



*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ  
ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ  
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ**

Επιμέλεια: Παπαγερασίμου Αλέξανδρος-Νικόλαος

Επιβλέπων Καθηγητής: Κίμων Α. Αντωνόπουλος

**Αθήνα 2010**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	- 8 -
<b>1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ</b> .....	- 10 -
1.1.1 1 <sup>η</sup> περίπτωση:Άμεση διατύπωση ( $f=0$ ) .....	- 14 -
1.1.2 2 <sup>η</sup> περίπτωση:Άμεση διατύπωση ( $f=1$ ) .....	- 15 -
1.1.3 3 <sup>η</sup> περίπτωση:Διατύπωση Crank-Nicholson ( $f=0.5$ ) .....	- 16 -
<b>1.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ</b> .....	- 18 -
1.2.1 Οριακές συνθήκες Dirichlet .....	- 18 -
1.2.2 Οριακές συνθήκες Neumann .....	- 18 -
1.2.3 Οριακές συνθήκες συναγωγής .....	- 19 -
<b>1.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΙΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ</b> .....	- 20 -
<b>2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	- 22 -
<b>2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ DIRICHLET</b> ....	- 22 -
2.1.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος .....	- 22 -
2.1.2 Αναλυτική επίλυση μόνιμης μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας με οριακές συνθήκες Dirichlet.....	- 23 -
2.1.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος.....	- 25 -
2.1.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο γίνει μόνιμο.-Σύγκριση αριθμητικής λύσης με την αναλυτική..	- 26 -

## 2.2 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ- ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ

2.2.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος .....	- 27 -
2.2.2 Αναλυτική επίλυση μόνιμης μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας με οριακές συνθήκες συναγωγής.....	- 28 -
2.2.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος.....	- 31 -
2.2.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο γίνει μόνιμο-Σύγκριση αριθμητικής λύσης με την αναλυτική... -	32 -

## 2.3 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ – ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....- 34 -

2.3.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος .....	- 34 -
2.3.2 Υπολογισμός εξωτερικής θερμοκρασίας για το μήνα Ιανουάριο.....	- 35 -
2.3.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος.....	- 36 -
2.3.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24 <sup>η</sup> ώρα 60 <sup>η</sup> ημέρας).....	- 37 -

## 2.4 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ-ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΑ ΜΟΝΩΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ.....- 39 -

2.4.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας .....	- 40 -
2.4.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος.....	- 41 -
2.4.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος.....	- 43 -
2.4.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24 <sup>η</sup> ώρα 60 <sup>η</sup> μέρας).....	- 45 -
2.4.5 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου .....	- 46 -

2.5 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ  
ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ..... - 48 -

- 2.5.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού  
θερμικής ενέργειας..... - 49 -
- 2.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό  
τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος..... - 49 -
- 2.5.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος..... - 52 -
- 2.5.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το  
φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας)..... - 53 -
- 2.5.5 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής  
θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου..... - 56 -
- 2.5.6 Σύγκριση περιπτώσεων 2.4-2.5..... - 57 -
- 2.5.7 Εύρεση κρίσιμου πάχους μόνωσης στο οποίο οι επιπλέον απώλειες  
από την οροφή ισοσταθμίζονται από την αύξηση της συνολικής  
θερμοχωρητικότητας του κτιρίου εξ' αιτίας της παρουσίας της..... - 59 -

2.6 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ  
ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ-ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΗΛΙΟΥ ΑΕΡΟΣ ΚΑΤΑ  
ASHRAE ..... - 63 -

- 2.6.1 Υπολογισμός ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος..... - 63 -
- 2.6.2 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος..... - 65 -
- 2.6.3 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το  
φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας)..... - 67 -
- 2.6.4 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής  
θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου..... - 72 -
- 2.6.5 Διάγραμμα μεταβολής ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος..... - 73 -
- 2.6.6 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-  
αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου..... - 74 -

2.7 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....- 76 -

- 2.7.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας..... - 76 -
- 2.7.2 Υπλογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος..... - 77 -
- 2.7.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος..... - 80 -
- 2.7.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θεμοροών των εσωτερικών τοίχων όταν το φαινόμενο γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας)..... - 81 -
- 2.7.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου (σύγκριση με περίπτωση 2.6)..... - 82 -

2.8 ΕΠΙΠΛΩΣΗ .....- 85 -

- 2.8.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας..... - 85 -
- 2.8.2 Διατύπωση μητρώων του συστήματος..... - 86 -
- 2.8.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος..... - 87 -
- 2.8.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θεμοροών της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας)..... - 89 -
- 2.8.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου..... - 90 -
- 2.8.6 Σύγκριση των διαγραμμάτων μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα των περιπτώσεων 2.6,2.7 και 2.8..... - 91 -

2.9 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ .....- 93 -

- 2.9.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας..... - 94 -

2.9.2 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος.....	- 95 -
2.9.3 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24 <sup>η</sup> ώρα 60 <sup>ης</sup> μέρας).....	- 97 -
2.9.4 Διαγραμμα εισερχόμενων από τους υαλοπίνακες θερμοροών συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου.....	- 104 -
2.9.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος σε σχέση με τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου.....	- 105 -
<b>3 ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	- 107 -
<b>3.1 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ-</b>	<b>109 -</b>
3.1.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας.....	- 110 -
3.1.2 Υπολογισμός του μέσου ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας κτιριακού κελύφους.....	- 111 -
3.1.3 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου.....	- 112 -
<b>3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΧΩΡΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΕΙ ΠΟΛΥ ΚΑΙΡΟ.....</b>	<b>- 115 -</b>
3.2.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου.....	- 116 -
<b>3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ.....</b>	<b>- 117 -</b>
3.3.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου με παράμετρο την ισχύ της κλιματιστικής συσκευής.....	- 119 -
<b>3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ....</b>	<b>- 120 -</b>

3.4.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (Διακοπή λειτουργίας κλιματιστικής συσκευής την 20 <sup>η</sup> μέρα).....	- 120 -
3.4.2 Υπερθέρμανση χώρου σε περίπτωση προγραμματισμένης διακοπής κλιματιστικής συσκευής.....	- 122 -
<b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	- 124 -
<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ</b> .....	- 125 -
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	- 126 -
1 Υπορουτίνα TDMA.....	-123 -
2.1 Κώδικας επίλυσης μέρους 1 <sup>ου</sup> .....	- 127 -
2.2 Κώδικας επίλυσης μέρους 2 <sup>ου</sup> .....	- 131 -
2.3 Κώδικας επίλυσης μέρους 3 <sup>ου</sup> .....	- 136 -
2.4 Κώδικας επίλυσης μέρους 4 <sup>ου</sup> .....	- 141 -
2.5 Κώδικας επίλυσης μέρους 5 <sup>ου</sup> .....	- 148 -
2.6.1 Κώδικας υπολογισμού ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος. .	- 160 -
2.6.2 Κώδικας επίλυσης μέρους 6 <sup>ου</sup> .....	- 163 -
2.6.3 Κώδικας υπολογισμού μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου αέρος. ....	- 182 -
2.7 Κώδικας επίλυσης μέρους 7 <sup>ου</sup> .....	- 186 -
2.8 Κώδικας επίλυσης μέρους 8 <sup>ου</sup> .....	- 209 -
2.9 Κώδικας επίλυσης μέρους 9 <sup>ου</sup> .....	- 235 -
3 Κώδικας επίλυσης κλιματισμού χώρου.....	- 261 -
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	- 288 -

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ενέργεια βρίσκεται στο επίκεντρο της ζωής μας καθώς εξαρτώμεθα από αυτή για τις μεταφορές, τη θέρμανση και την ψύξη της κατοικίας μας και για τη λειτουργία των εργοστασίων, των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και των γραφείων. Ωστόσο, επειδή τα ορυκτά καύσιμα έχουν ημερομηνία λήξης και προκαλούν υπερθέρμανση του πλανήτη δεν μπορούμε σήμερα να θεωρούμε την ενέργεια από ορυκτά καύσιμα ως κάτι δεδομένο. Πρέπει να διαμορφώσουμε μια ολοκληρωμένη ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική βάσει σαφών στόχων και χρονοδιαγραμμάτων, ώστε να προχωρήσουμε προς μια οικονομία με χαμηλή χρήση άνθρακα και εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων, καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe(εκατομύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο, 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe.

Οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό και την έμμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων ατμοσφαιρικών πηγών. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων υπολογίζεται σε 740 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας. Η κατανομή των διαφόρων πλέον καυσίμων είναι 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% από άμεση χρήση πετρελαίου, 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου, 6% από άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από ηλιακή ενέργεια.



Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου ένας τόννος ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή κατά τα τελευταία χρόνια είναι ελαφρά αυξητική και η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτίρια είναι ίση με 0.7%.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. Η θέρμανση των χώρων αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση για όλα τα κτίρια στην χώρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παραμέτρους που σχετίζονται με το πλήθος των εγκαταστημένων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού το είδος της προστασίας των κτιρίων κατά την διάρκεια του χειμώνα και του θέρους, καθώς και στο γεγονός ότι για τον δροσισμό των χώρων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι η κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών επιφέρει αύξηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά 40 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο και έτος. Η κατανάλωση αυτή αποτελεί και την μέση ενεργειακή κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών στην χώρα.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα κτίρια αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ευρώπη, καλύπτοντας το 40% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της. Επομένως η μελέτη θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων αλλά και η μελέτη κλιματισμού τους μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας κάτι που είναι και αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Κίμωνα Αντωνόπουλο για τις υποδείξεις του καθ'όλη τη διάρκεια του εξαμήνου.

# 1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

## 1.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ-ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ

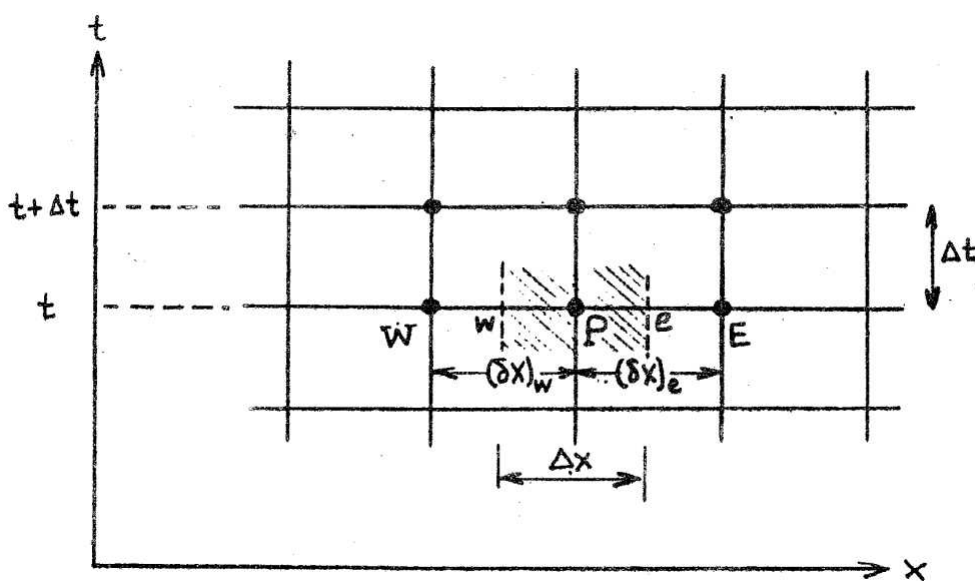
Η διαφορική εξίσωση που διέπει το φαινόμενο της μεταβατικής μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας είναι η εξής:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

όπου  $T$  είναι η θερμοκρασία,  $t$  και  $x$  οι διαστάσεις χρόνου και χώρου αντίστοιχα και  $\rho, c, k$  η πυκνότητα, η θερμοχωρητικότητα και η θερμική αγωγιμότητα αντίστοιχα.

Για να επιλυθεί η παραπάνω διαφορική εξίσωση θα πρέπει πρώτα να χωρίσουμε το υπό μελέτη χωρίο σε τμήματα (όγκους αναφοράς). Να δημιουργήσουμε δηλαδή το υπολογιστικό πλέγμα στο οποίο θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο πεπερασμένων διαφορών. [1]

Το υπολογιστικό πλέγμα δίνεται στο σχήμα 1.1.1



Σχήμα 1.1.1 Υπολογιστικό πλέγμα

Το πρόβλημα έγκειται στον υπολογισμό των τιμών της θερμοκρασίας επί των κόμβων του πλέγματος κατά τη χρονική στιγμή  $t+\Delta t$  με γνωστές τις τιμές κατά την προηγούμενη χρονική στιγμή  $t$  όπου  $\Delta t$  το χρονικό βήμα.

Έστω  $T_W^0, T_P^0, T_E^0$  οι γνωστές τιμές της θερμοκρασίας επί των κόμβων W,P,E κατά τη χρονική στιγμή  $t$  και  $T_W^1, T_P^1, T_E^1$  οι αντίστοιχες θερμοκρασίες κατά τη χρονική στιγμή  $t+\Delta t$ .

Με την υπόθεση  $\rho c = \text{σταθ.}$  ολοκληρώνουμε τη διαφορική εξίσωση στον όγκο αναφοράς που περιβάλλει τον κόμβο P από τη χρονική στιγμή  $t$  έως τη χρονική στιγμή  $t+\Delta t$ :

$$\rho c \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial T}{\partial t} dx dt = \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx dt \quad (1.1.1)$$

Υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία  $T_p$  παραμένει σταθερή σε ολόκληρο τον όγκο αναφοράς το αριστερό μέλος της εξίσωσης (1.1.1) παίρνει τη μορφή:

$$\rho c \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial T}{\partial t} dx dt = \rho c \Delta x (T_p^1 - T_p^0) \quad (1.1.2)$$

Για το χωρικό μέλος του ολοκληρώματος του δεξιού μέλους της εξίσωσης (1.1.1) ισχύει:

$$\int_w^e \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx \cong \left( \overline{k \frac{\partial T}{\partial x}} \right)_e - \left( \overline{k \frac{\partial T}{\partial x}} \right)_w = k_e \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_e - k_w \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_w$$

Υποθέτοντας γραμμική μεταβολή της θερμοκρασίας συναρτήσει της αποστάσεως  $x$  έχουμε:

$$k_e \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_e - k_w \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)_w = k_e \frac{T_E - T_P}{(\delta x)_e} - k_w \frac{T_W - T_P}{(\delta x)_w} \quad (1.1.3)$$

Άρα εισάγοντας τις (1.1.2) και (1.1.3) στην (1.1.1) έχουμε:

$$\rho c \Delta x (T_P^1 - T_P^0) = \int_t^{t+\Delta t} \left[ k_e \frac{T_E - T_P}{(\delta x)_e} - k_w \frac{T_W - T_P}{(\delta x)_w} \right] dt \quad (1.1.4)$$

Για τον υπολογισμό του παραπάνω χρονικού ολοκληρώματος απαιτείται να γίνει μία υπόθεση σχετικά με τον τρόπο μεταβολής της θερμοκρασίας  $T_P$  συναρτήσει του χρόνου στο χρονικό διάστημα  $t$  έως  $t+\Delta t$ .

Γίνονται οι παρακάτω τρεις υποθέσεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας:

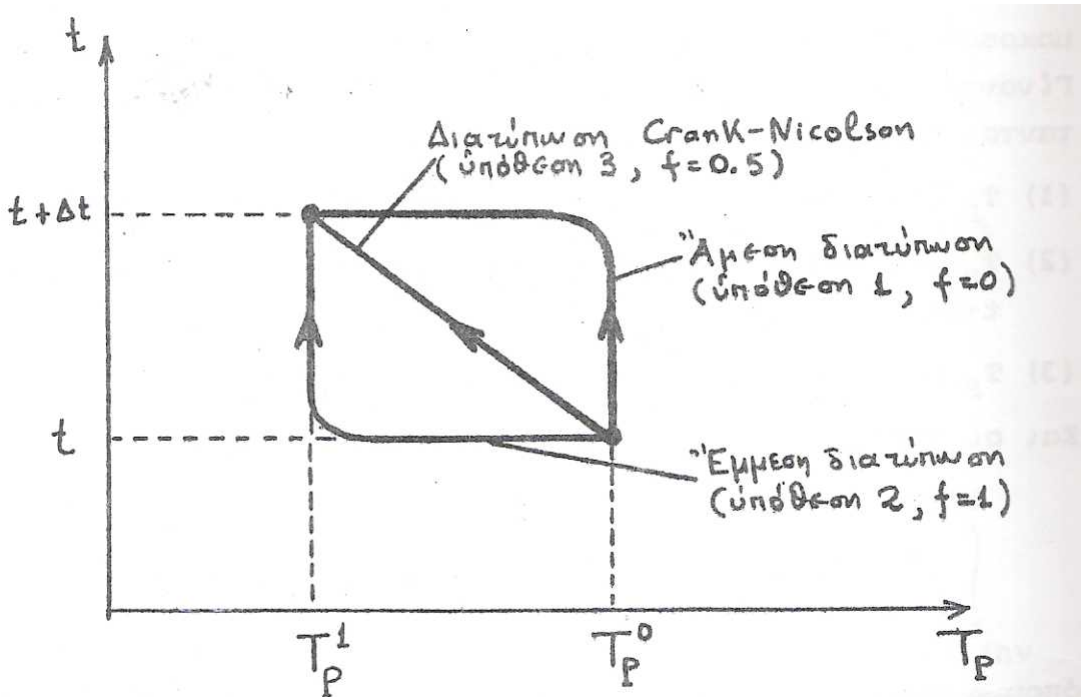
- $T_P$  σταθερή και ίση με την τιμή  $T_P^0$  κατά τη χρονική στιγμή  $t$ .
- $T_P$  σταθερή και ίση με την τιμή  $T_P^1$  κατά τη χρονική τιμή  $t+\Delta t$ .
- $T_P$  μεταβαλλόμενη γραμμικά ως προς το χρόνο.

Μία έκφραση για τη μεταβολή της  $T_P$  στο χρόνο δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\int_t^{t+\Delta t} T_P dt = [f T_P^1 + (1-f) T_P^0] \Delta t \quad (1.1.5)$$

όπου ο παράγοντας  $f$  παίρνει τιμές από 0 έως 1. Παρατηρούμε ότι οι τρεις παραπάνω υποθέσεις αντιστοιχούν για  $f=0, 0.5$  και 1. [1]

Οι τρεις υποθέσεις δίνονται γραφικά στο σχήμα 1.2



Σχήμα 1.1.2 Τρεις υποθέσεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας στο χρόνο

Αν στη σχέση (1.1.4) χρησιμοποιήσουμε για τις θερμοκρασίες  $T_w$  και  $T_E$  την έκφραση της σχέσης (1.1.5) τότε αυτή παίρνει τη μορφή:

$$\rho c \Delta x (T_P^1 - T_P^0) = f \left[ k_e \frac{T_E^1 - T_P^1}{(\delta x)_e} - k_w \frac{T_w^1 - T_P^1}{(\delta x)_w} \right] + (1-f) \left[ k_e \frac{T_E^0 - T_P^0}{(\delta x)_e} - k_w \frac{T_w^0 - T_P^0}{(\delta x)_w} \right]$$

Παραλείποντας για λόγους απλότητας τον δείκτη 1 από την παραπάνω σχέση και εκτελώντας τις πράξεις καταλήγουμε στην αλγεβρική εξίσωση πεπερασμένων διαφορών που έχει τη μορφή:

$$A_p T_P = A_E [f T_E + (1-f) T_E^0] + A_w [f T_w + (1-f) T_w^0] + [A_p^0 - (1-f) T_w - (1-f) T_E] T_P^0 \quad (1.1.6)$$

όπου:

$$A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

### 1.1.1 1<sup>η</sup> περίπτωση: Άμεση διατύπωση (f=0)

Αν στη σχέση (1.1.6) αντικαταστήσουμε όπου  $f = 0$  έχουμε

$$A_P T_P = A_E T_E^0 + A_W T_W^0 + (A_P^0 - T_W - T_E) T_P^0 \quad (1.1.7)$$

όπου:

$$A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

Στη σχέση (1.1.7) παρατηρούμε ότι στο δεξιό μέλος όλοι οι όροι είναι γνωστοί. Άρα για τον υπολογισμό της  $T_P$  δεν είναι αναγκαία η επίλυση συστήματος εξισώσεων. Αυτό εξοικονομεί χρόνο κατά τον υπολογισμό όλων των θερμοκρασιών σε κάθε κόμβο του χωρίου μας.

