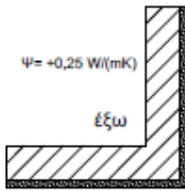
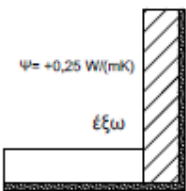
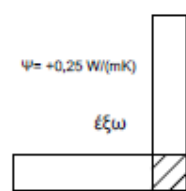
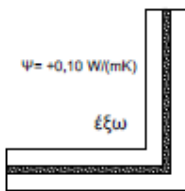
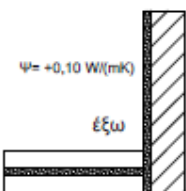
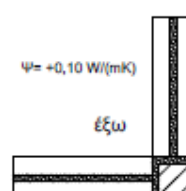
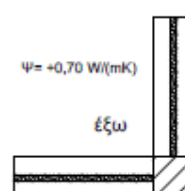
Πίνακας 16α. Θερμογέφυρες εξωτερικής γωνίας.

<p>ΕΞΓ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-14</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	

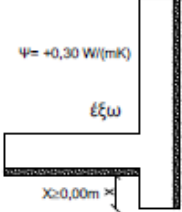
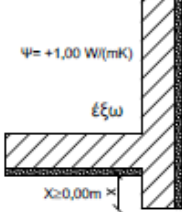
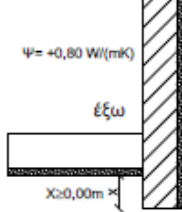
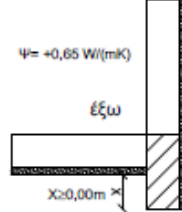
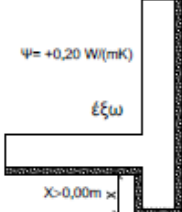
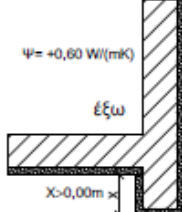
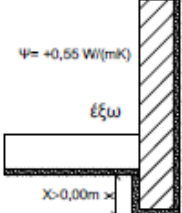
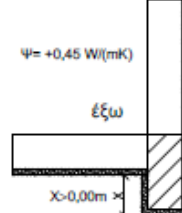
Πίνακας 16α (συνέχεια). Θερμογέφυρες εξωτερικής γωνίας.

<p>ΕΞΓ-15</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-16</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-17</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-18</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-19</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-20</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = + 0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-21</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-22</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-23</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-24</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-25</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-26</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>

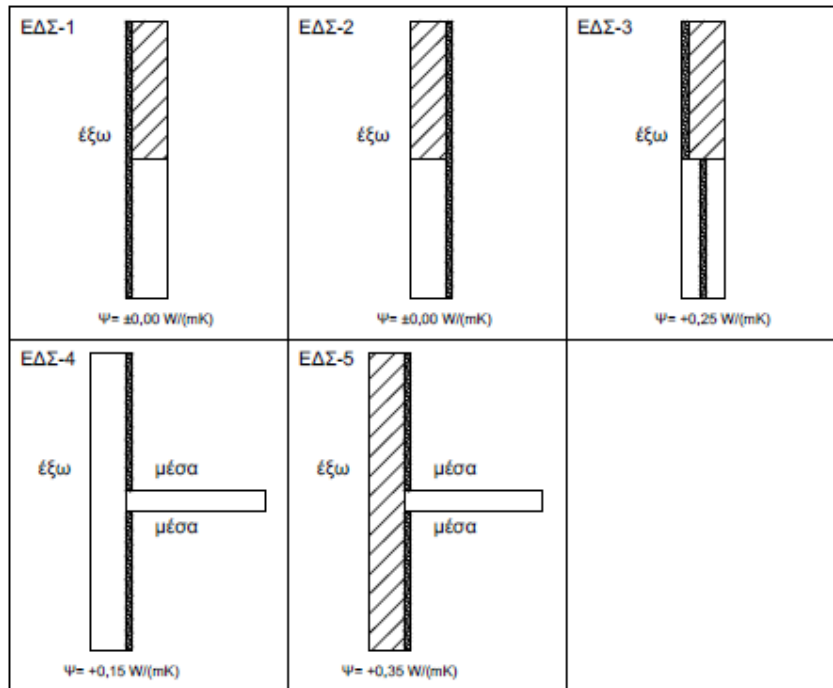
Πίνακας 16β Θερμογέφυρες εσωτερικής γωνίας.

<p>ΕΣΓ-1</p>  <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-2</p>  <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-3</p>  <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>
<p>ΕΣΓ-4</p>  <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-5</p>  <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-6</p>  <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>
<p>ΕΣΓ-7</p>  <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-8</p>  <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-9</p>  <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>
<p>ΕΣΓ-10</p>  <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-11</p>  <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>	<p>ΕΣΓ-12</p>  <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p>

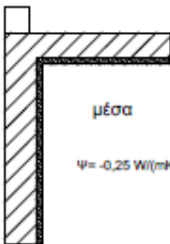
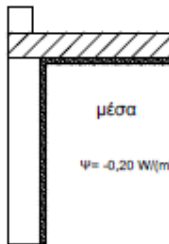
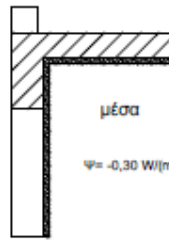
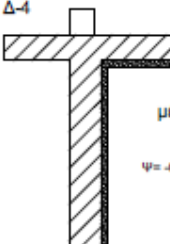

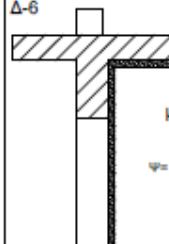
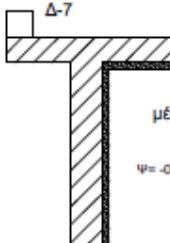
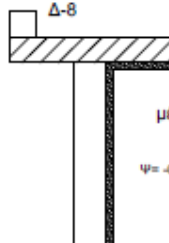
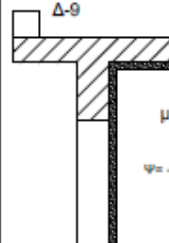
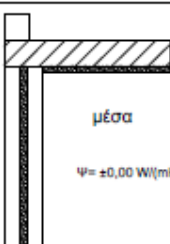
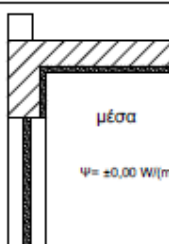
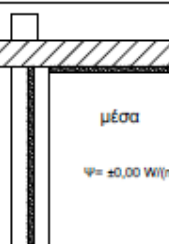
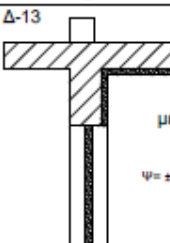

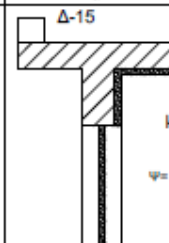
Πίνακας 16β. Θερμογέφυρες εσωτερικής γωνίας (συνέχεια)..

<p>ΕΣΓ-13</p>  <p>$\Psi= +0,30 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X \geq 0,00\text{m}$</p>	<p>ΕΣΓ-14</p>  <p>$\Psi= +1,00 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X \geq 0,00\text{m}$</p>	<p>ΕΣΓ-15</p>  <p>$\Psi= +0,80 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X \geq 0,00\text{m}$</p>
<p>ΕΣΓ-16</p>  <p>$\Psi= +0,65 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X \geq 0,00\text{m}$</p>	<p>ΕΣΓ-17</p>  <p>$\Psi= +0,20 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X > 0,00\text{m}$</p>	<p>ΕΣΓ-18</p>  <p>$\Psi= +0,60 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X > 0,00\text{m}$</p>
<p>ΕΣΓ-19</p>  <p>$\Psi= +0,55 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X > 0,00\text{m}$</p>	<p>ΕΣΓ-20</p>  <p>$\Psi= +0,45 \text{ W/(mK)}$</p> <p>Εξω</p> <p>$X > 0,00\text{m}$</p>	

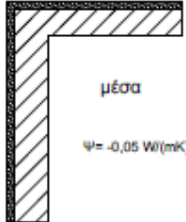
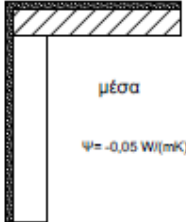
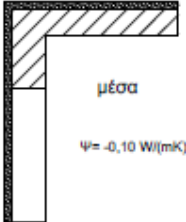
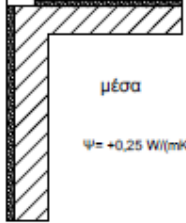
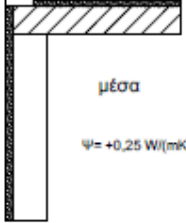
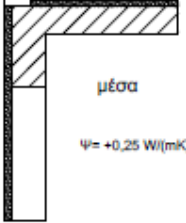
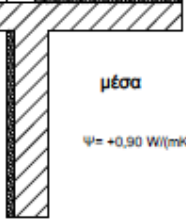
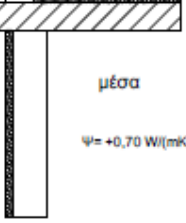
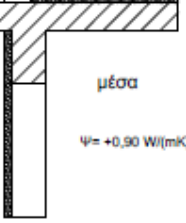
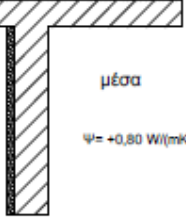
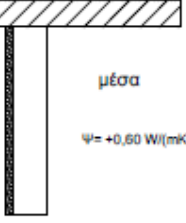
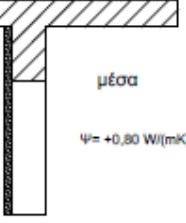
Πίνακας 16γ. Θερμογέφυρες ενώσεων δομικών στοιχείων.



Πίνακας 165. Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-1</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-2</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-3</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-4</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-5</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-6</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-7</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-8</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-9</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-10</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-11</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-12</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-13</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-14</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-15</p>  <p>μέσα $\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>