Παρατηρούμε όμως ότι ο συντελεστής της  $T_P^0$ ,  $(A_P^0 - T_W - T_E)$ , μπορεί να λάβει αρνητική τιμή κάτι που οδηγεί σε πρόβλημα σύγκλισης δηλαδή η  $T_P$  να λάβει αρνητική τιμή. Για να αποφευχθεί αυτή η πιθανότητα θα πρέπει  $(A_P^0 - T_W - T_E) > 0$ .

Για σταθερή θερμική αγωγιμότητα και ομοιόμορφο πλέγμα η παραπάνω συνθήκη γράφεται:

$$\Delta t \prec \frac{\rho c (\Delta x)^2}{2k}$$

Παρατηρούμε ότι πύκνωση του χωρικού πλέγματος για μεγαλύτερη ακρίβεια οδηγεί σε ακόμη μεγαλύτερη μείωση του χρονικού βήματος για να ικανοποιηθεί η παραπάνω συνθήκη, επειδή το χρονικό βήμα είναι στο τετράγωνο. Έτσι ο υπολογιστικός χρόνος που γλιτώνουμε από την απ'ευθείας επίλυση της εξίσωσης (1.1.7) μπορεί να είναι λιγότερος από το χρόνο που χάνουμε λόγω του πολύ μικρού χρονικού βήματος. [1],[2]

#### 1.1.2 2<sup>η</sup> περίπτωση: Άμεση διατύπωση (f=1)

Αν στη σχέση (1.1.6) αντικαταστήσουμε όπου  $f = 1$  έχουμε

$$A_p T_p = A_E T_E + A_W T_W + A_p^0 T_p^0$$

όπου:

$$A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_p^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

$$A_p = A_E + A_W + A_p^0$$

Παρατηρούμε ότι τη χρονική στιγμή  $t + \Delta t$  έχουμε τρεις άγνωστες θερμοκρασίες.

Άρα για να τις υπολογίσουμε θα πρέπει αν λύσουμε το σύστημα που είναι τριδιαγώνιας μορφής. Η επίλυση τέτοιου είδους συστημάτων γίνεται με την υπορουτίνα TDMA (TriDiagonal Matrix Algorithm).

Κατά την έμμεση διατύπωση δεν έχουμε περιορισμούς ευστάθειας δηλαδή το χρονικό βήμα  $\Delta t$  μπορεί να ληφθεί όσο μεγάλο θέλουμε εξοικονομώντας έτσι υπολογιστικό χρόνο. [1]

### 1.1.3 3<sup>η</sup> περίπτωση: Διατύπωση Crank-Nicholson (f=0.5)

Αν στη σχέση (1.1.6) αντικαταστήσουμε όπου  $f = 0.5$  έχουμε

$$A_P T_P = \frac{A_E}{2} (T_E + T_E^0) + \frac{A_W}{2} (T_W + T_W^0) + \left( A_P^0 - \frac{T_E}{2} - \frac{T_W}{2} \right) T_P^0$$

όπου:

$$A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

$$A_P = \frac{A_E}{2} + \frac{A_W}{2} + A_P^0$$

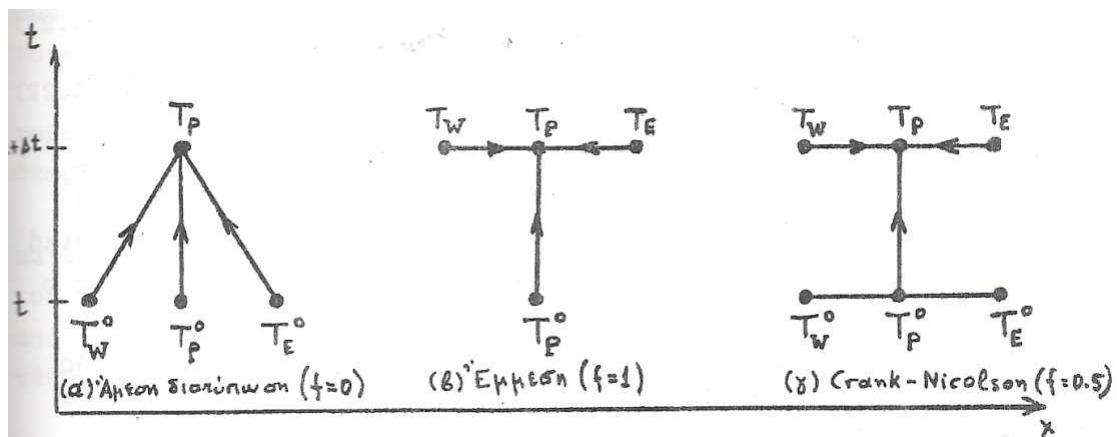


Όπως και στην έμμεση διατύπωση έτσι και εδώ χρειάζεται επίλυση τριδιαγωνίου συστήματος.

Η μέθοδος Crank-Nicholson αποδεικνύεται ότι αν και δίνει πάντα μαθηματικώς ευσταθή λύση για οποιοδήποτε χρονικό βήμα  $\Delta t$ , φυσικώς η λύση αυτή μπορεί να είναι λανθασμένη.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μας δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια στη χρονική παράγωγο (σφάλμα αποκοπής  $(\Delta t)^2$ ). [1]

Παρακάτω δίνεται η σχηματική απόδοση των τριών διατυπώσεων της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών.



Σχήμα 1.1.3 Σχηματική απόδοση των τριών διατυπώσεων της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών

Στο συγκεκριμένο φαινόμενο που μελετάμε έχουμε πρώτη παράγωγο ως προς το χρόνο άρα μας επαρκεί η τάξη σφάλματος αποκοπής της χρονικής παραγώγου να είναι  $(\Delta t)$  που μας προσφέρουν οι άλλες δύο μέθοδοι. Στην περίπτωση όμως του χώρου έχουμε δεύτερη παράγωγο και έτσι θέλουμε σφάλμα αποκοπής δεύτερης τάξης κάτι που μας προσφέρουν και οι τρεις.

Άρα επιλέγουμε την έμμεση μέθοδο για να μην έχουμε προβλήματα ευστάθειας.

## 1.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Σε αυτού του είδους τα φαινόμενα παρατηρούνται τριών ειδών οριακές συνθήκες:

- ο Οριακές συνθήκες Dirichlet
- ο Οριακές συνθήκες Neumann
- ο Οριακές συνθήκες συναγωγής

### 1.2.1 Οριακές συνθήκες Dirichlet

Το συγκεκριμένο είδος οριακών συνθηκών είναι και το πιο απλό. Οι τιμές των θερμοκρασιών στα όρια είναι γνωστές. Δηλαδή:

$$T(x = 0) = T_o$$

$$T(x = L) = T_i$$

Η διακριτοποίηση αυτού του είδους των οριακών συνθηκών είναι απλή.  $x = 0$  είναι ο πρώτος κόμβος του πλέγματος και  $x = L$  είναι ο τελευταίος. Άρα [1]

$$T_1 = T_o$$

$$T_N = T_i$$

### 1.2.2 Οριακές συνθήκες Neumann

Το συγκεκριμένο είδος οριακών συνθηκών δίνει την κλίση των θερμοκρασιών στα όρια. Δηλαδή:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = q_o$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = q_i$$

Διακριτοποιώντας τις παραπάνω οριακές συνθήκες έχουμε [1]:

$$\frac{T_2 - T_1}{\Delta x} = q_o \Rightarrow T_1 = T_2 - q_o \Delta x$$

$$\frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x} = q_i \Rightarrow T_N = T_{N-1} + q_i \Delta x$$

### 1.2.3 Οριακές συνθήκες συναγωγής

Το συγκεκριμένο είδος οριακών συνθηκών εξισώνει τις θερμοροές στα όρια του υπο μελέτη χωρίου με την ενέργεια που δίνει διερχόμενο ρευστό θερμοκρασίας  $T_{f1}$  και  $T_{f2}$  και συναγωγιμότητας  $h_{f1}$  και  $h_{f2}$  αντίστοιχα.

Δηλαδή:

$$-k \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = h_{f1} (T_{f1} - T_1)$$

$$-k \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = h_{f2} (T_N - T_{f2})$$

Διακριτοποιώντας τις παραπάνω οριακές συνθήκες έχουμε [1]:

$$-k \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} = h_{f1} (T_{f1} - T_1) \Rightarrow \left( 1 + \frac{\Delta x h_{f1}}{k} \right) T_1 = T_2 + \left( \frac{\Delta x h_{f1}}{k} \right) T_{f1}$$

$$-k \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x} = h_{f2} (T_N - T_{f2}) \Rightarrow \left( 1 - \frac{\Delta x h_{f2}}{k} \right) T_N = T_{N-1} + \left( \frac{\Delta x h_{f2}}{k} \right) T_{f2}$$

### 1.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΙΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ

Η εξίσωση πεπερασμένων διαφορών συνδέει την τιμή της θερμοκρασίας ενός κόμβου  $i$  με την τιμή στον προηγούμενο  $i-1$  και στον επόμενο  $i+1$ . Άρα μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$a_i T_i = b_i T_{i+1} + c_i T_{i-1} + d_i \quad (1.3.1)$$

για  $i=1$  έως  $n-1$  και  $c_1 = b_n = 0$

Διαιρούμε με  $a_i$  όλους τους όρους της (1.3.1):

$$T_i = A_i T_{i+1} + B_i T_{i-1} + C_i$$

για  $i=1$  έως  $n-1$  και  $B_1 = A_n = 0$

Συνδυάζοντας την πρώτη ( $i=1$ ) και τη δεύτερη ( $i=2$ ) εξίσωση του συστήματος απαλείφεται η άγνωστη  $T_1$  (όπως κάνουμε και στην απαλειφή κατά Gauss). Η εξίσωση που προκύπτει μπορεί να συνδυαστεί με την τρίτη ( $i=3$ ) ώστε να απαλειφθεί η άγνωστη  $T_2$ . Με αυτήν τη διαδικασία για κάθε  $i$  καταλήγουμε στο παρακάτω σύστημα εξισώσεων:

$$T_1 = A_1 T_2 + c_1$$

$$T_2 = A_2' T_3 + c_2'$$

$$T_3 = A_3' T_4 + c_3'$$

.....

$$T_i = A_i' T_{i+1} + c_i'$$

.....

$$T_{n-1} = A_{n-1}' T_n + c_{n-1}'$$

$$T_n = c_n'$$

όπου οι συντελεστές δίνονται από τις αναδρομικές σχέσεις:

$$A'_i = \frac{A_i}{1 - A'_{i-1} B_i}$$

$$c'_i = \frac{c_i + c'_{i-1} B_i}{1 - A'_{i-1} B_i}$$

$i=2,3,\dots,n$

$$A'_1 = A_1$$

$$A'_n = A_n = 0$$

$$c'_1 = c_1$$

Έτσι οι άγνωστες τιμές των θερμοκρασιών υπολογίζονται με πίσω αντικατάσταση. [1],[3]

Η υπορουτίνα TDMA δίνεται στο παράρτημα.

## 2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

### 2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ DIRICHLET

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου μονοστρωματικού τοίχου αποτελούμενο από τούβλο του οποίου τα στοιχεία δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.1.1

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας(W/ m <sup>2</sup> K)	0.72
Ειδική θερμοχωρητικότητα(J/kg k)	840
Πυκνότητα(kg/m <sup>2</sup> )	1920
Πάχος(m)	0.26

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες τύπου Dirichlet με εξωτερική θερμοκρασία 10°C και εσωτερική 20°C .

#### 2.1.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής j+1 παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής j παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο είναι  $T(0,i)=20^\circ C$

Το φαινόμενο μελετάται για 35 ημέρες. Αφού οι θερμοκρασίες στα όρια του τοίχου έχουν σταθερή τιμή, το φαινόμενο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θα γίνει μόνιμο. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.1.

### 2.1.2 Αναλυτική επίλυση μόνιμης μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας με οριακές συνθήκες Dirichlet.

Απαλείφοντας από τη διαφορική εξίσωση το χρονικό όρο έχουμε:

$$k \frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

Αφού το  $k$  είναι διάφορο του μηδενός

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

Η αναλυτική επίλυση της παραπάνω διαφορικής εξίσωσης είναι απλή.

Ολοκληρώνοντας δύο φορές έχουμε:

$$T(x) = C_1 x + C_2 \quad (2.1.1)$$

με οριακές συνθήκες:

$$T(0) = 10$$

$$T(L) = 20$$

Εισάγοντας την πρώτη οριακή συνθήκη στη σχέση (2.1.1) έχουμε:

$$T(0) = C_2 \Rightarrow C_2 = 10 \quad (2.1.2)$$

Εισάγοντας τώρα τη δεύτερη οριακή συνθήκη και τη σχέση (2.1.2) στη σχέση (2.1.1) έχουμε με  $L = 0.26m$  :

$$T(0.26) = C_1 \times 0.26 + 10 \Rightarrow 20 = C_1 \times 0.26 + 10 \Rightarrow C_1 = \frac{10}{0.26}$$

Άρα η αναλυτική έκφραση κατανομής θερμοκρασιών στον τοίχο παίρνει τη μορφή:

$$T(x) = \frac{10}{0.26}x + 10 \quad (2.1.3)$$

Ο υπολογισμός των θερμοροών γίνεται μέσω της σχέσης Fourier:

$$q = -k \frac{dT}{dx} \quad (2.1.4)$$

Παραγωγίζοντας τη σχέση (2.1.3) παίρνουμε  $\frac{dT}{dx} = \frac{10}{0.26}$

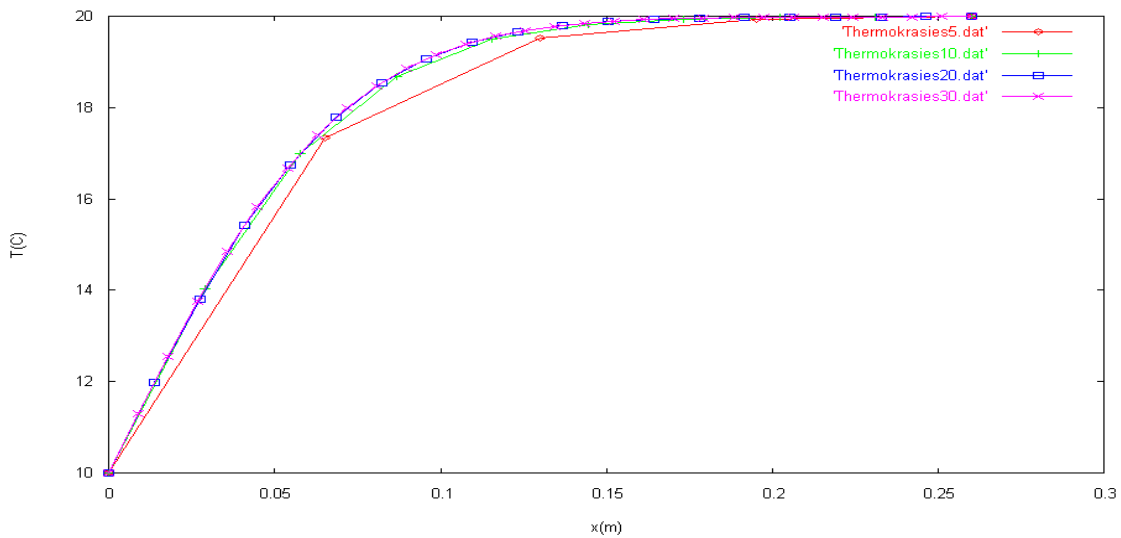
Αντικαθιστώντας στην σχέση (2.1.4) στη μόνιμη κατάσταση οι θερμοροές διαμέσου του τοίχου έχουν τιμή  $-27.6923 \text{ W / m}^2$  .[4]



Εξ' αιτίας της απλότητας του φαινομένου αναμένουμε η αριθμητική επίλυση του φαινομένου να συμπίπτει με την αναλυτική.

### 2.1.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

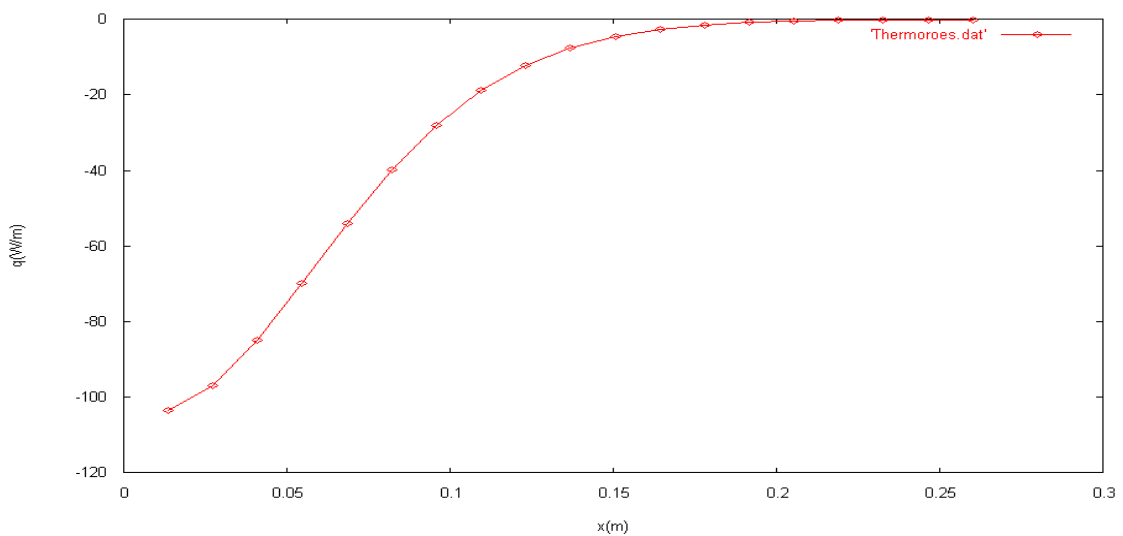
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=5, N=10, N=20$  και  $N=30$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.1.1 Κατανομή θερμοκρασιών

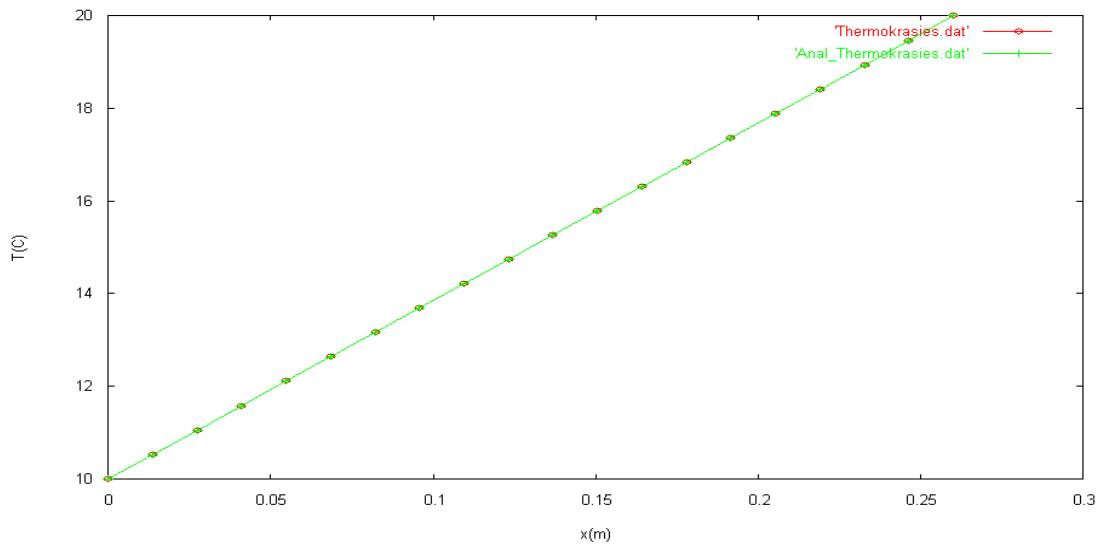
Παρατηρείται ότι έχουμε ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=20$ .