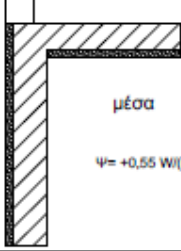
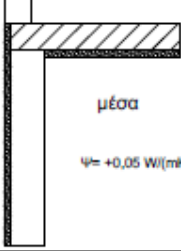
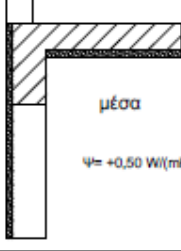
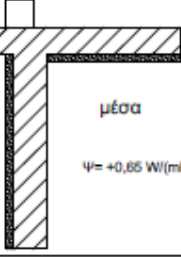
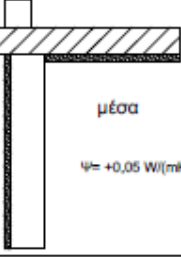
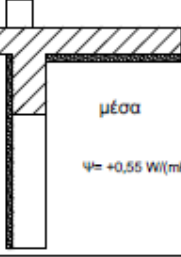
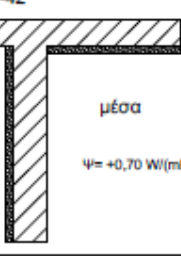
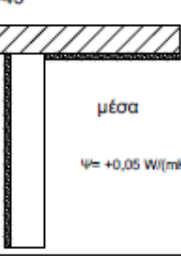
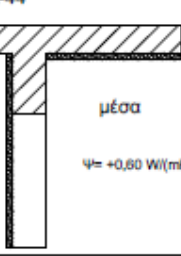
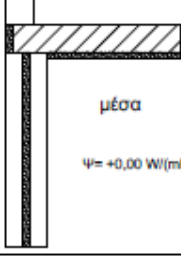
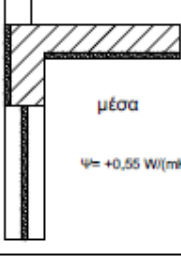
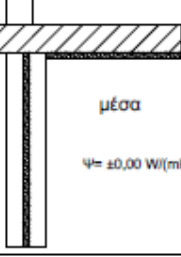
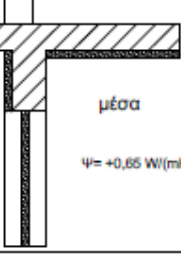
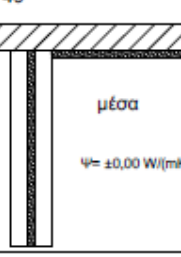
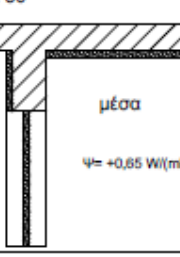
Πίνακας 165 (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-16</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-17</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-18</p>  <p>μέσα $\Psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-19</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-20</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-21</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-22</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-23</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-24</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-25</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-26</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-27</p>  <p>μέσα $\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>

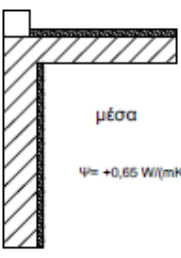
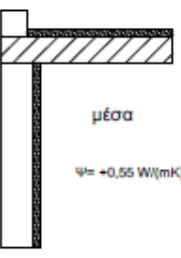
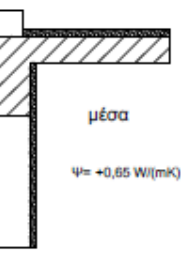
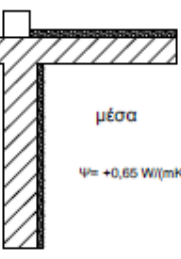
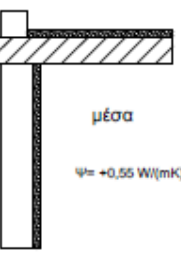
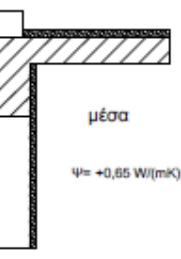

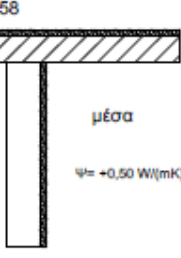
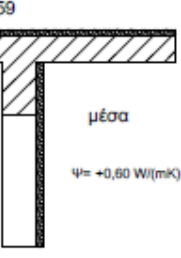
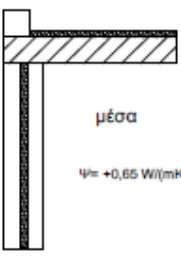

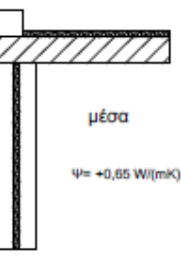
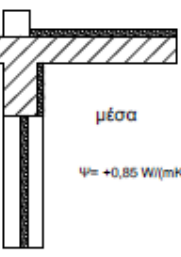
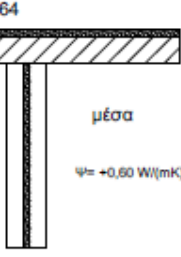
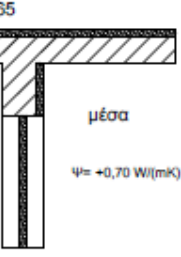
Πίνακας 165 (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-28</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-29</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-30</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,40 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-31</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-32</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-33</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -1,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-34</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-35</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	

Πίνακας 165. (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-36</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-37</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-38</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-39</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-40</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-41</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-42</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-43</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-44</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-45</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-46</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-47</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-48</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-49</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-50</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>

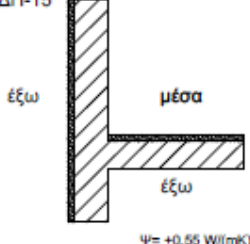
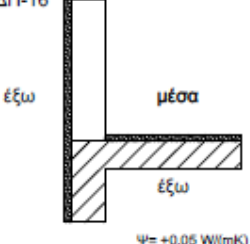
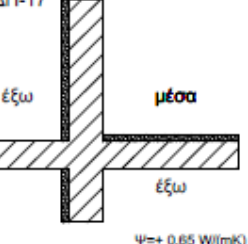
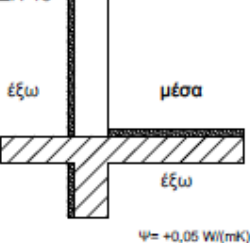
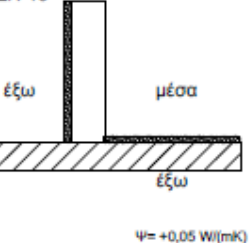
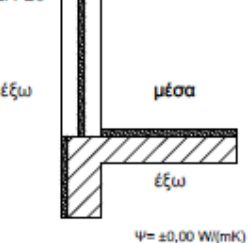
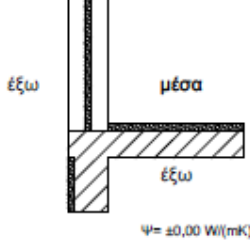
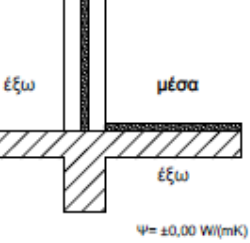
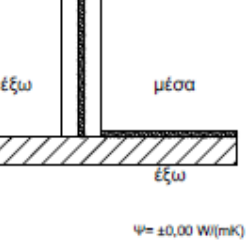
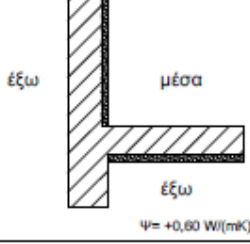
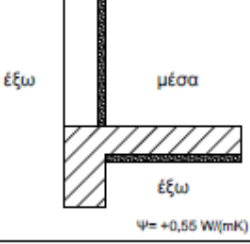
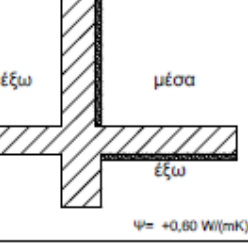
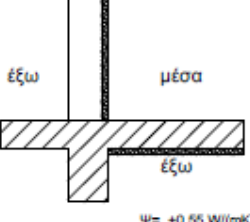
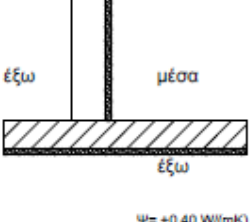
Πίνακας 166. (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-51</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-52</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-53</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-54</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-55</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-56</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-57</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-58</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-59</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-60</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-61</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-62</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-63</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-64</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-65</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>

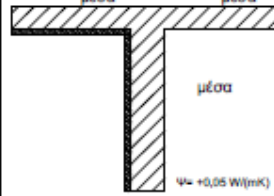
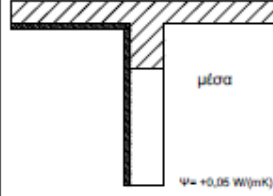
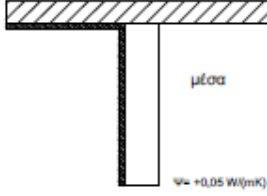
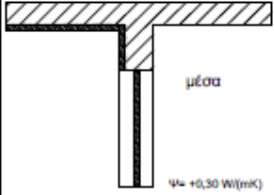
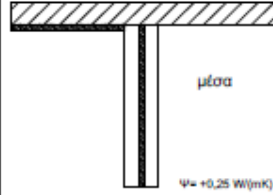
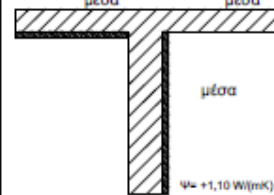
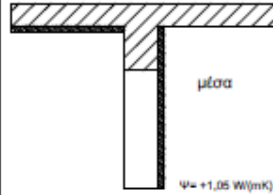
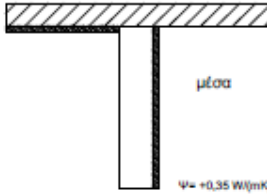
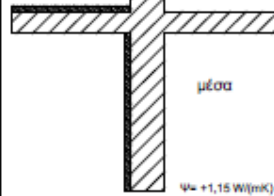
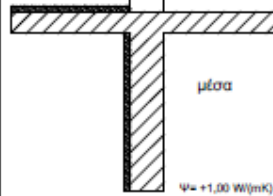
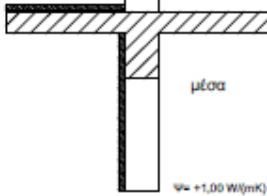
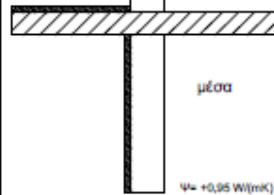
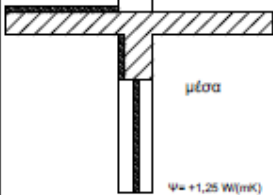
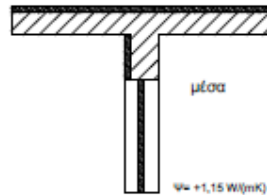
Πίνακας 16ε. Θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή / δαπέδου επάνω από πυλωτή.

<p>ΔΠ-1</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-2</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-3</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-4</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-5</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>ΔΠ-6</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-7</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-8</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-9</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-10</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-11</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-12</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-13</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-14</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>