Κατανομή θερμοροών την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας:

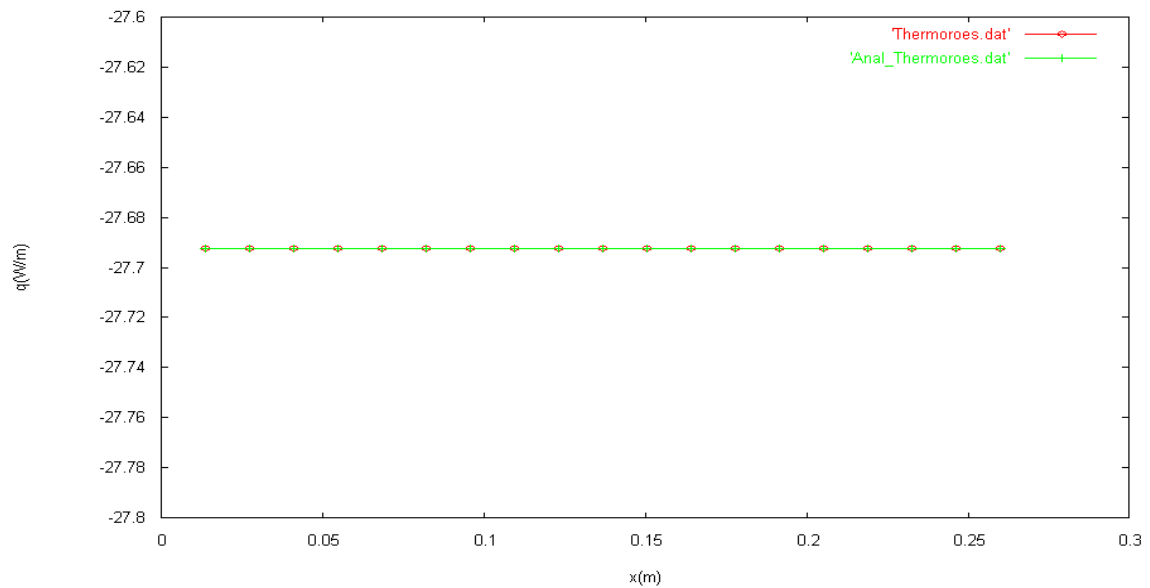


Διαγραμμα 2.1.2 Κατανομή θερμοροών για  $N=20$

### 2.1.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο γίνει μόνιμο.-Σύγκριση αριθμητικής λύσης με την αναλυτική.



Διαγράμμα 2.1.3 Κατανομή θερμοκρασιών



Διαγράμμα 2.1.4 Κατανομή θερμοροών

Παρατηρούμε ότι τα άκρα της καμπύλης κατανομής θερμοκρασιών συμπίπτουν με την τιμή της θερμοκρασίας στα όρια του τοίχου κάτι που το περιμέναμε μιας και οι οριακές συνθήκες είναι τύπου Dirichlet. Επίσης γνωρίζοντας ότι στη μόνιμη κατάσταση η κατανομή θερμοκρασιών είναι γραμμικής μορφής αναμέναμε η κατανομή των θερμοροών να είναι ευθεία σταθερής τιμής. Τέλος τα δύο διαγράμματα συμπίπτουν πλήρως γεγονός που επαληθεύει ότι η αριθμητική μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε είναι σωστή.

## 2.2 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ- ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου μονοστρωματικού τοίχου αποτελούμενο από τούβλο του οποίου έχουν δοθεί στον πίνακα 2.1.1

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων(έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής με εξωτερική θερμοκρασία  $10^{\circ}C$  και εσωτερική  $20^{\circ}C$ .

### 2.2.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j+1$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{k} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_i \delta x_{N-1}}{k} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_o$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του ατμοσφαιρικού αέρα που έχει τιμή  $16W/m^2K$ ,  $h_i$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας και του αέρα δωματίου που έχει τιμή  $8W/m^2K$ ,  $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{k} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_i \delta x_{N-1}}{k} \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA. Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο είναι  $T(0,i)=20^\circ C$

Το φαινόμενο μελετάται για 35 ημέρες. Αφού οι θερμοκρασίες στα όρια του τοίχου έχουν σταθερή τιμή, το φαινόμενο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θα γίνει μόνιμο. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.2.

### 2.2.2 Αναλυτική επίλυση μόνιμης μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας με οριακές συνθήκες συναγωγής.

Απαλείφοντας από τη διαφορική εξίσωση το χρονικό όρο θα πάρει τη μορφή:

$$k \frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

και αφού το  $k$  είναι διάφορο του μηδενός

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

Η αναλυτική επίλυση της παραπάνω διαφορικής εξίσωσης είναι απλή.

Ολοκληρώνοντας δύο φορές έχουμε:

$$T(x) = C_1 x + C_2 \quad (2.2.1)$$

με οριακές συνθήκες:

$$-k \frac{dT}{dx} = h_o (T_o - T(0)) \quad (2.2.2)$$

$$-k \frac{dT}{dx} = h_i (T(L) - T_i) \quad (2.2.3)$$

Παραγωγίζοντας τη σχέση (2.2.1) έχουμε:

$$\frac{dT}{dx} = C_1 \quad (2.2.4)$$

Εισάγουμε τη σχέση (2.2.4) στις σχέσεις (2.2.2) και (2.2.3):

$$-kC_1 = h_o (T_o - T(0)) \quad (2.2.5)$$

$$-kC_1 = h_i (T(L) - T_i) \quad (2.2.6)$$

Επίσης ισχύει:

$$T(0) = C_2 \quad (2.2.7)$$

$$T(L) = C_1 L + C_2 \quad (2.2.8)$$

Αντικαθιστούμε τις σχέσεις (2.2.7),(2.2.8) στις (2.2.5) και (2.2.6) αντίστοιχα και έχουμε:

$$-kC_1 = h_o (T_o - C_2) \quad (2.2.9)$$

$$-kC_1 = h_i (C_1 L + C_2 - T_i) \quad (2.2.10)$$

Επιλύουμε τη σχέση (2.2.9) ως προς  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{h_0}{k}(C_2 - T_o) \quad (2.2.11)$$

Αντικαθιστώντας τη σχέση (2.2.11) στη σχέση (2.2.10) έχουμε:

$$\begin{aligned} -h_o(C_2 - T_o) &= h_i\left(\frac{h_o}{k}L(C_2 - T_o) + C_2 - T_i\right) \Rightarrow \\ \Rightarrow -h_oC_2 + T_o h_o &= h_i\left(\frac{h_o}{k}LC_2 - T_o\frac{h_o}{k}L + C_2 - T_i\right) \Rightarrow \\ \Rightarrow -h_oC_2 - \frac{h_i h_o L}{k}C_2 - h_i C_2 &= -T_o\frac{h_i h_o L}{k} - T_i h_i - T_o h_o \Rightarrow \\ \Rightarrow \left(h_o + \frac{h_i h_o L}{k} + h_i\right)C_2 &= T_o\frac{h_i h_o L}{k} + T_i h_i + T_o h_o \Rightarrow \\ \Rightarrow C_2 &= \frac{T_o\frac{h_i h_o L}{k} + T_i h_i + T_o h_o}{h_o + \frac{h_i h_o L}{k} + h_i} \quad (2.2.12) \end{aligned}$$

Αντικαθιστώντας τη σχέση (2.2.12) στη σχέση (2.2.11) έχουμε:

$$C_1 = \frac{h_0}{k}\left(\frac{T_o\frac{h_i h_o L}{k} + T_i h_i + T_o h_o}{h_o + \frac{h_i h_o L}{k} + h_i} - T_o\right) \quad (2.2.13)$$

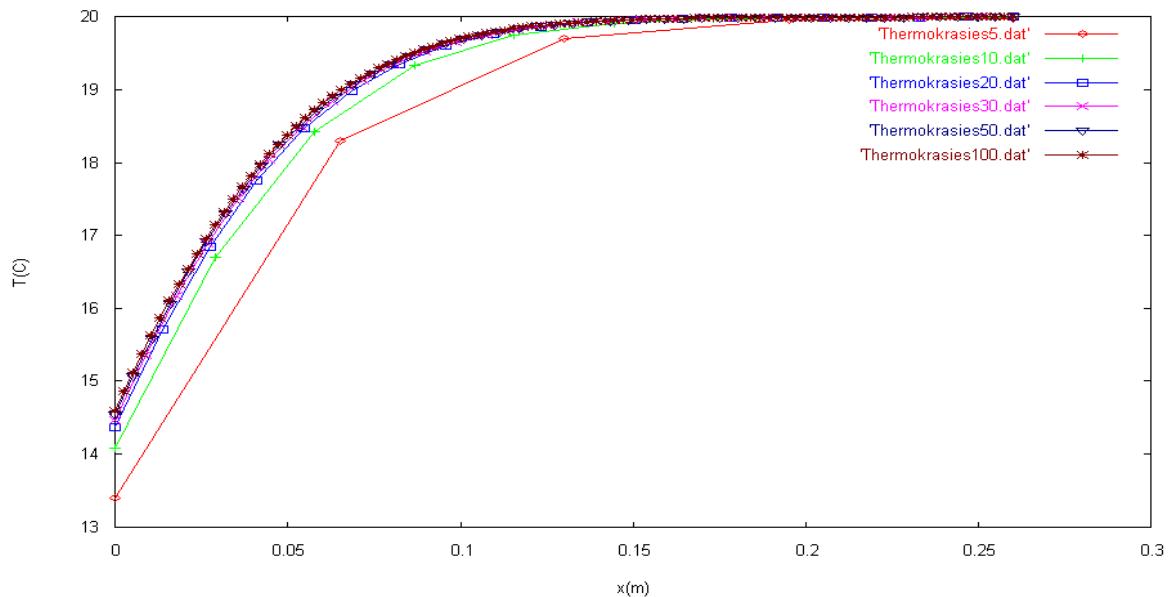
Ο υπολογισμός των θερμοροών γίνεται μέσω της σχέσης Fourier:

$$q = -k\frac{dT}{dx} \Rightarrow q = -kC_1 = -h_o\left(\frac{T_o\frac{h_i h_o L}{k} + T_i h_i + T_o h_o}{h_o + \frac{h_i h_o L}{k} + h_i} - T_o\right)$$

Εξ' αιτίας της απλότητας του φαινομένου αναμένουμε η αριθμητική επίλυση του φαινομένου να συμπίπτει με την αναλυτική.[4]

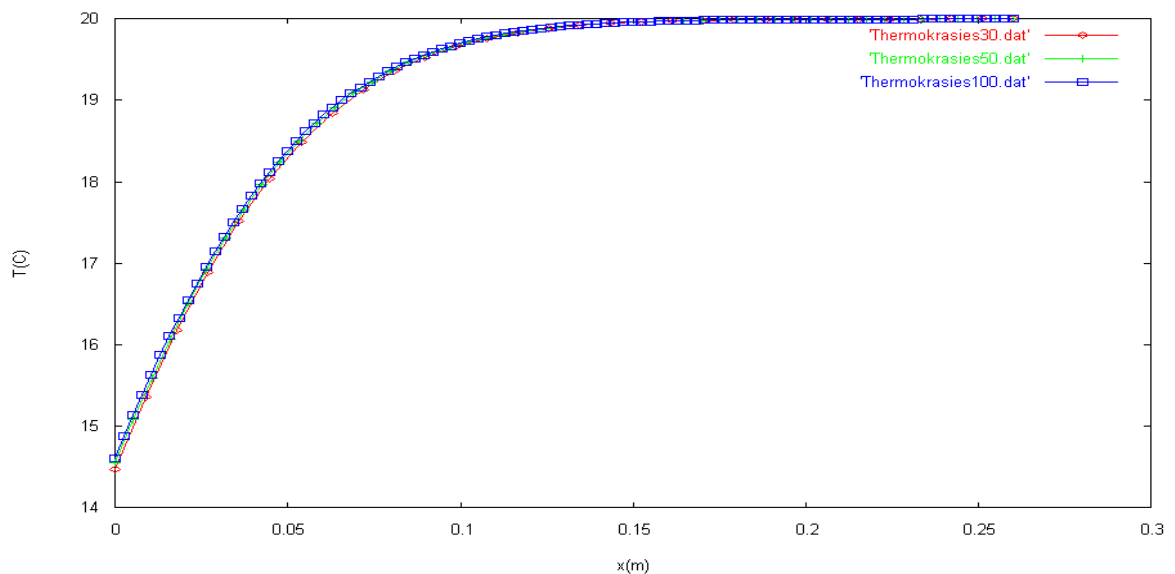
### 2.2.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.2.1 Κατανομή θερμοκρασιών

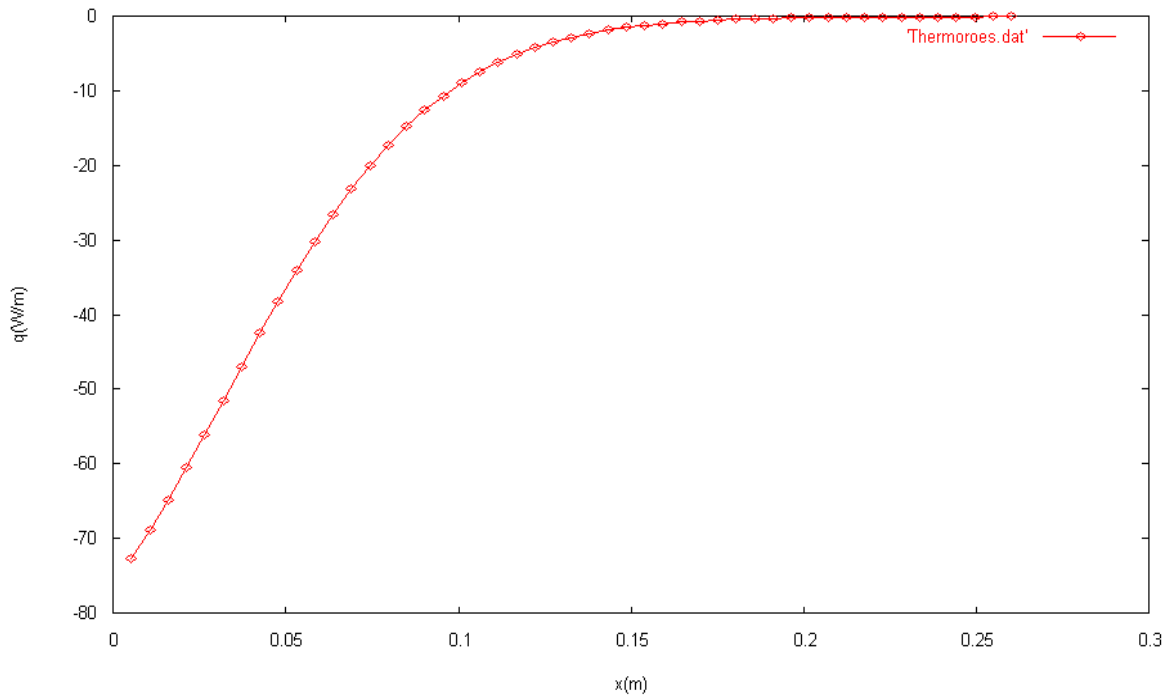
Παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάλογα με τη διαμέριση. Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=30, N=50, N=100$ :



Διαγραμμα 2.2.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=30, N=50, N=100$ )

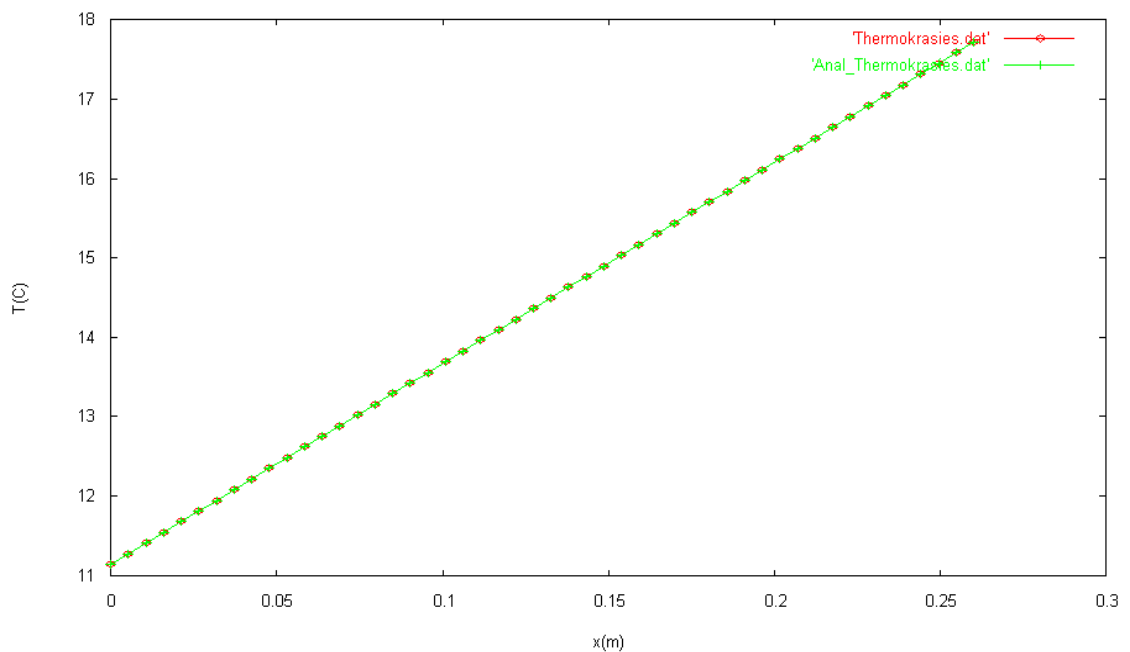
Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=50$ .

Κατανομή θερμοροών την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας:



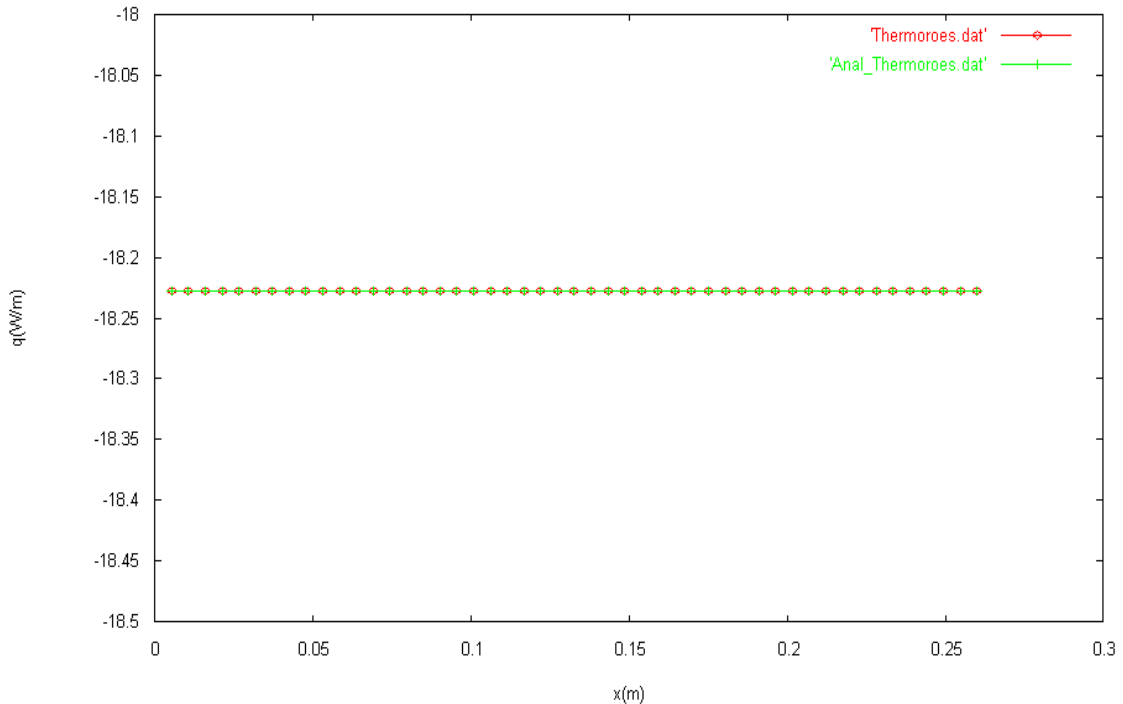
Διαγράμμα 2.2.3 Κατανομή θερμοροών για N=50

2.2.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο γίνει μόνιμο-Σύγκριση αριθμητικής λύσης με την αναλυτική.