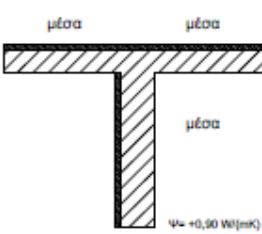
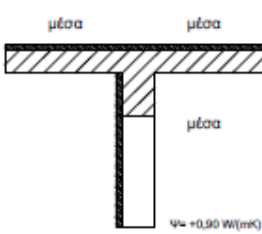
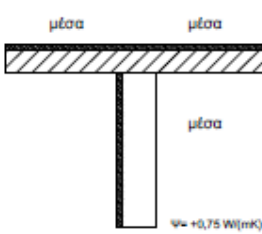
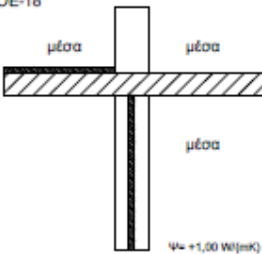
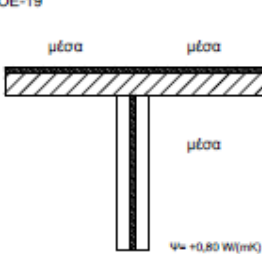
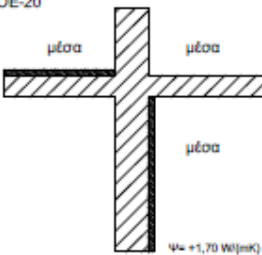
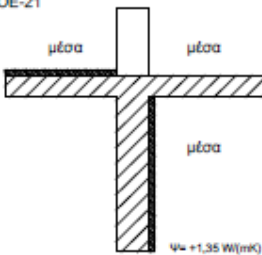
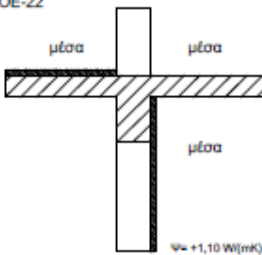
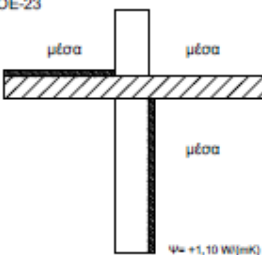
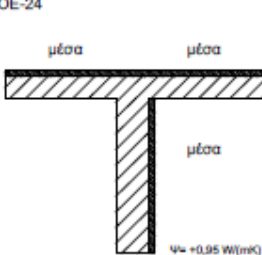
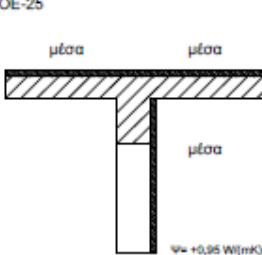
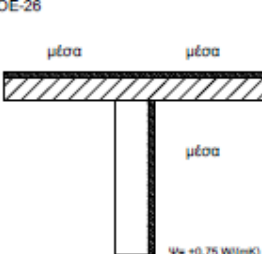
Πίνακας 16ε (συνέχεια). Θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή / δαπέδου επάνω από πυλωτή.

<p>ΔΠ-15</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-16</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-17</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = + 0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-18</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-19</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-20</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-21</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-22</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-23</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-24</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-25</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-26</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-27</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-28</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	

Πίνακας 16στ. Θερμογέφυρες σε οροφή σε εσοχή.

<p>OE-1</p>  <p>Ψ= +0,05 W/(mK)</p>	<p>OE-2</p>  <p>Ψ= +0,05 W/(mK)</p>	<p>OE-3</p>  <p>Ψ= +0,05 W/(mK)</p>
<p>OE-4</p>  <p>Ψ= +0,30 W/(mK)</p>	<p>OE-5</p>  <p>Ψ= +0,25 W/(mK)</p>	
<p>OE-6</p>  <p>Ψ= +1,10 W/(mK)</p>	<p>OE-7</p>  <p>Ψ= +1,05 W/(mK)</p>	<p>OE-8</p>  <p>Ψ= +0,35 W/(mK)</p>
<p>OE-9</p>  <p>Ψ= +1,15 W/(mK)</p>	<p>OE-10</p>  <p>Ψ= +1,00 W/(mK)</p>	<p>OE-11</p>  <p>Ψ= +1,00 W/(mK)</p>
<p>OE-12</p>  <p>Ψ= +0,95 W/(mK)</p>	<p>OE-13</p>  <p>Ψ= +1,25 W/(mK)</p>	<p>OE-14</p>  <p>Ψ= +1,15 W/(mK)</p>

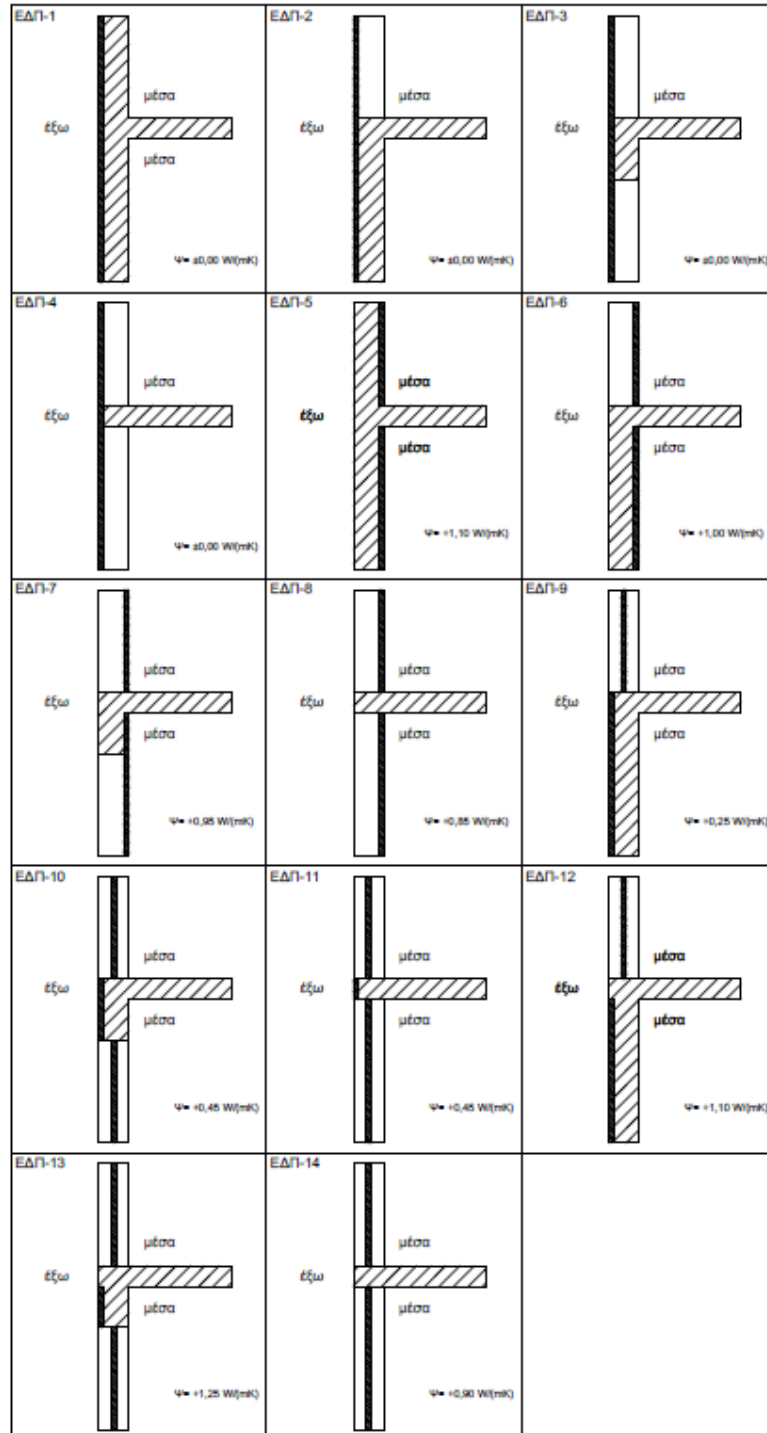
Πίνακας 16στ. (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε οροφή σε εσοχή.

<p>OE-15</p>  <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-16</p>  <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-17</p>  <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-18</p>  <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-19</p>  <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>OE-20</p>  <p>$\Psi = +1,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-21</p>  <p>$\Psi = +1,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-22</p>  <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-23</p>  <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-24</p>  <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-25</p>  <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-26</p>  <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>		

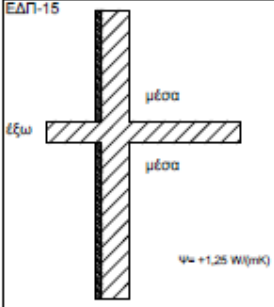
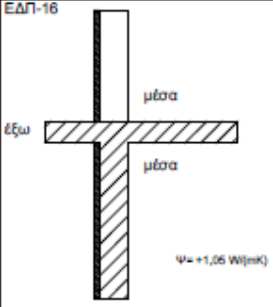
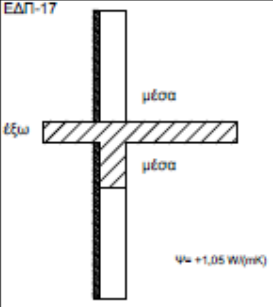
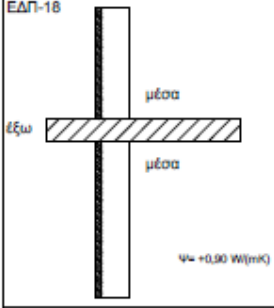
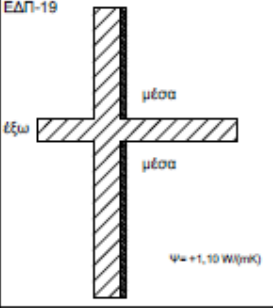
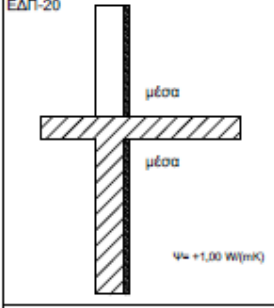
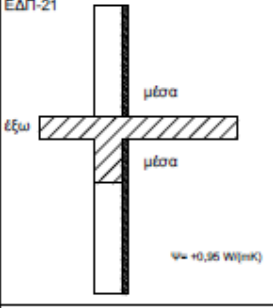
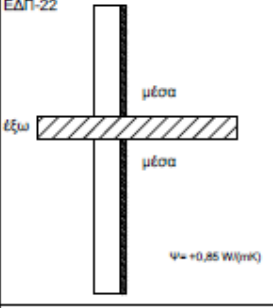
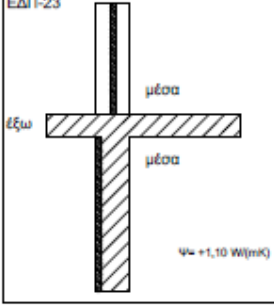
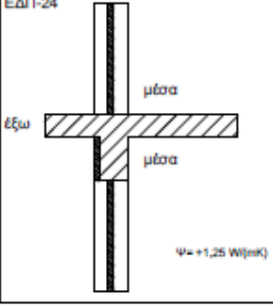
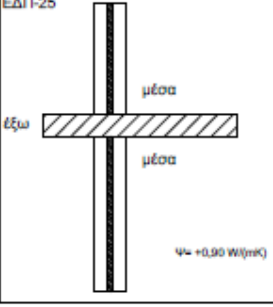
Πίνακας 16ζ. Θερμογέφυρες σε δάπεδο σε εσοχή.

<p>ΔΕ-1</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-2</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-3</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>
<p>ΔΕ-4</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-5</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	
<p>ΔΕ-6</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-7</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-8</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>
<p>ΔΕ-9</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-10</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-11</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>
<p>ΔΕ-12</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	<p>ΔΕ-13</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	