Διαγράμμα 2.2.4 Κατανομή θερμοκρασιών





Διαγράμμα 2.2.5 Κατανομή θερμοροών

Παρατηρούμε ότι εν αντιθέσει με την προηγούμενη περίπτωση τα άκρα της καμπύλης κατανομής θερμοκρασιών δε συμπίπτουν με την τιμή της θερμοκρασίας στα όρια του τοίχου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχουμε οριακές συνθήκες συναγωγής. Μάλιστα το πόσο κοντά στην τιμή της θερμοκρασίας θα είναι τα άκρα της καμπύλης εξαρτάται από τη τιμή του συντελεστή συναγωγής. Αυτό φαίνεται και στην περίπτωση μας μιας και η τιμή της θερμοκρασίας του τοίχου στο εσωτερικό του δωματίου, όπου ο συντελεστής συναγωγής είναι  $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , είναι κατά  $2.1^\circ\text{C}$  χαμηλότερη από αυτήν του ρευστού ενώ στην πλευρά της ατμόσφαιρας, όπου ο συντελεστής συναγωγής είναι  $16 \text{ W/m}^2\text{K}$ , η διαφορά είναι  $1.1^\circ\text{C}$ .

Τέλος τα δύο διαγράμματα συμπίπτουν πλήρως γεγονός που επαληθεύει ότι η αριθμητική μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε είναι σωστή.

## 2.3 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ – ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου μονοστρωματικού τοίχου αποτελούμενο από τούβλο του οποίου τα στοιχεία έχουν δοθεί στον πίνακα 2.1.1.

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής με εξωτερική θερμοκρασία κυμαινόμενη από  $7^{\circ}\text{C}$  έως  $13^{\circ}\text{C}$  και εσωτερική  $20^{\circ}\text{C}$ .

### 2.3.1 Διατύπωση μητρώων του συστήματος

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j+1$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{k} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_i \delta x_{N-1}}{k} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_o$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του ατμοσφαιρικού αέρα,  $h_i$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας και του αέρα δωματίου,  $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{k} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_i \delta x_{N-1}}{k} \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA. Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο είναι  $T(0,i)=20^\circ C$

### 2.3.2 Υπολογισμός εξωτερικής θερμοκρασίας για το μήνα Ιανουάριο

Η εξωτερική θερμοκρασία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_o(t) = M + \sum_1^3 C_i \cos\left[i \frac{4\pi}{24 \times 3600} (t - 0.5 \times 3600)\right] + \sum_1^3 S_i \sin\left[i \frac{4\pi}{24 \times 3600} (t - 0.5 \times 3600)\right]$$

όπου  $t$  σε sec.

Οι τιμές των συντελεστών  $M, C_i, S_i$  εξαρτώνται από το μήνα και τη μέρα που μελετάμε. Εμείς εδώ θα μελετήσουμε την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. Οι τιμές των συντελεστών δίνονται παρακάτω[5]:

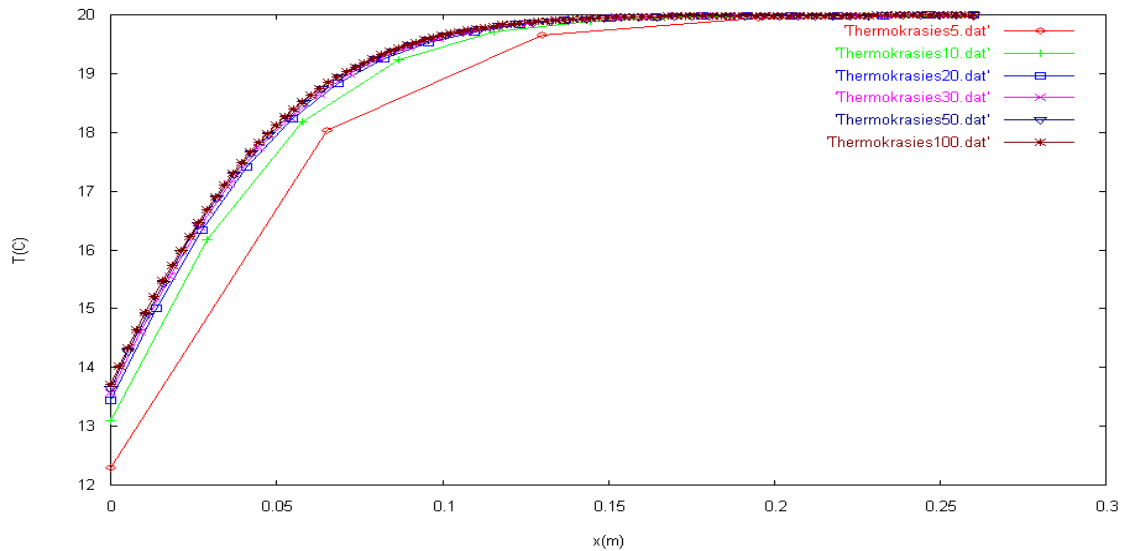
Πίνακας 2.3.1

$M$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
9.384	-1.673	0.711	0.0085	-1.723	0.524	-0.241

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.3.

### 2.3.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

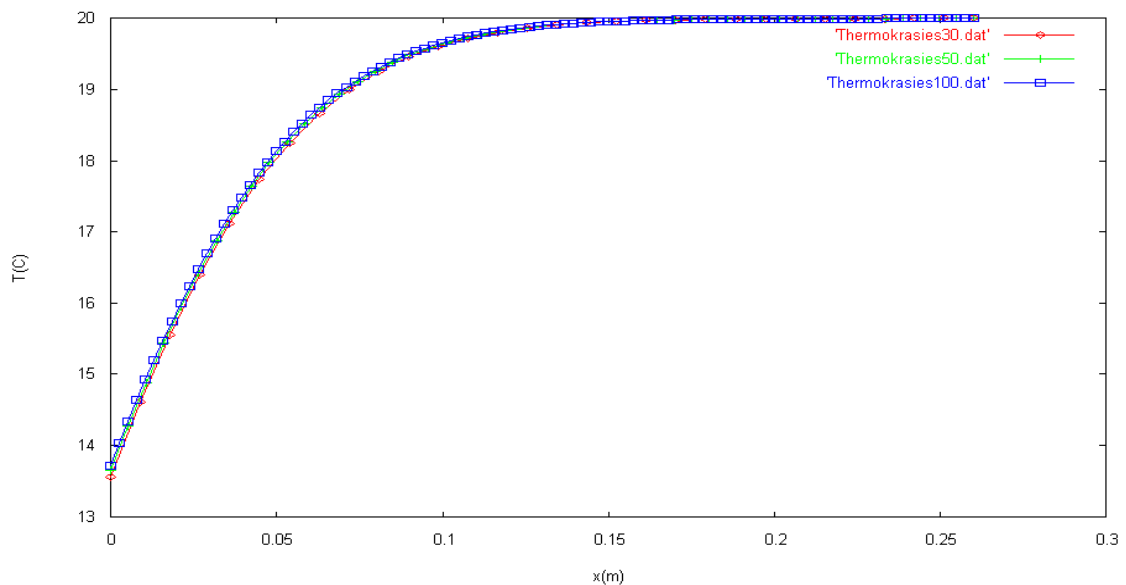
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.3.1 Κατανομή θερμοκρασιών

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάλογα με τη διαμέριση.

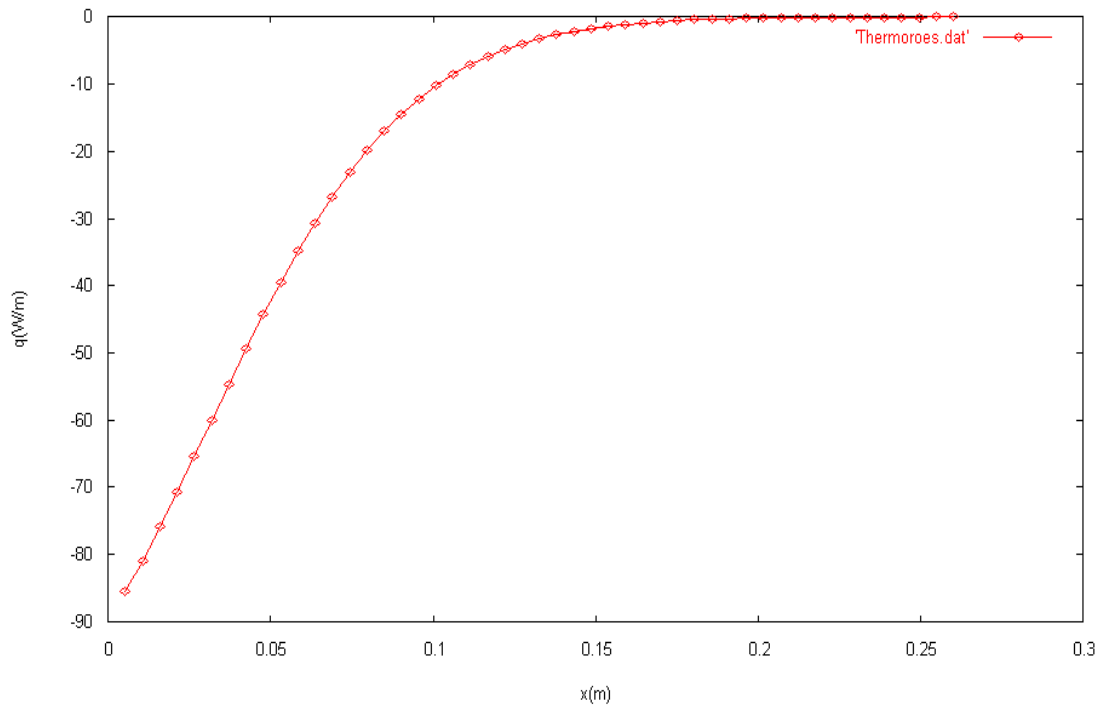
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=30, N=50, N=100$ :



Διαγραμμα 2.3.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=30, N=50, N=100$ )

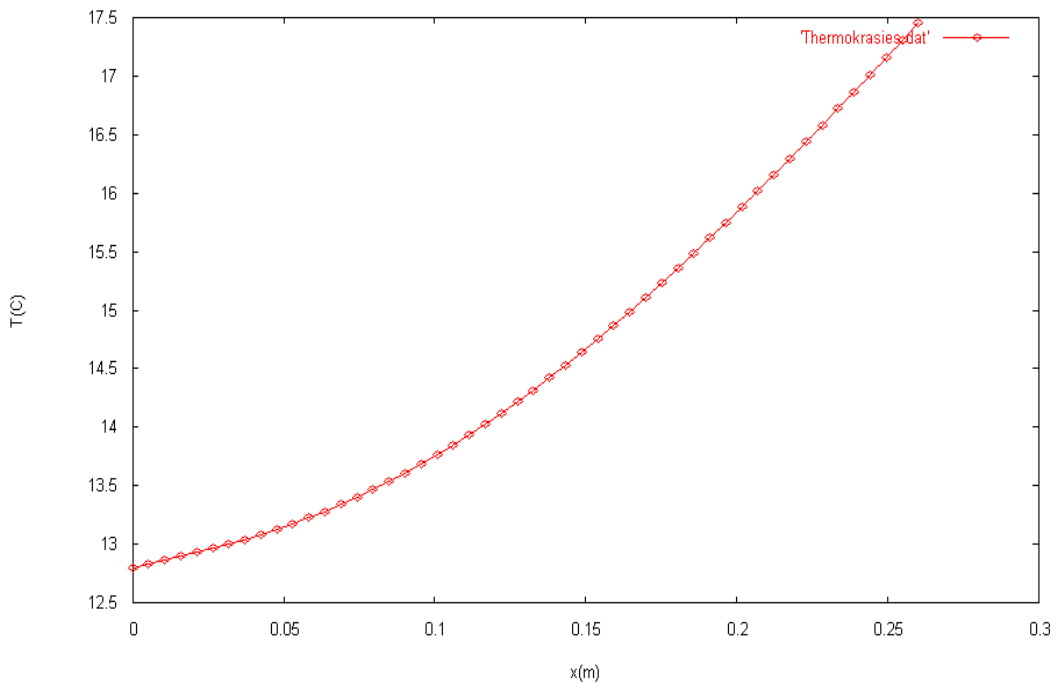
Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=50$ .

Κατανομή θερμοροών την πρώτη ώρα της πρώτης μέρας:

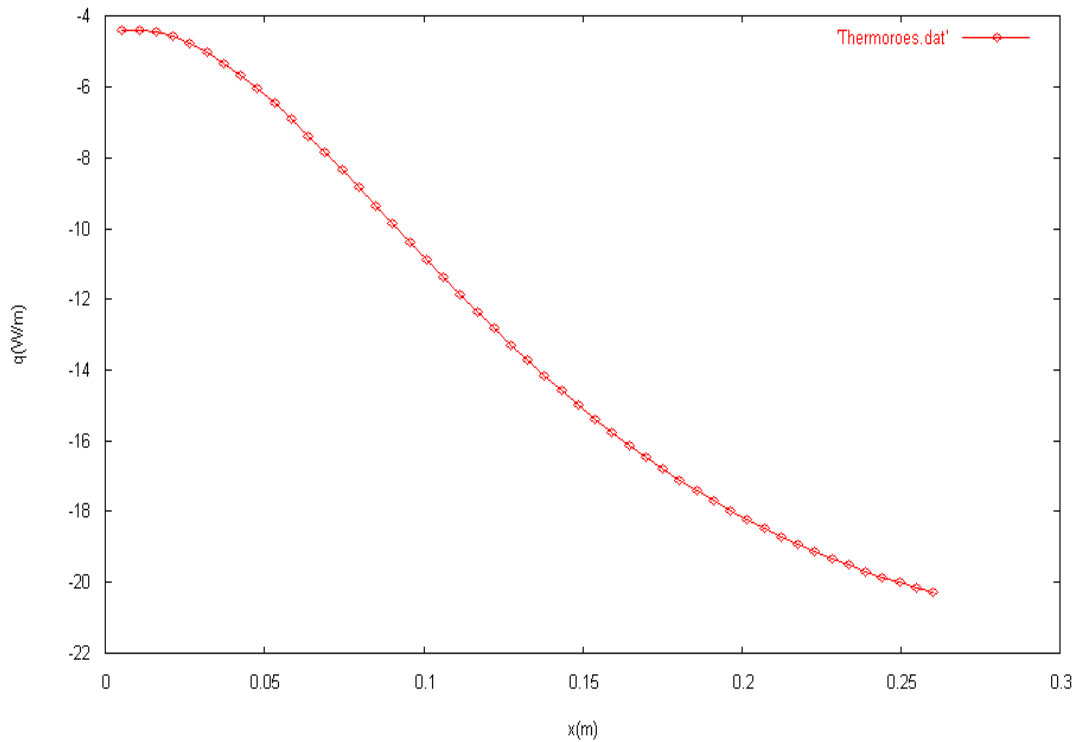


Διαγράμμα 2.3.3 Κατανομή θερμοροών για N=50

2.3.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> ημέρας).



Διαγράμμα 2.3.4 Κατανομή θερμοκρασιών



**Διαγραμμα 2.3.5 Κατανομή θερμορών**

Η καμπυλότητα στα παραπάνω διαγράμματα, εν αντιθέσει με τις πρώτες δύο περιπτώσεις οφείλεται στη συνεχή μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμοροή που εξέρχεται από τη θερμή πλευρά έχει μεγάλη τιμή εξ' αιτίας της πολύ μεγάλης θερμοκρασιακής διαφοράς.

## 2.4 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ-ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΑ ΜΟΝΩΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου αποτελούμενο από τέσσερις τοίχους,αδιαβατικά μονωμένη οροφή και πάτωμα.Το δωμάτιο έχει διαστάσεις:

Πίνακας 2.4.1

Μήκος	10 m
Πλάτος	10 m
Ύψος	3 m

Για να υπολογίσουμε τις εισερχόμενες θερμοροές στο δωμάτιο θα λύσουμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου πολυστρωματικού τοίχου αποτελούμενο από τα παρακάτω στοιχεία.Στον πίνακα δίνονται και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου:

Πίνακας 2.4.2

Στρώματα	Πάχος (m)	Πυκνότητα (kg / m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J / kgK)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητος (W / m <sup>2</sup> K)
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Μόνωση	0.040	32	840	0.038
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων(έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής με εξωτερική θερμοκρασία κυμαινόμενη από  $7^{\circ}C$  έως  $13^{\circ}C$  (ο υπολογισμός της οποίας περιγράφηκε στην περίπτωση 2.3.2 σελ 34) και εσωτερική θερμοκρασία που θα υπολογιστεί από εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας στο δωμάτιο.

#### 2.4.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha} \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n \quad (2.4.1)$$

όπου  $\rho_{\alpha}, V_{\alpha}, c_{\alpha}$  η πυκνότητα, ο όγκος και ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου οι τιμές των οποίων δίνονται παρακάτω:

Πίνακας 2.4.3

Πυκνότητα ( $kg / m^3$ )	1.186
Όγκος ( $m^3$ )	300
Ειδική θερμοχωρητικότητα ( $J / kgK$ )	1024

$q_{i,n}(t)$  είναι η εισερχόμενη στο δωμάτιο θερμοροή από κάθε έναν από τους τέσσερις τοίχους και τέλος  $A_n$  είναι η επιφάνεια του κάθε τοίχου(στη συγκεκριμένη περίπτωση  $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 30m^2$ )

Για να εισάγουμε τον παραπάνω ισολογισμό στον αλγόριθμο υπολογισμού θα πρέπει να μετατρέψουμε την παραπάνω διαφορική εξίσωση σε αλγεβρική. Παίρνουμε σχήμα μπροστά παραγωγή για τη χρονική παράγωγο:

$$\frac{\partial T_i(t)}{\partial t} \approx \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} \quad (2.4.2)$$



Εισάγωντας τη σχέση (2.4.2) στην (2.4.1) έχουμε:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n \quad (2.4.3)$$

Επειδή διακριτοποιούμε το χρόνο ένας τρόπος υπολογισμού των εισερχόμενων θερμοροών γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$q_{i,n} = (1-f)q_{i,n}^j + fq_{i,n}^{j+1}$$

Σε αυτήν την περίπτωση αλλά και σε όλες τις επόμενες επιλέξαμε  $f = 1$ .

Άρα:

$$q_{i,n} = q_{i,n}^{j+1} \quad (2.4.4)$$

Έπομένως αντικαθιστούμε τη σχέση (2.4.4) στην (2.4.3) και λύνουμε ως προς  $T_i^{j+1}$ :

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} = \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n \Rightarrow T_i^{j+1} = \frac{\Delta t}{\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha}} \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + T_i^j$$

#### 2.4.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος.

Υπενθυμίζουμε ότι ο τοίχος είναι πολυστρωματικός άρα οι ιδιότητες του μεταβάλλονται και ειδικά στην περίπτωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας έχουμε έντονες μεταβολές. Για τον υπολογισμό των συντελεστών  $A_w, A_p, A_e$  της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών απαιτούνται οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας  $k_w, k_e$  στα άκρα του όγκου αναφοράς. Μία μέθοδος υπολογισμού των τιμών των θερμικών αγωγιμοτήτων είναι η χρήση του αρμονικού μέσου[1]. Άρα:

$$k_w = \frac{2k_p k_w}{k_p + k_w}$$

$$k_e = \frac{2k_p k_E}{k_p + k_E}$$

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής n+1 παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_i \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_o$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του ατμοσφαιρικού αέρα,  $h_i$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας και του αέρα δωματίου,  $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής n παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_i \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} \end{bmatrix}$$

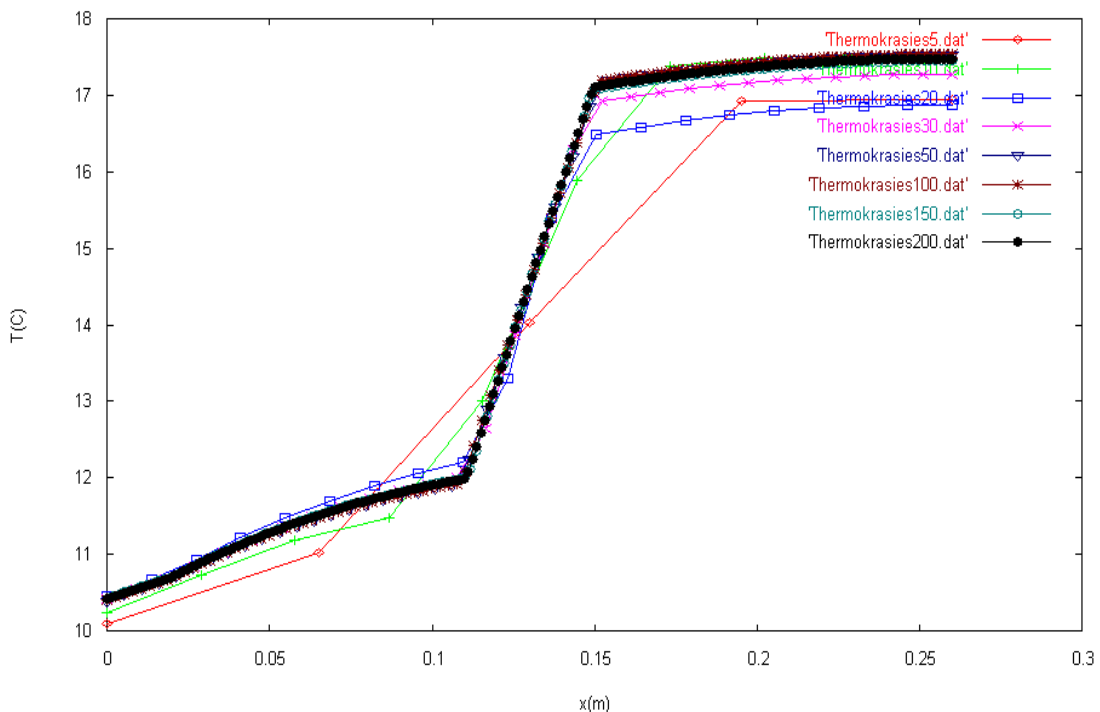
Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις τοίχους όπως επίσης και η αρχική θερμοκρασία εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^{\circ}C$ .

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.4.

### 2.4.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

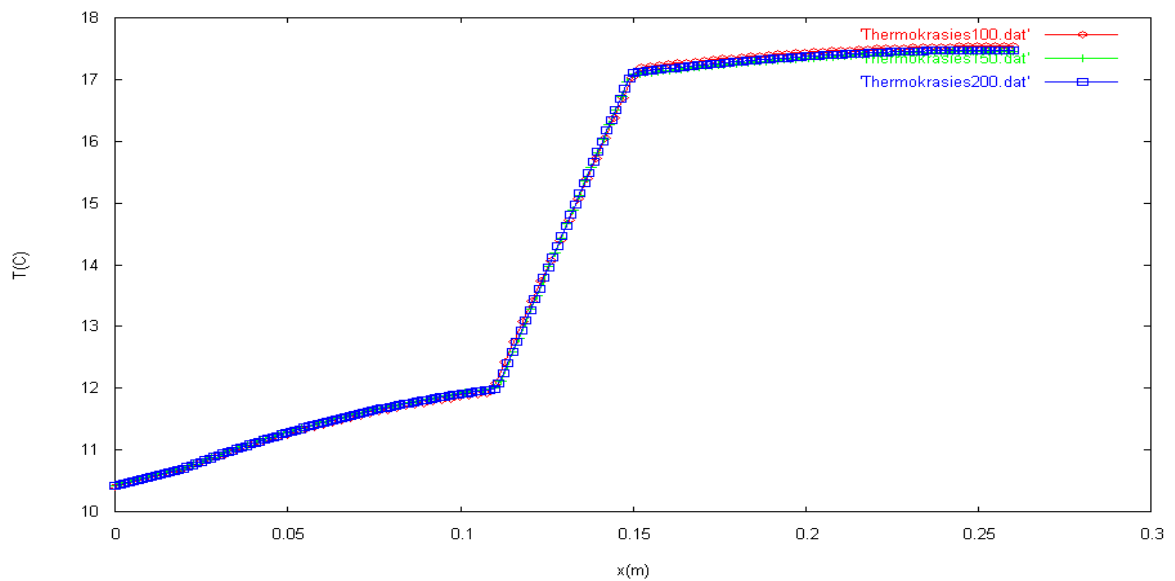
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.4.1 Κατανομή θερμοκρασιών

Παρατηρούνται έντονες μεταβολές στα διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών ανάλογα με τη χωρική διαμέριση εξ'αιτίας της συνεχόμενης μεταβολής εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας αλλά και εξ'αιτίας των έντονων μεταβολών των ιδιοτήτων του πολυστρωματικού τοίχου. Η πιο έντονη μεταβολή παρατηρείται στην περιοχή της μόνωσης.

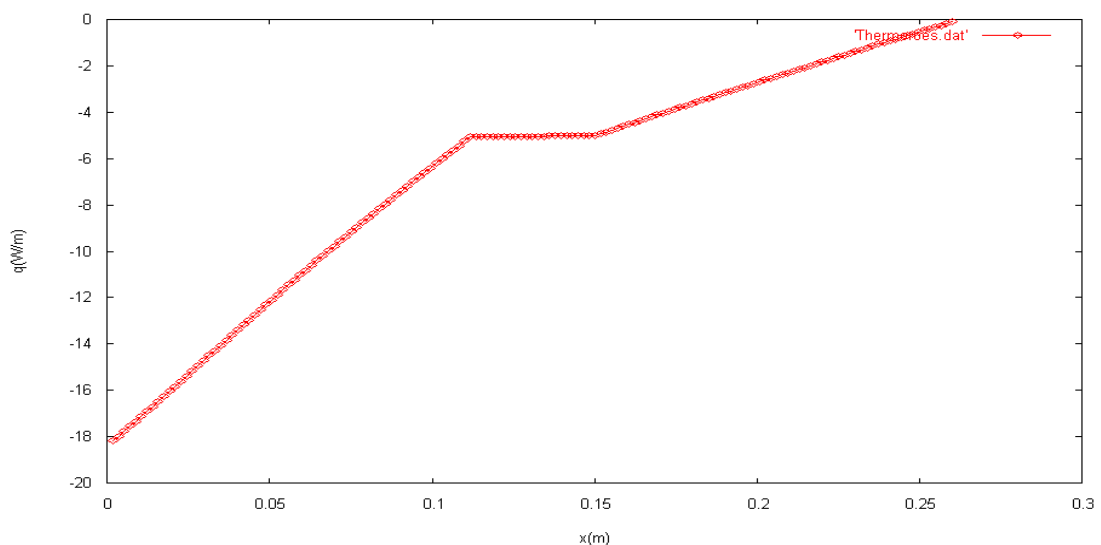
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$



Διάγραμμα 2.4.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=100, N=150, N=200$ )

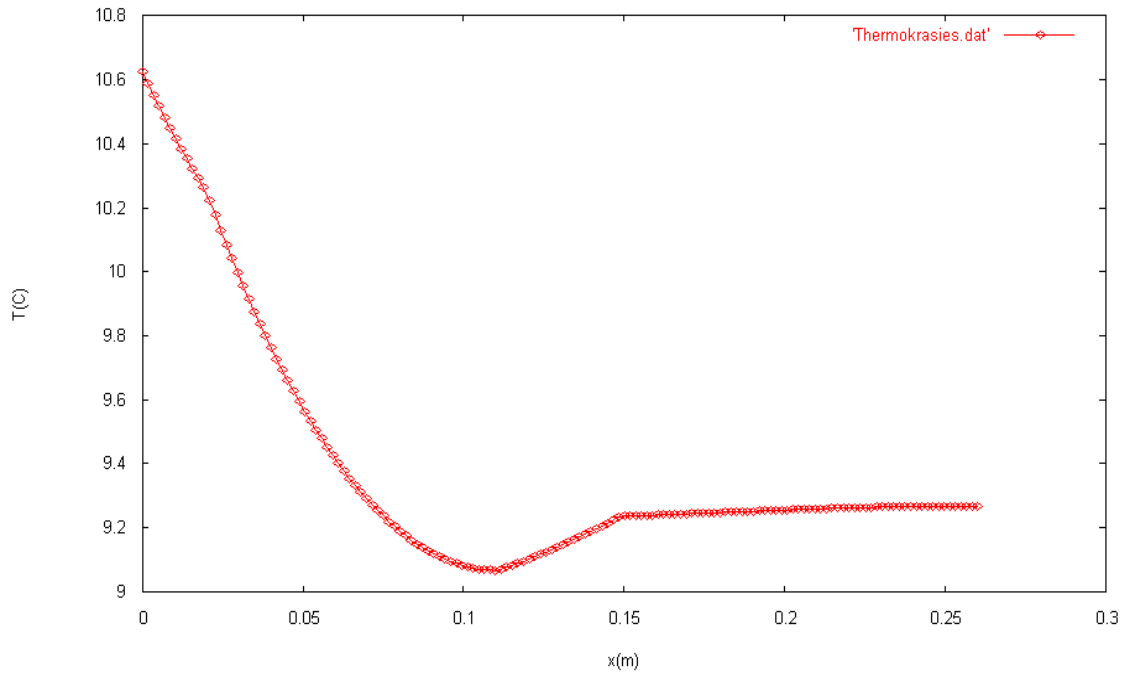
Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

Κατανομή θερμοροών για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:

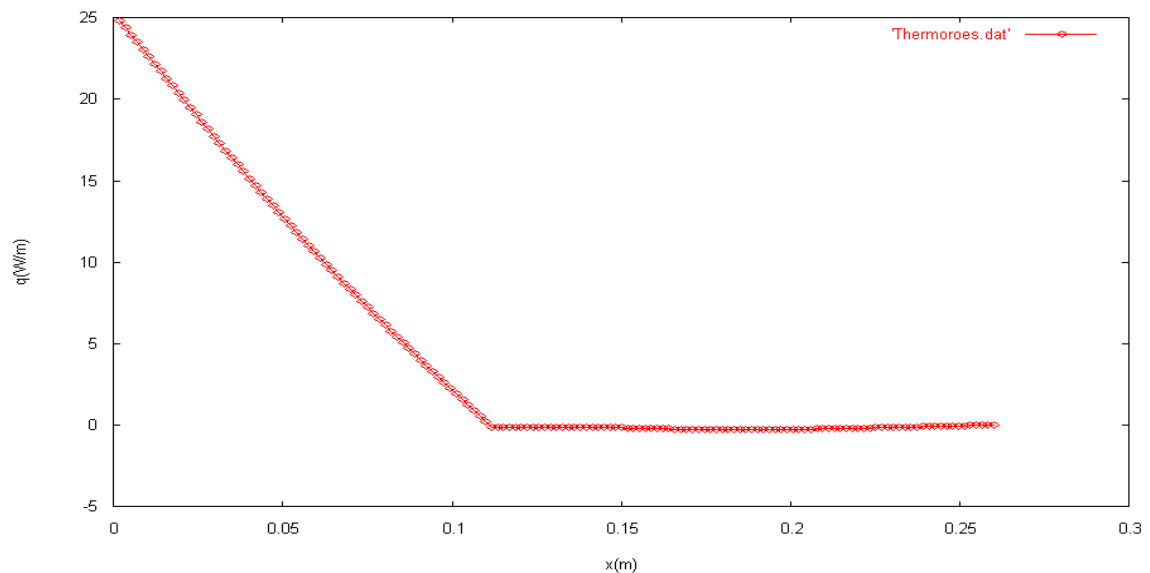


Διάγραμμα 2.4.3 Κατανομή θερμοροών για  $N=150$

2.4.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>η</sup>ς μέρας).



**Διαγραμμα 2.4.4 Κατανομή θερμοκρασιών**

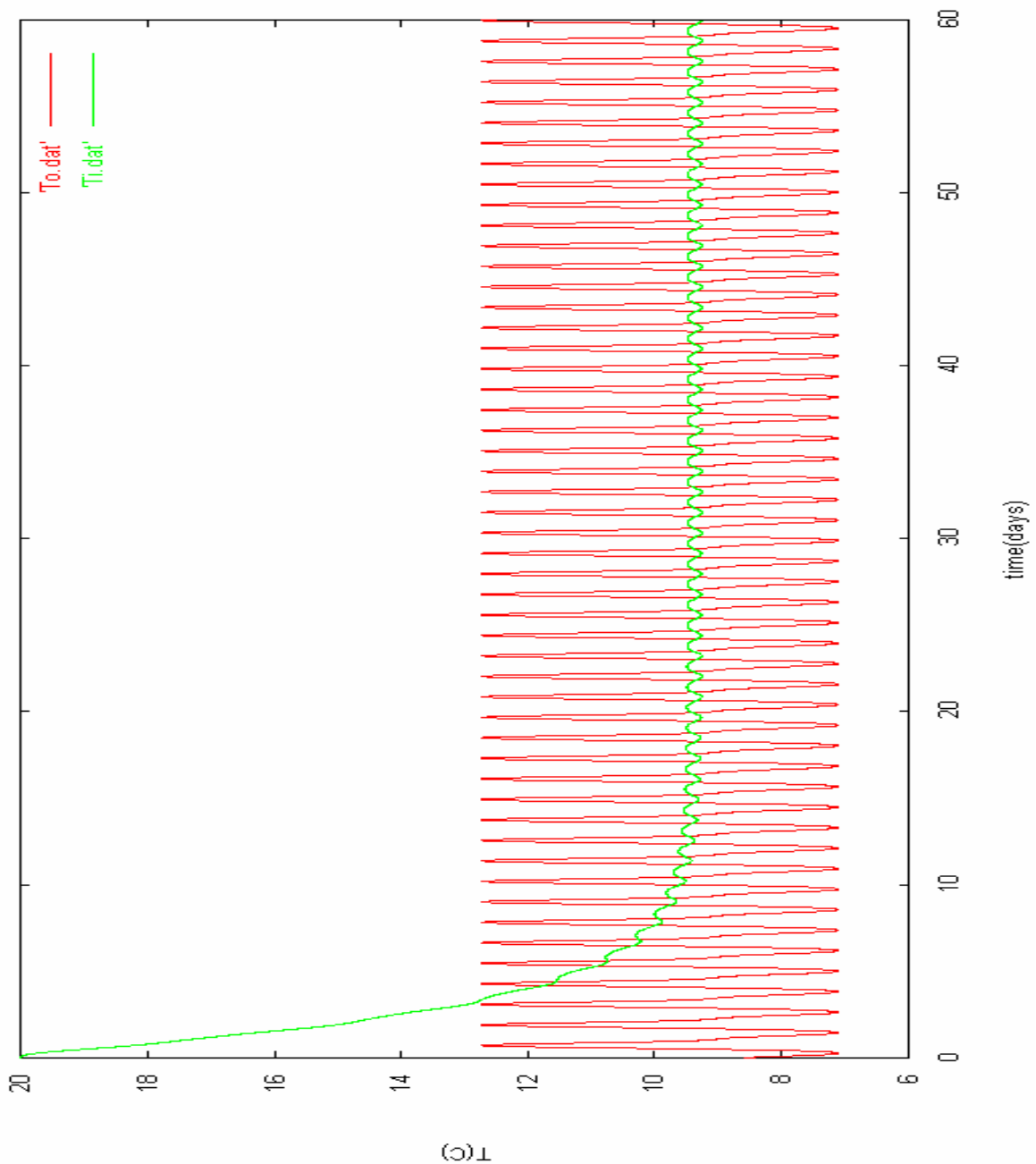


**Διαγραμμα 2.4.5 Κατανομή θερμοροών**

Τα πολλά “σπασίματα” στις καμπύλες θερμοκρασιών και θερμοροών οφείλονται στο γεγονός ότι ο τοίχος είναι πολυστρωματικός και έτσι αλλάζουν απότομα οι ιδιότητές του. Τέλος παρατηρούμε ότι από την περιοχή της μόνωσης και μετά οι θερμοροές παίρνουν πολύ μικρή τιμή εξ’ αιτίας του πολύ μικρού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

### 2.4.5 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

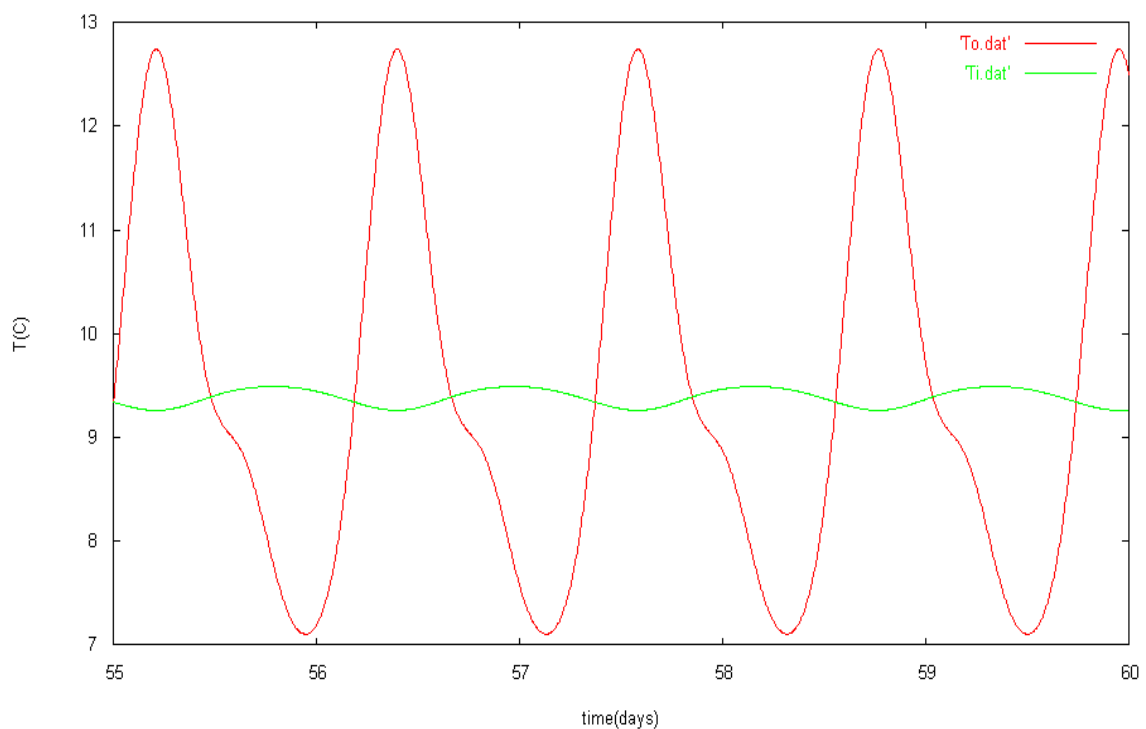
Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω σε αυτήν την περίπτωση υπολογίζεται και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρος του δωματίου μέσω του εσωτερικού ενεργειακού ισολογισμού. Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου που σε αυτήν την περίπτωση είναι 60:



Διαγραμμα 2.4.6 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

Παρατηρείται ότι το φαινόμενο γίνεται μεταβατικά μόνιμο μετά από περίπου δεκαπέντε μ έρες. Όταν γίνει μεταβατικά μόνιμο η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ  $9.2^{\circ}\text{C}$  και  $9.6^{\circ}\text{C}$  ενώ η εξωτερική από  $7^{\circ}\text{C}$  έως  $13^{\circ}\text{C}$ . Αυτό οφείλεται στην παρουσία της μόνωσης η οποία μειώνει τις εισαγόμενες στο δωμάτιο ή τις εξαγόμενες από αυτό θερμοροές λόγω της μικρής τιμής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Επίσης στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου δεν υπάρχει κάποιο επιπλέον φορτίο (π.χ ηλιακή ακτινοβολία, κλιματισμός κλπ) η μέση εσωτερική θερμοκρασία με τη μέση εξωτερική σχεδόν συμπίπτουν. Έτσι οι θερμοροές έχουν ούτως ή άλλως μικρές τιμές.

Παρακάτω δίνεται σε μεγέθυνση το διάγραμμα μεταβολής εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας αέρα για το διάστημα  $55^{\text{ης}}$  έως  $60^{\text{ης}}$  μέρας:



**Διαγραμμα 2.4.7** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (διάστημα μεταξύ  $55^{\text{ης}}$  και  $60^{\text{ης}}$  μέρας).