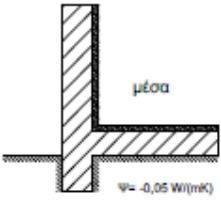
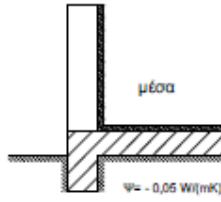
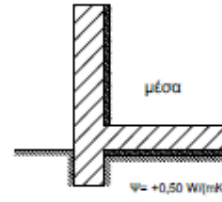
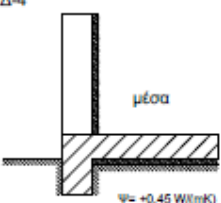
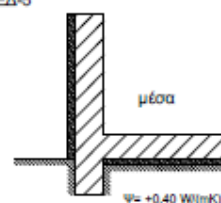
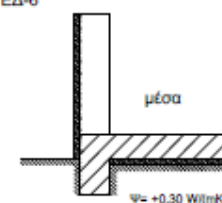
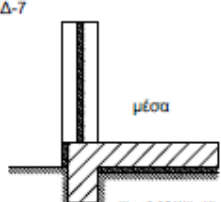
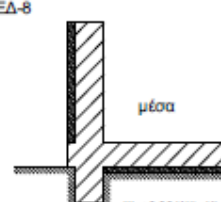
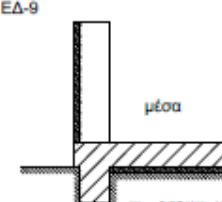
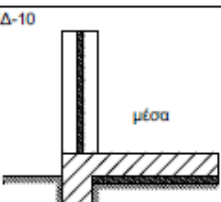
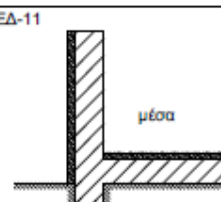
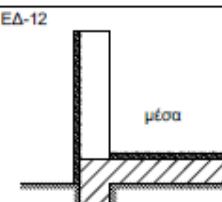
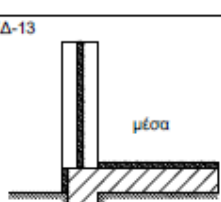
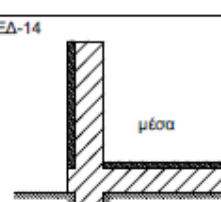
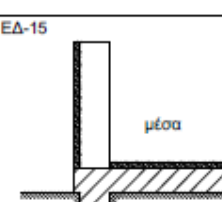
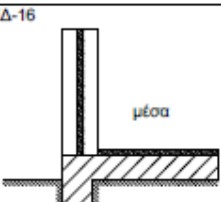
Πίνακας 16η. Θερμογέφυρες σε ενδιάμεσο δάπεδο.



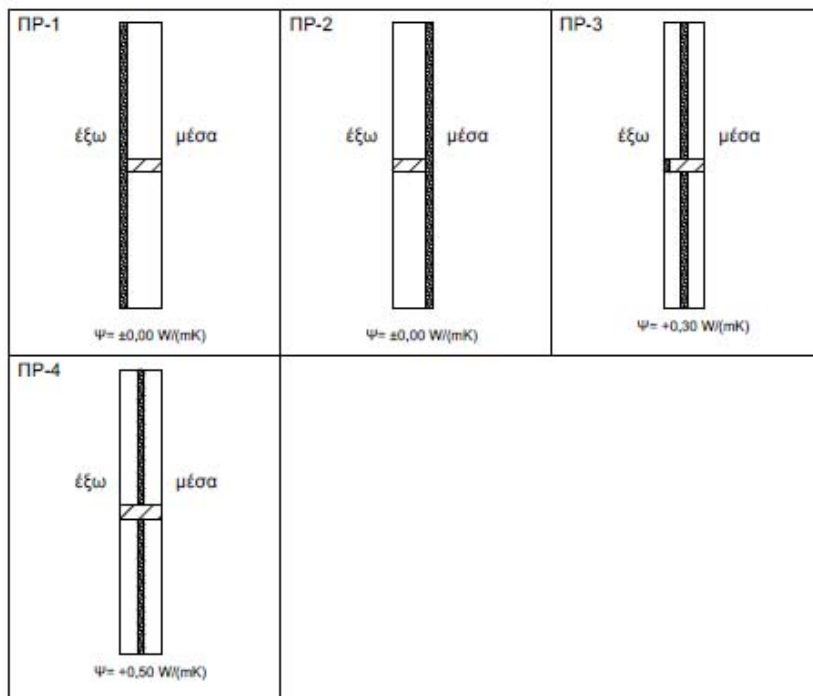
Πίνακας 16η (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε ενδιάμεσο δάπεδο

<p>ΕΔΠ-15</p>  <p>Ψ = +1,25 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-16</p>  <p>Ψ = +1,05 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-17</p>  <p>Ψ = +1,05 W/(m²K)</p>
<p>ΕΔΠ-18</p>  <p>Ψ = +0,90 W/(m²K)</p>		<p>ΕΔΠ-19</p>  <p>Ψ = +1,10 W/(m²K)</p>
<p>ΕΔΠ-20</p>  <p>Ψ = +1,00 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-21</p>  <p>Ψ = +0,95 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-22</p>  <p>Ψ = +0,85 W/(m²K)</p>
<p>ΕΔΠ-23</p>  <p>Ψ = +1,10 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-24</p>  <p>Ψ = +1,25 W/(m²K)</p>	<p>ΕΔΠ-25</p>  <p>Ψ = +0,90 W/(m²K)</p>

Πίνακας 16θ. Θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται στο έδαφος.

<p>ΕΔ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = - 0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-14</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-15</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-16</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>		
















Πίνακας 16i. Θερμογέφυρες περιδεσμού ενίσχυσης.

















Παρατήρηση

- Στον υπολογισμό του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας του περιδεσμού ενίσχυσης έχει συμπεριληφθεί και η θεώρηση του σπλισμένου σκυροδέματος ως οπτοπλινθοδομή κατά τον υπολογισμό της μονοδιάστατης ροής θερμότητας.