Εδώ παρατηρούμε και μία καθυστέρηση στην περίοδο της μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με αυτήν της μεταβολής της εξωτερικής θερμοκρασίας κάτι που οφείλεται στη θερμική αδράνεια των στοιχείων του κελύφους του δωματίου.

## 2.5 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου αποτελούμενο από τέσσερις τοίχους, οροφή και αδιαβατικά μονωμένο πάτωμα. Το δωμάτιο έχει τις διαστάσεις που δόθηκαν στον πίνακα 2.4.1.

Για να υπολογίσουμε τις εισερχόμενες θερμότητες στο δωμάτιο θα λύσουμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου των τεσσάρων πολυστρωματικών τοίχων και διαμέσου της οροφής που είναι και αυτή πολυστρωματική. Η σύσταση και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου των τοίχων έχουν δοθεί στον πίνακα 2.4.2. Η σύσταση και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου της οροφής δίνονται παρακάτω.

Σύσταση οροφής

Πίνακας 2.5.1

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκνότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / m<sup>2</sup> K</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Στεγανωτικό	0.010	32	840	0.038
Μόνωση	0.060	32	840	0.038
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής με εξωτερική θερμοκρασία



κυμαινόμενη από  $7^{\circ}\text{C}$  έως  $13^{\circ}\text{C}$  (ο υπολογισμός της οποίας περιγράφηκε στην περίπτωση 2.3.2 σελ 34) και εσωτερική θερμοκρασία που θα υπολογιστεί από εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας στο δωμάτιο.

### 2.5.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n \quad (2.5.1)$$

όπου  $\rho_{\alpha}, \nu_{\alpha}, c_{\alpha}$  η πυκνότητα, ο όγκος και ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου οι τιμές των οποίων έχουν δοθεί στον πίνακα 2.4.3,  $q_{i,n}(t)$  είναι η εισερχόμενη στο δωμάτιο θερμοροή από κάθε έναν από τους τέσσερις τοίχους και από την οροφή και τέλος  $A_n$  είναι η επιφάνεια του κάθε στοιχείου (στη συγκεκριμένη περίπτωση  $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 30\text{m}^2$  και  $A_5 = 100\text{m}^2$ ).

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση ο ισολογισμός παίρνει τη μορφή:

$$T_i^{j+1} = \frac{\Delta t}{\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha}} \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + T_i^j$$

### 2.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος.

Υπενθυμίζουμε ότι ο τοίχος είναι πολυστρωματικός άρα οι ιδιότητές του μεταβάλλονται και ειδικά στην περίπτωση της θερμικής αγωγιμότητας έχουμε έντονες μεταβολές. Για τον υπολογισμό των συντελεστών  $A_w, A_p, A_e$  της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών απαιτούνται οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας  $k_w, k_e$  στα άκρα του όγκου αναφοράς. Μία μέθοδος υπολογισμού των τιμών των θερμικών αγωγιμοτήτων είναι η χρήση του αρμονικού μέσου.[1]

Άρα:

$$k_w = \frac{2k_p k_w}{k_p + k_w}$$

$$k_e = \frac{2k_p k_e}{k_p + k_e}$$

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j+1$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_i \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_o$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του ατμοσφαιρικού αέρα,  $h_i$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας και του αέρα δωματίου,  $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $n$  παίρνει τη μορφή:

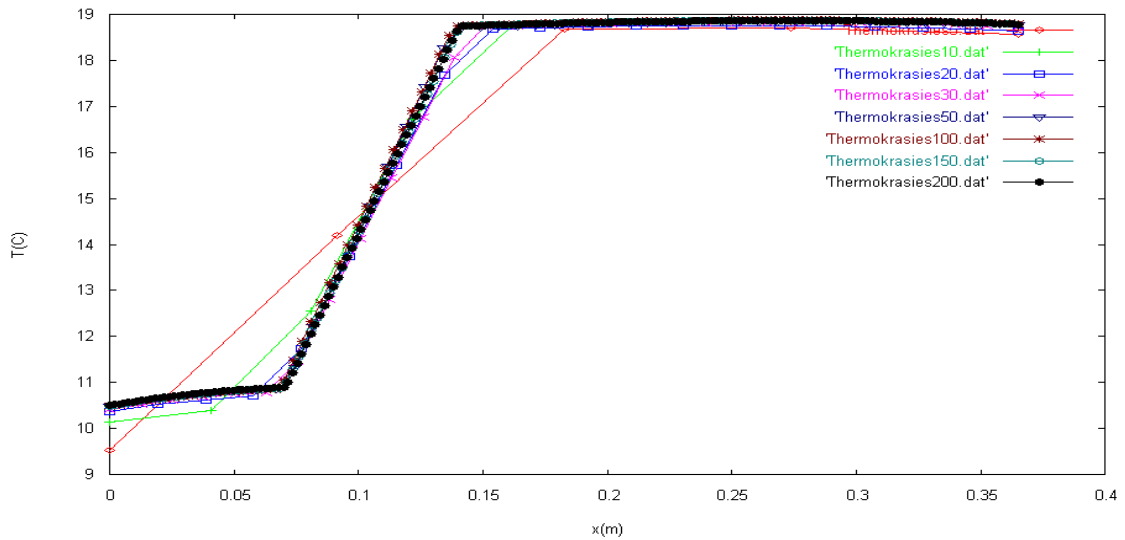
$$\begin{bmatrix} \frac{h_o \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_i \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA. Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις τοίχους και στην οροφή όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^\circ C$

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.5.

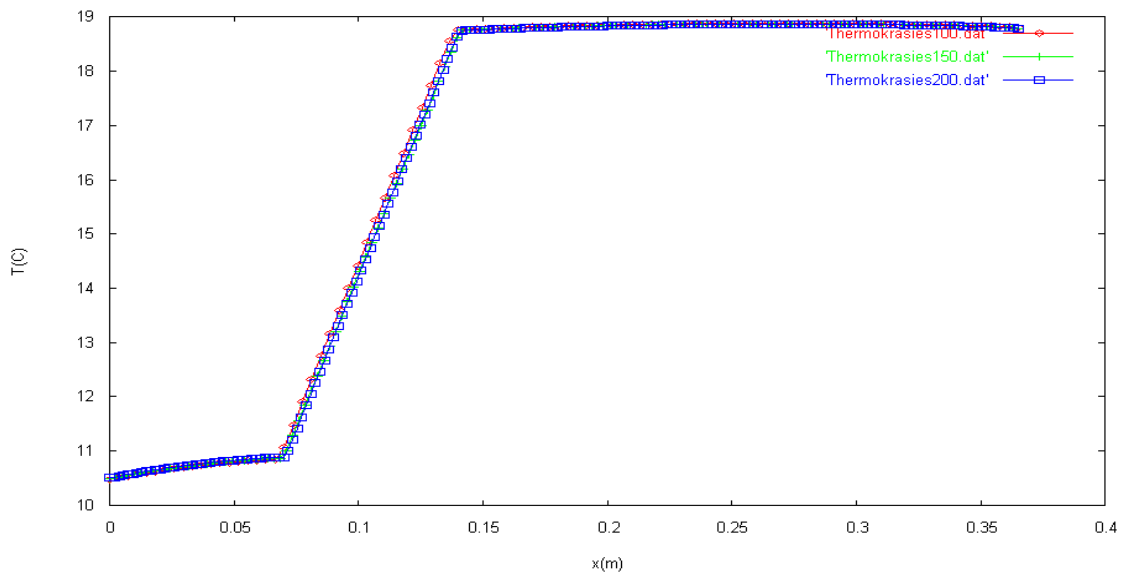
### 2.5.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών της οροφής για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.5.1 Κατανομή θερμοκρασιών

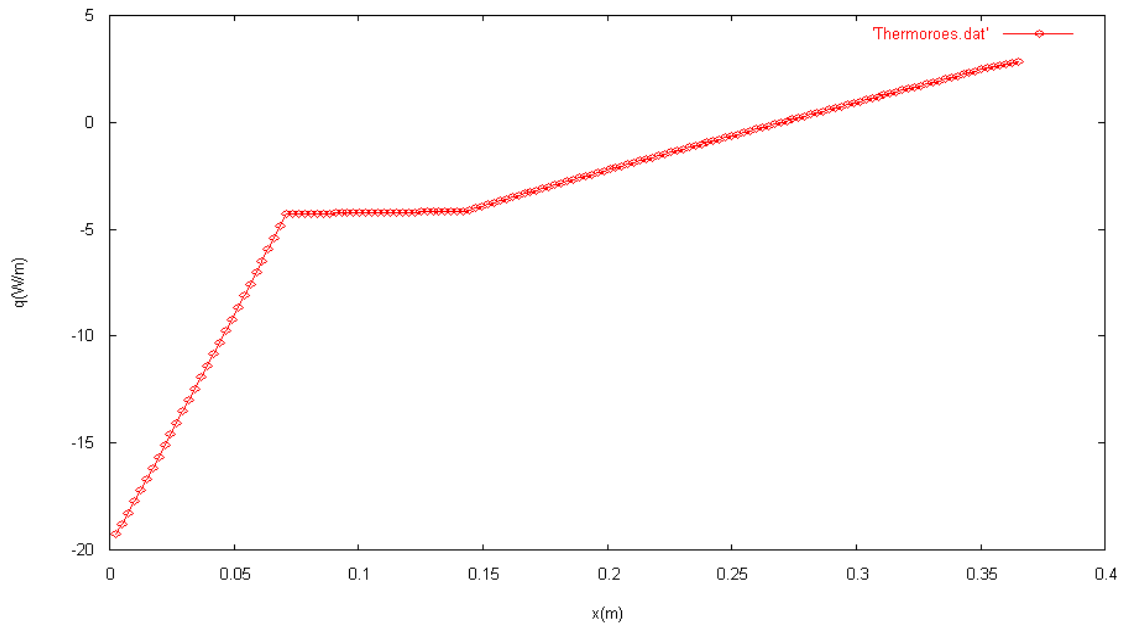
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$



Διαγραμμα 2.5.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=100, N=150, N=200$ )

Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

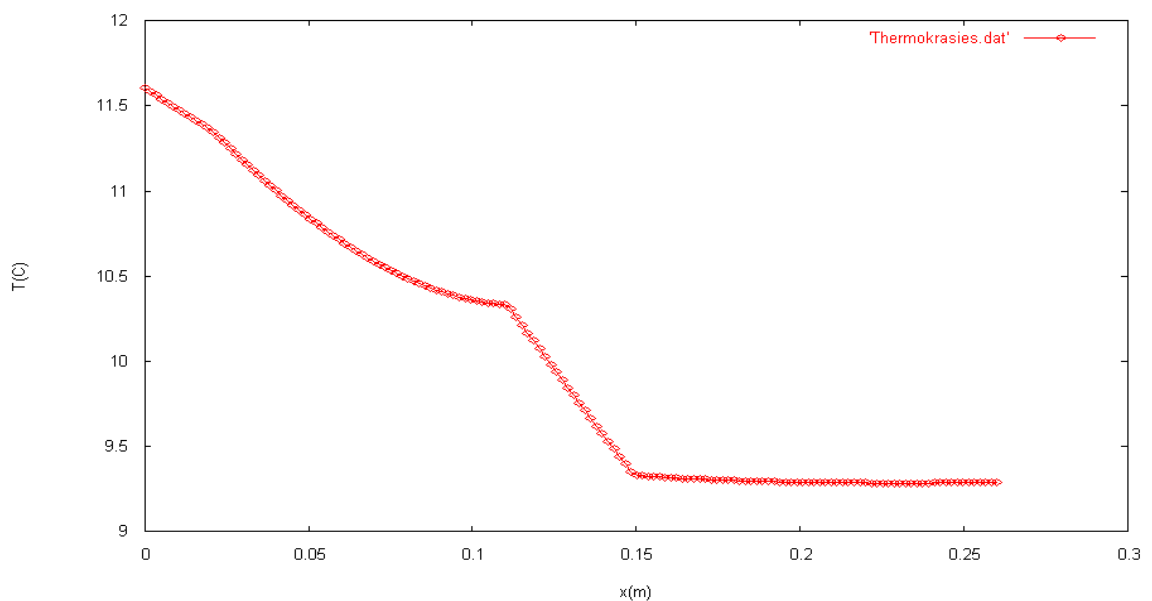
Κατανομή θερμοροών οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:



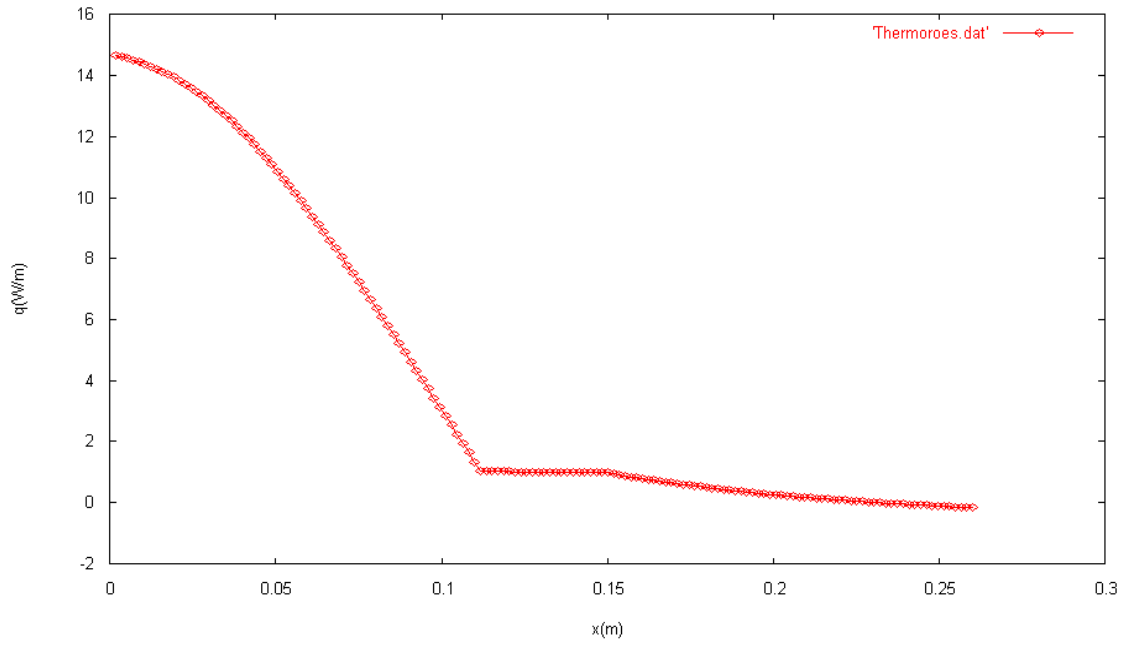
Διαγραμμα 2.5.3 Κατανομή θερμοροών για N=150

2.5.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας).

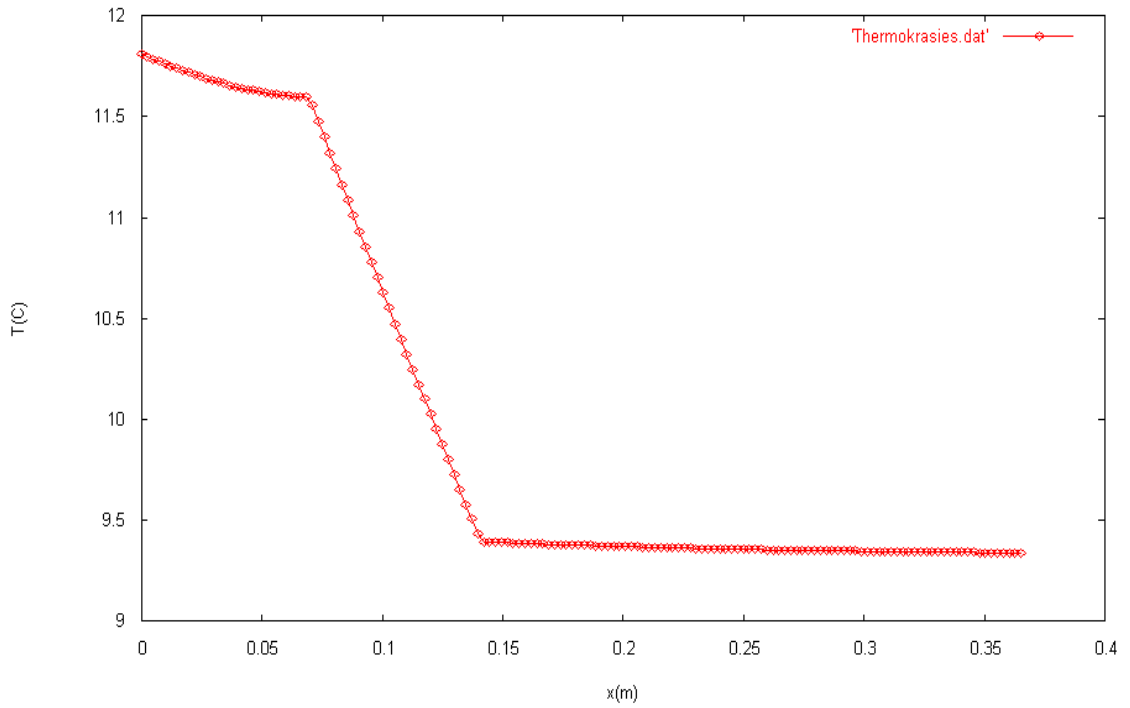
Παρακάτω δίνονται τα διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών των τοίχων (ίδια και στις τέσσερις περιπτώσεις) και της οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 60<sup>ης</sup> μέρας:



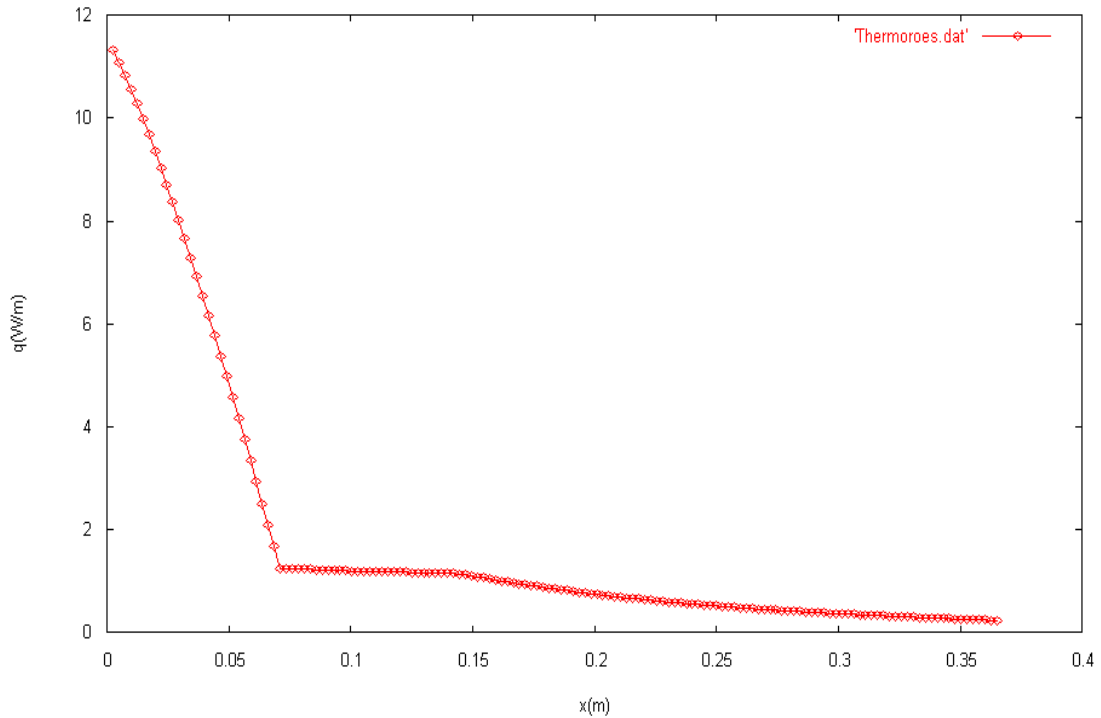
Διαγραμμα 2.5.4 Κατανομή θερμοκρασιών τοίχων