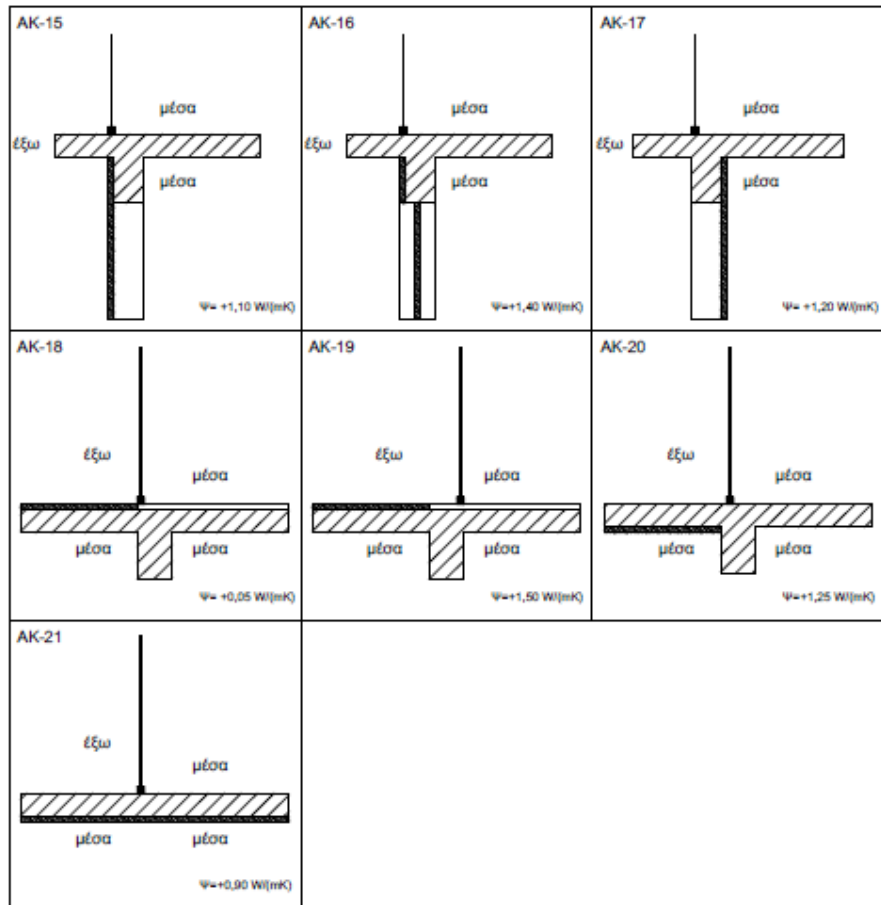
Πίνακας 16α. Θερμογέφυρες σε λαμπά κουφώματος.

<p>Λ-1</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-2</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-3</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-4</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-5</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-6</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-7</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-8</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-9</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-10</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-11</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-12</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-13</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-14</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-15</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>

Πίνακας 16β. Θερμογέφυρες σε ανώκασι / κατωκασι κουφώματος.

<p>AK-1</p>  <p>Ψ= +0,05 W/(mK)</p>	<p>AK-2</p>  <p>Ψ= +0,30 W/(mK)</p>	<p>AK-3</p>  <p>Ψ= +0,65 W/(mK)</p>
<p>AK-4</p>  <p>Ψ= +0,55 W/(mK)</p>	<p>AK-5</p>  <p>Ψ= +0,55 W/(mK)</p>	<p>AK-6</p>  <p>Ψ= +0,35 W/(mK)</p>
<p>AK-7</p>  <p>Ψ= +0,70 W/(mK)</p>	<p>AK-8</p>  <p>Ψ= +0,65 W/(mK)</p>	<p>AK-9</p>  <p>Ψ= ±0,00 W/(mK)</p>
<p>AK-10</p>  <p>Ψ= +0,10 W/(mK)</p>	<p>AK-11</p>  <p>Ψ= +0,30 W/(mK)</p>	<p>AK-12</p>  <p>Ψ= +0,10 W/(mK)</p>
<p>AK-13</p>  <p>Ψ= +0,20 W/(mK)</p>	<p>AK-14</p>  <p>Ψ= +0,30 W/(mK)</p>	

Πίνακας 16β. (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε ανωκάσι / κατωκάσι κουφώματος



Υπόμνημα υλικών

Οπλισμένο σκυρόδεμα



Θερμομονωτικό υλικό



Οπτοπλινθοδομή



Κούφωμα



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΒΙΒΛΙΑ- ΑΡΘΡΑ- ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

1. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) Ιούνιος 2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων.
2. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) Ιούνιος 2011, «Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
3. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) Ιούνιος 2011, Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων
4. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) Ιούνιος 2011, Μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου
5. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) Ιούνιος 2011, Θερμομονωτική επάρκεια κτιριακού κελύφους
6. Ελευθερία Αλεξανδρή « Αειφορικός σχεδιασμός»
7. «Μεθοδολογία υπολογισμού των θερμικών απωλειών και θερμομόνωση κτιρίων» (ΦΕΚ 362/ τεύχος Δ 4.7.79)
8. ΚΑΠΕ, «Οδηγός Εξοικονόμησης ενέργεια μέσω θερμομόνωσης»
9. «Μεθοδολογία υπολογισμού των θερμικών απωλειών και θερμομόνωση κτιρίων» (ΦΕΚ 362/ τεύχος Δ 4.7.79)
10. Κακάτσιος, Ξ.(2006). Αρχές μεταφοράς θερμότητας και Μάζης Αθήνα: Συμείων.
11. CYS EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling

B. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. www.tee.gr
2. www.ypeka.gr
3. <http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=18>
4. http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=639&Itemid=357
5. http://vivliothmy.ee.auth.gr/1649/1/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%A3%CE%B1%CE%B2%CE%B2%CE%AF%CE%B4%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AF%CF%84%CF%83%CE%B1.pdf
6. http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/5333/3/tsilivakosa_insulation.pdf
7. http://www.trakadas.gr/sites/default/files/bioclimate_technical.pdf
8. <http://www.rizakos.gr/>
9. <http://www.fibran.gr/frontend/index.php>
10. <http://www.stohellas.gr/>