**Διαγραμμα 2.5.5 Κατανομή θερμορών τοίχων**



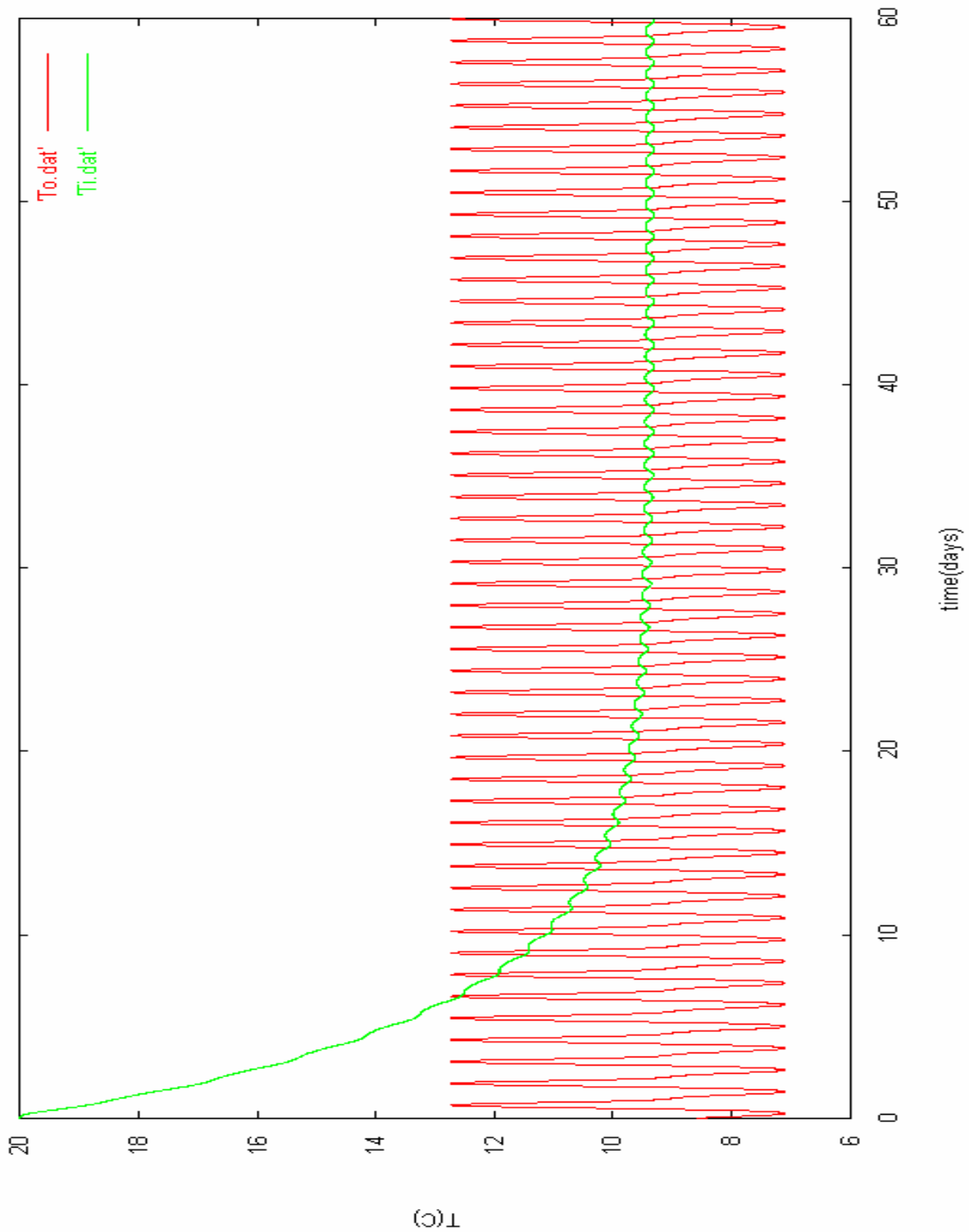
**Διαγραμμα 2.5.6 Κατανομή θερμοκρασιών οροφής**



**Διαγραμμα 2.5.7 Κατανομή θερμορών οροφής**

Παρατηρούμε ότι οι θερμορές και της οροφής και των τοίχων έχουν θετικό πρόσημο προς την πλευρά της ατμόσφαιρας. Δηλαδή αποδίδουν αρκετά μεγάλες ποσότητες θερμότητας προς το περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων που αποτελούν το κέλυφος του κτιρίου που κατά τη διάρκεια της μέρας, όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, αποθηκεύουν ενέργεια την οποία αποδίδουν το βράδυ. Η οροφή αποδίδει μικρότερα ποσά ενέργειας από τους τοίχους εξ' αιτίας της μικρότερης μάζας που αυτή έχει πριν την περιοχή της μόνωσης.

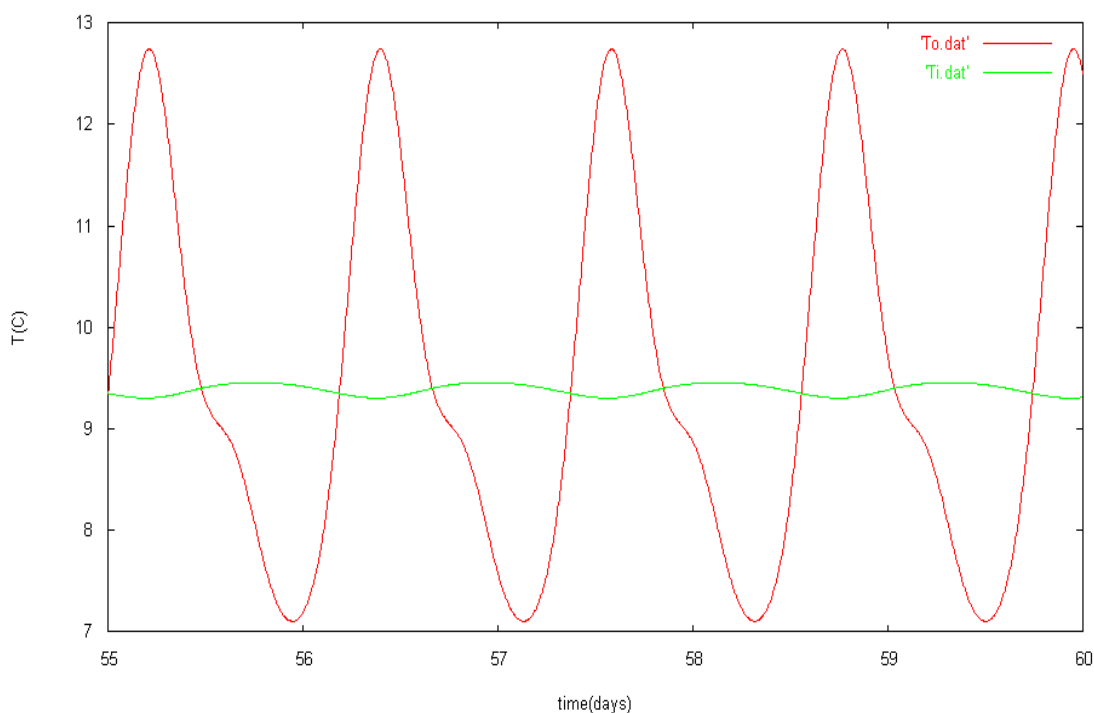
2.5.5 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



Διαγραμμα 2.5.8 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



Παρατηρείται ότι το φαινόμενο γίνεται μεταβατικά μόνιμο μετά από περίπου σαρανταπέντε μέρες. Επίσης όταν γίνει μεταβατικά μόνιμο η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ  $9.25^{\circ}\text{C}$  και  $9.5^{\circ}\text{C}$ . Παρακάτω δίνεται σε μεγέθυνση το διάγραμμα μεταβολής εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας αέρα για το διάστημα  $55^{\text{ης}}$  έως  $60^{\text{ης}}$  μέρας:



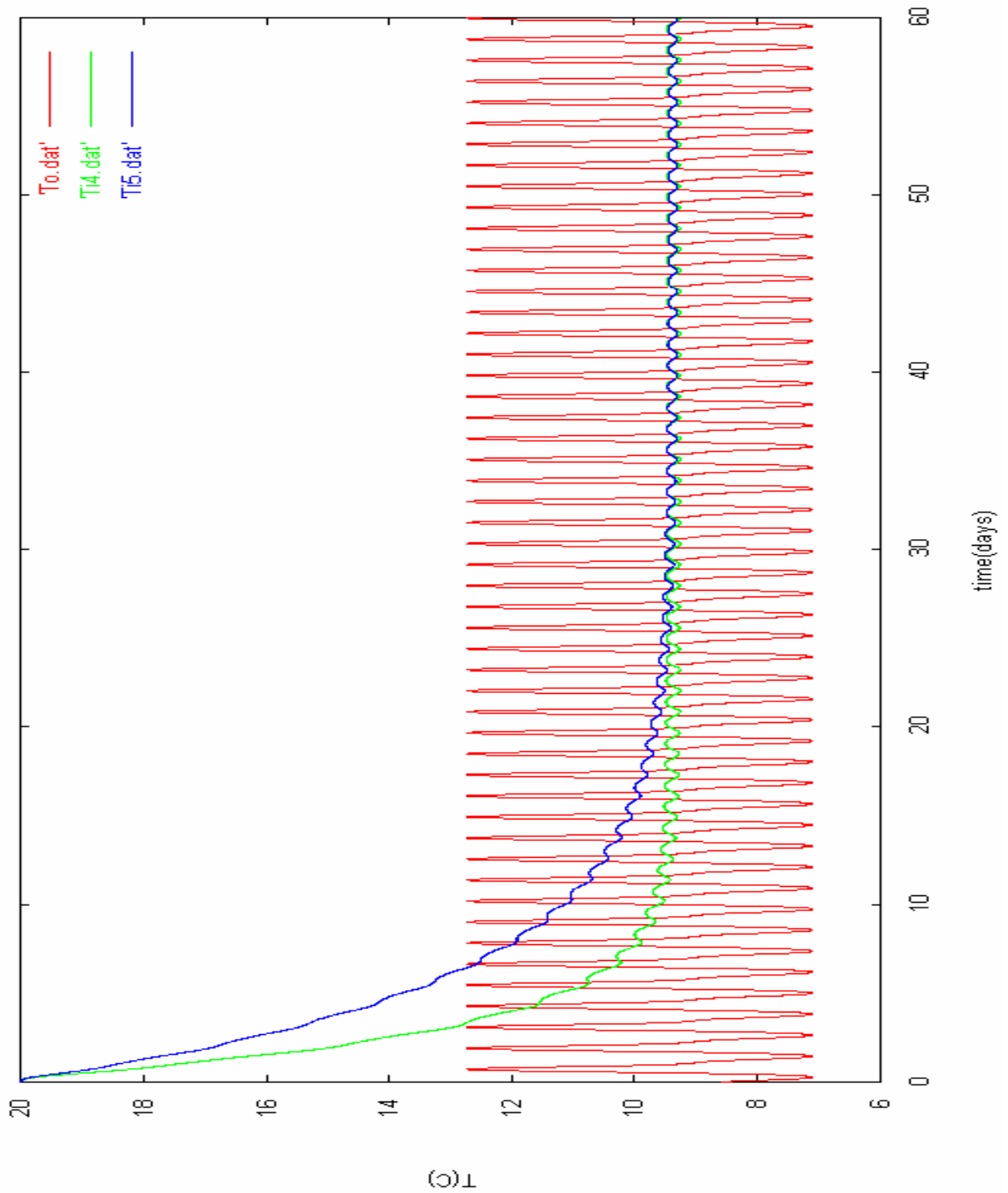
**Διαγραμμα 2.5.9** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου. (διάστημα μεταξύ  $55^{\text{ης}}$  και  $60^{\text{ης}}$  μέρας)

### 2.5.6 Σύγκριση περιπτώσεων 2.4-2.5

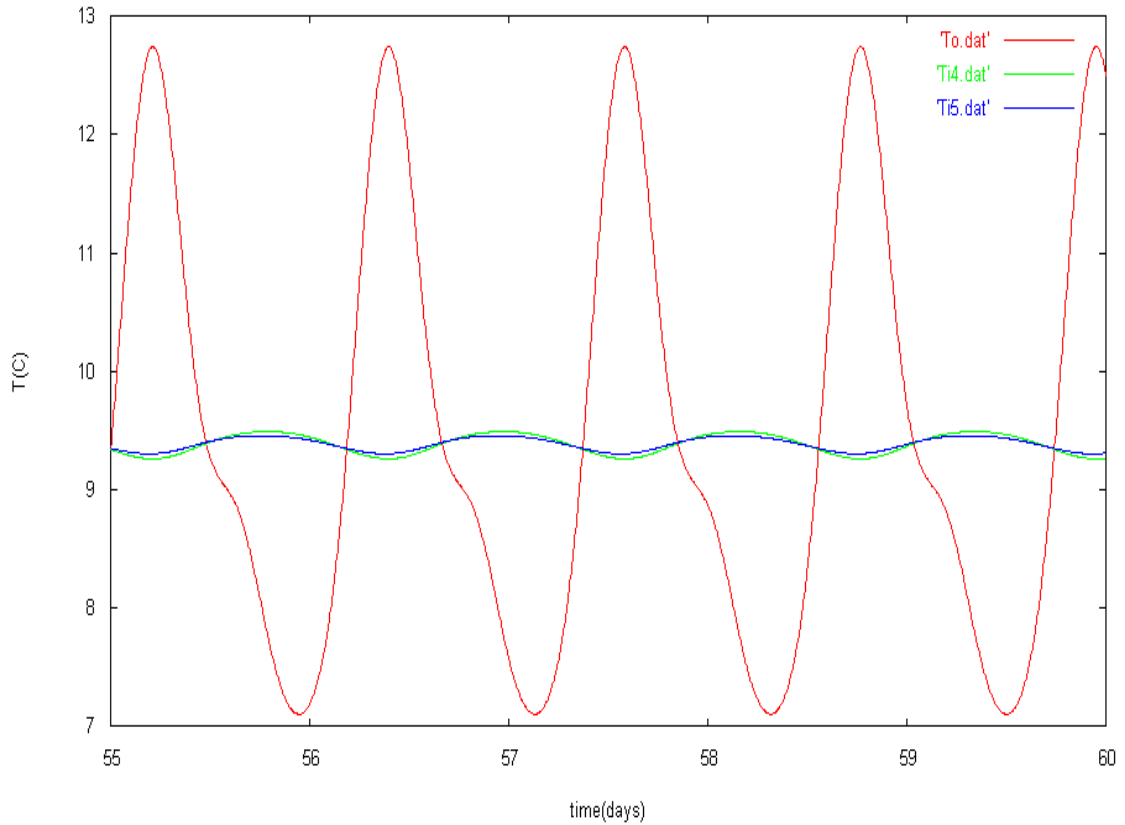
Συγκρίνοντας τα διαγράμματα μεταβολής εσωτερικής-εξωτερικής θερμοκρασίας των περιπτώσεων 2.4 και 2.5 παρατηρείται κάτι ενδιαφέρον. Στην περίπτωση που μελετάμε τώρα έχουμε πραγματική οροφή άρα οι απώλειες είναι μεγαλύτερες απ'ότι στην προηγούμενη περίπτωση που είχαμε αδιαβατικά μονωμένη οροφή. Μάλιστα η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας της οροφής είναι σχεδόν ίση με την επιφάνεια συναλλαγής και των τεσσάρων τοίχων μαζί. Άρα οι απώλειες σχεδόν διπλασιάζονται. Παρ'όλα αυτά το φαινόμενο μεταπίπτει σε μεταβατικά μόνιμο πολύ αργότερα απ'ότι στην προηγούμενη περίπτωση και η διακύμανση είναι μικρότερη σε σχέση με πριν. Αυτό σημαίνει ότι η αυξημένη

θερμοχωρητικότητα στην περίπτωση αυτή με την παρουσία της οροφής επιδρά περισσότερο απ'ότι η αύξηση των απωλειών.

Παρακάτω δίνονται τα διαγράμματα σύγκρισης:



**Διαγραμμα 2.5.10 Σύγκριση αποκατάστασης του φαινομένου σε μεταβατικά μόνιμο μεταξύ των περιπτώσεων 2.4-2.5**



**Διαγραμμα 2.5.11 Σύγκριση διακύμανσης εσωτερικής θερμοκρασίας μεταξύ των περιπτώσεων 2.4-2.5 (διάστημα μεταξύ 55<sup>ης</sup> και 60<sup>ης</sup> μέρας)**

2.5.7 Εύρεση κρίσιμου πάχους μόνωσης στο οποίο οι επιπλέον απώλειες από την οροφή ισοσταθμίζονται από την αύξηση της συνολικής θερμοχωρητικότητας του κτιρίου εξ' αιτίας της παρουσίας της.

Σε αυτήν την ανάλυση η σύσταση των τεσσάρων τοίχων είναι όπως και παραπάνω ενώ η οροφή παίρνει διαδοχικά τις εξής συστάσεις:

Περίπτωση 1<sup>η</sup> :Πλήρως αμόνωτη οροφή

Πίνακας 2.5.2

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / m<sup>2</sup> K</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Περίπτωση 2<sup>η</sup>:1 εκατοστό μόνωσης

Πίνακας 2.5.3

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / m<sup>2</sup> K</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Μόνωση	0.010	32	840	0.038
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Περίπτωση 3<sup>η</sup>:2 εκατοστά μόνωσης

Πίνακας 2.5.4

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / m<sup>2</sup> K</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Μόνωση	0.020	32	840	0.038
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Περίπτωση 4<sup>η</sup>:5 εκατοστά μόνωσης

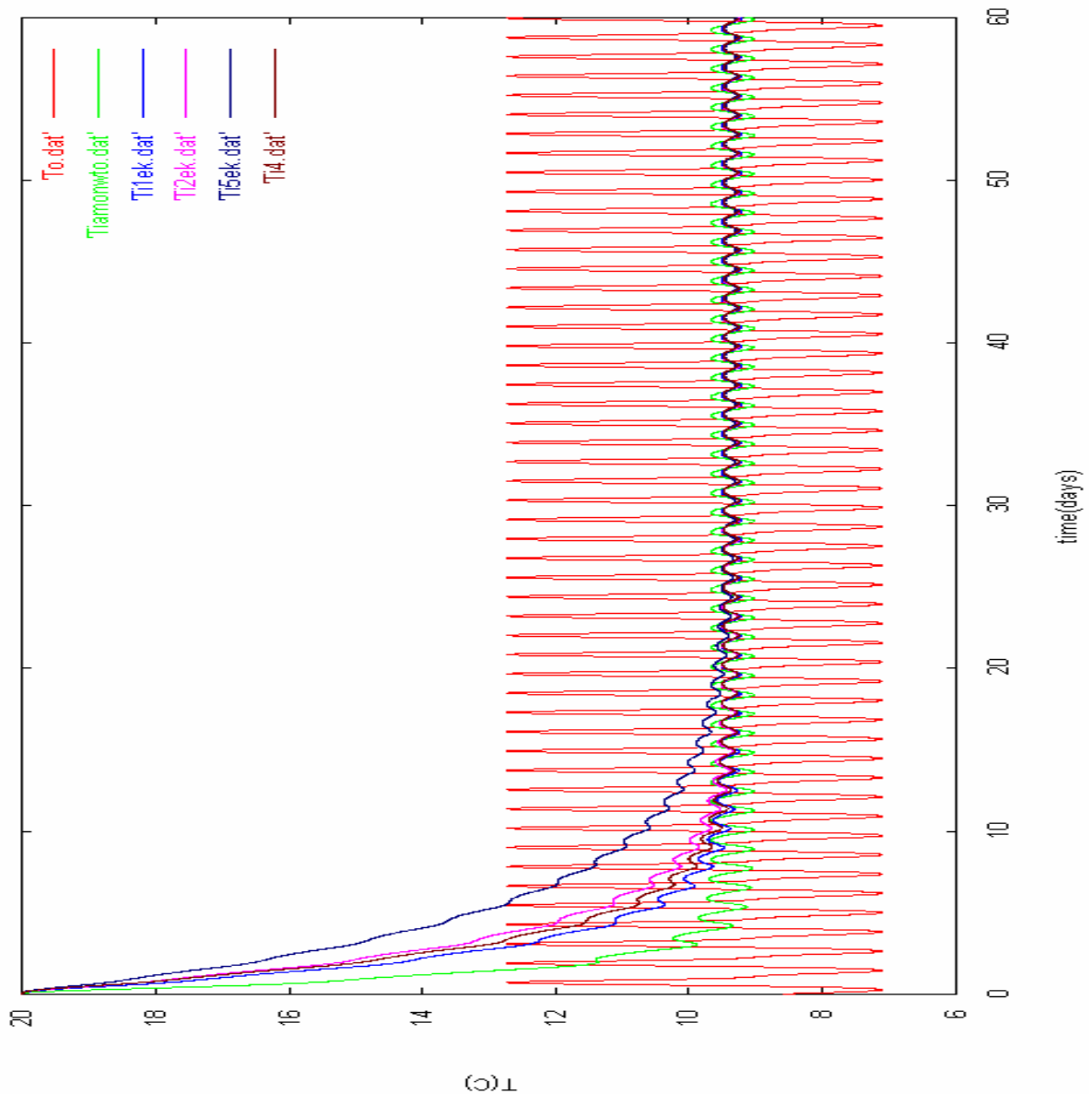
Πίνακας 2.5.5

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / m<sup>2</sup> K</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Μόνωση	0.050	32	840	0.038
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Ο κώδικας είναι ίδιος με παραπάνω με τη μόνη διαφορά ότι “διαβάζει” τις ιδιότητες της οροφής της εκάστοτε περίπτωσης από διαφορετικά αρχεία και

γίνονται κάποιες τροποποιήσεις στον τρόπο που καταχωρούνται οι τιμές των ιδιοτήτων ανάλογα με το χωρικό πλέγμα.

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα μεταβολής εσωτερικής-εξωτερικής θερμοκρασίας για τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις σε σύγκριση με την περίπτωση 4(με αδιαβατικά μονωμένη οροφή):



**Διαγραμμα 2.5.12** Διάγραμμα μεταβολής εσωτερικής-εξωτερικής θερμοκρασίας για τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις σε σύγκριση με την περίπτωση 2.4

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το κρίσιμο πάχος μόνωσης είναι μεταξύ ενός και δύο εκατοστών.

## 2.6 ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ-ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΗΛΙΟΥ ΑΕΡΟΣ ΚΑΤΑ ASHRAE

Αυτή η περίπτωση είναι ίδια με την περίπτωση 2.5 με τη μόνη διαφορά ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι η ισοδύναμη ηλίου-αέρος που είναι διαφορετική για κάθε προσανατολισμό.

### 2.6.1 Υπολογισμός ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος.

Η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου αέρος δίνεται από τον τύπο:

$$T_e = T_o + \frac{aI_t}{h_o} - \frac{\varepsilon\Delta R}{h_o}$$

όπου:

- $T_o$  : Η μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας όπως περιγράφεται στη σελίδα 18
- $\frac{a}{h_o} = 0.026$  για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες
- $\frac{\varepsilon\Delta R}{h_o} = 3.9^\circ C$  για οριζόντια επιφάνεια(οροφή) και 0 για κατακόρυφη(τέσσερις τοίχοι)
  
- $I_t = 1.15 \times (SHGF)$  όπου  $(SHGF)$  παράγοντας θερμικού ηλιακού κέρδους (Solar Heat Gain Factor)

Οι τιμές του παράγοντα  $(SHGF)$  για το μήνα Ιανουάριο για Βόρειο γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$  δίνονται στον παρακάτω πίνακα σε σχέση με τον προσανατολισμό και την ηλιακή ώρα[5],[6]:

Πίνακας 2.6.1

Ηλιακή ώρα	Βοράς	Ανατολή	Νότος	Δύση
8	17	350	236	17
9	37	485	504	37
10	51	390	671	51
11	59	193	769	59
12	62	66	802	62
13	59	193	769	59
14	51	390	671	51
15	37	485	504	37
16	17	350	236	17

Τώρα θα πρέπει να εφαρμόσουμε γραμμική παρεμβολή έτσι ώστε σε κάθε χρονικό βήμα να υπολογίζεται η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος με τον κατάλληλο παράγοντα ( $SHGF$ ).

Ο τύπος της γραμμικής παρεμβολής είναι ο εξής:

$$(SHGF)_j = f \times (SHGF)_h + (1 - f) \times (SGHF)_{h-1}$$

όπου  $j$  ο μετρητής των χρονικών βημάτων,  $h$  ο μετρητής των ωρών και  $f$  το ποσοστό της ώρας που έχουμε διανύσει.

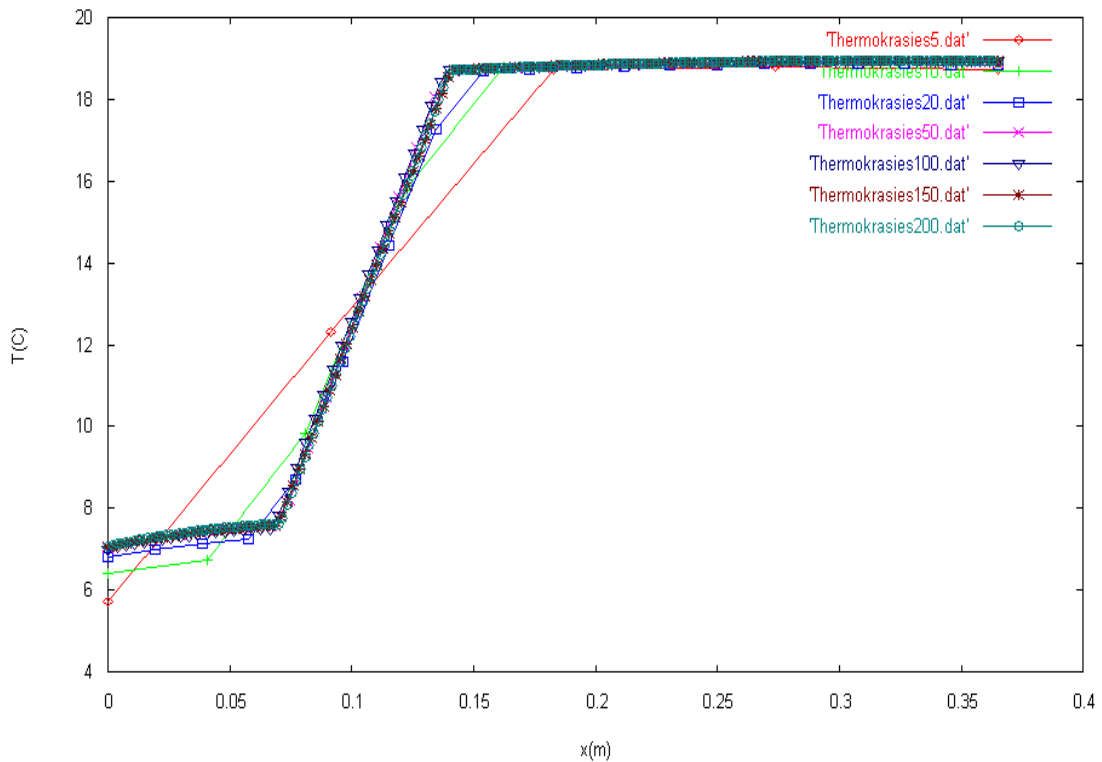
Ο κώδικας επίλυσης του υπολογισμού της ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.6.1



Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.6.2.

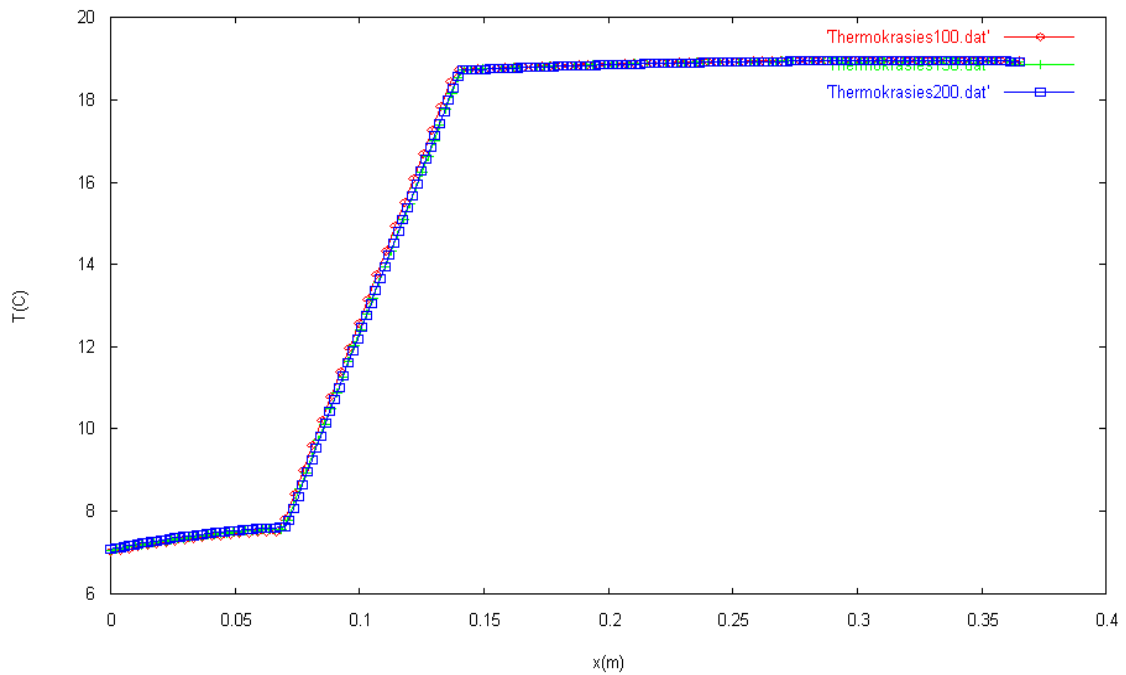
### 2.6.2 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών της οροφής για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.6.1 Κατανομή θερμοκρασιών

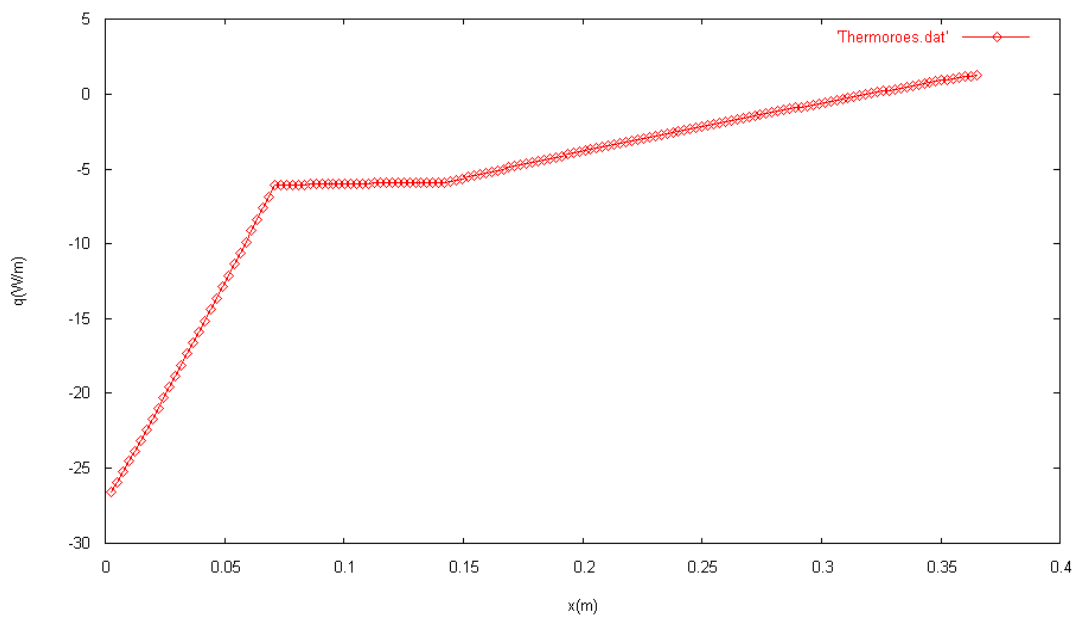
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$



**Διαγραμμα 2.6.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=100, N=150, N=200$ )**

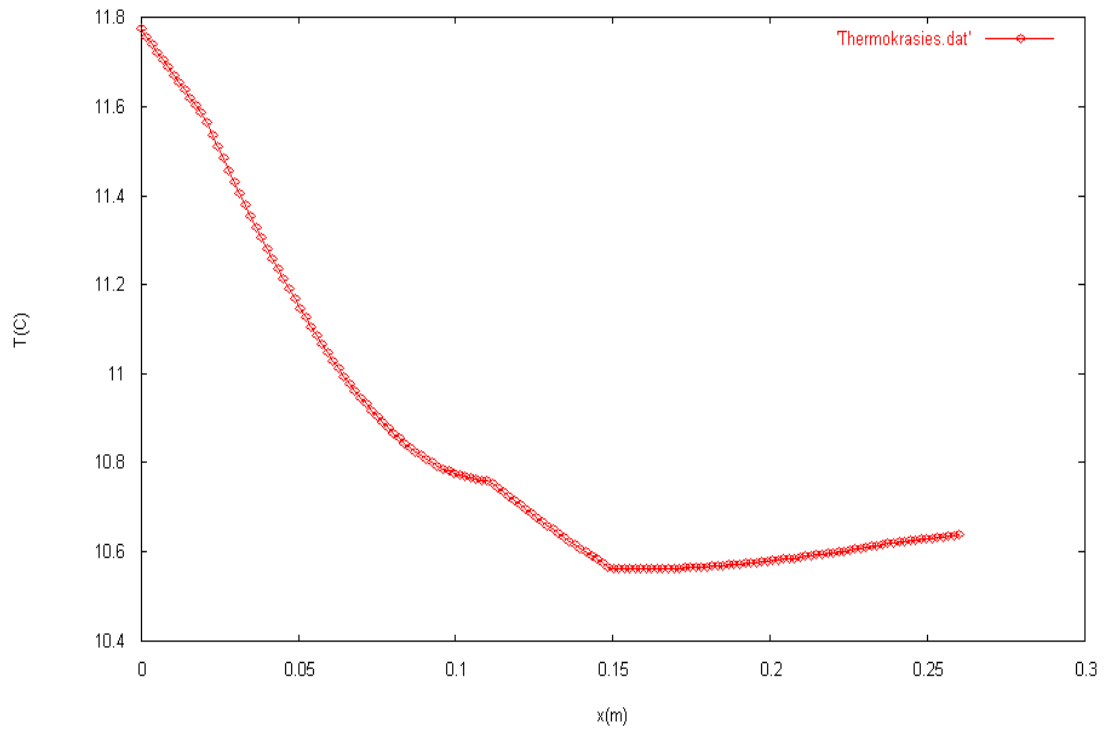
Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

Κατανομή θερμοροών οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:

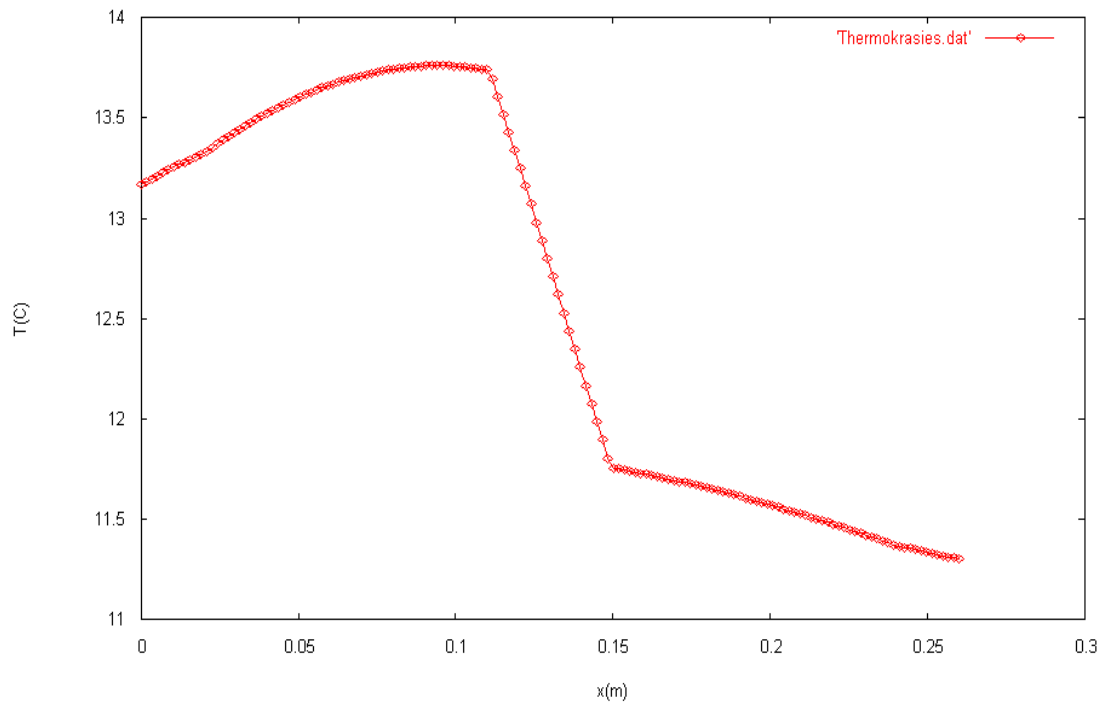


**Διαγραμμα 2.6.3 Κατανομή θερμοροών για  $N=150$**

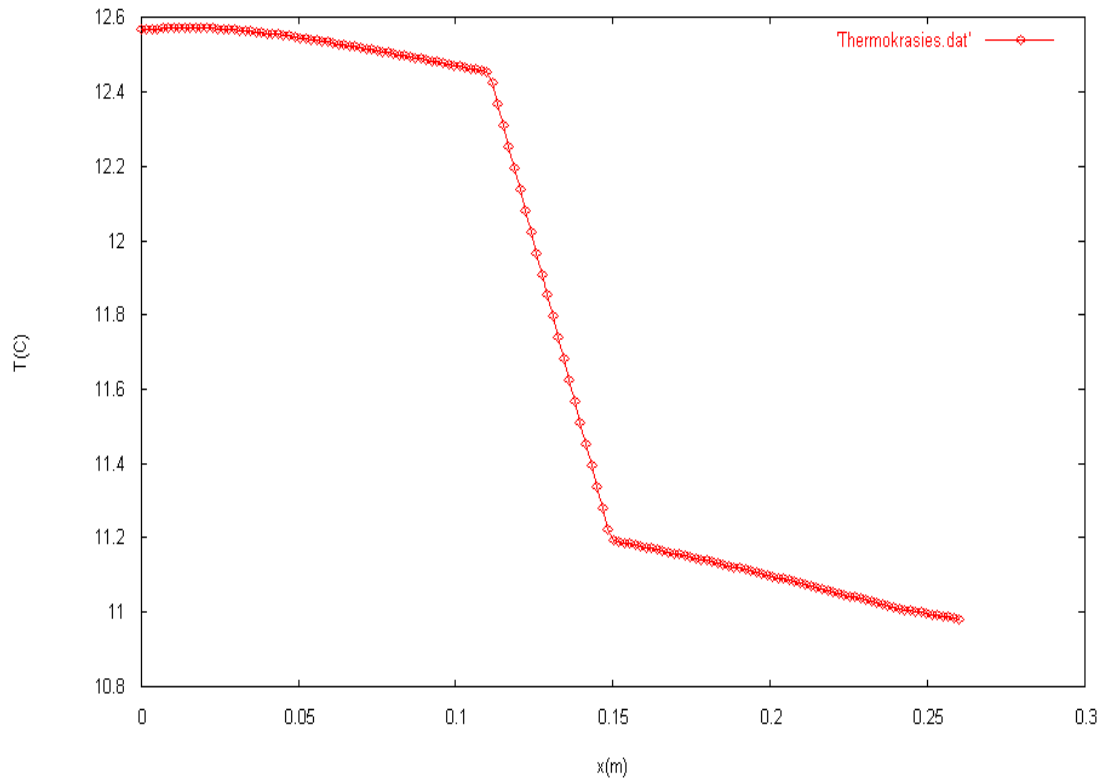
2.6.3 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας).



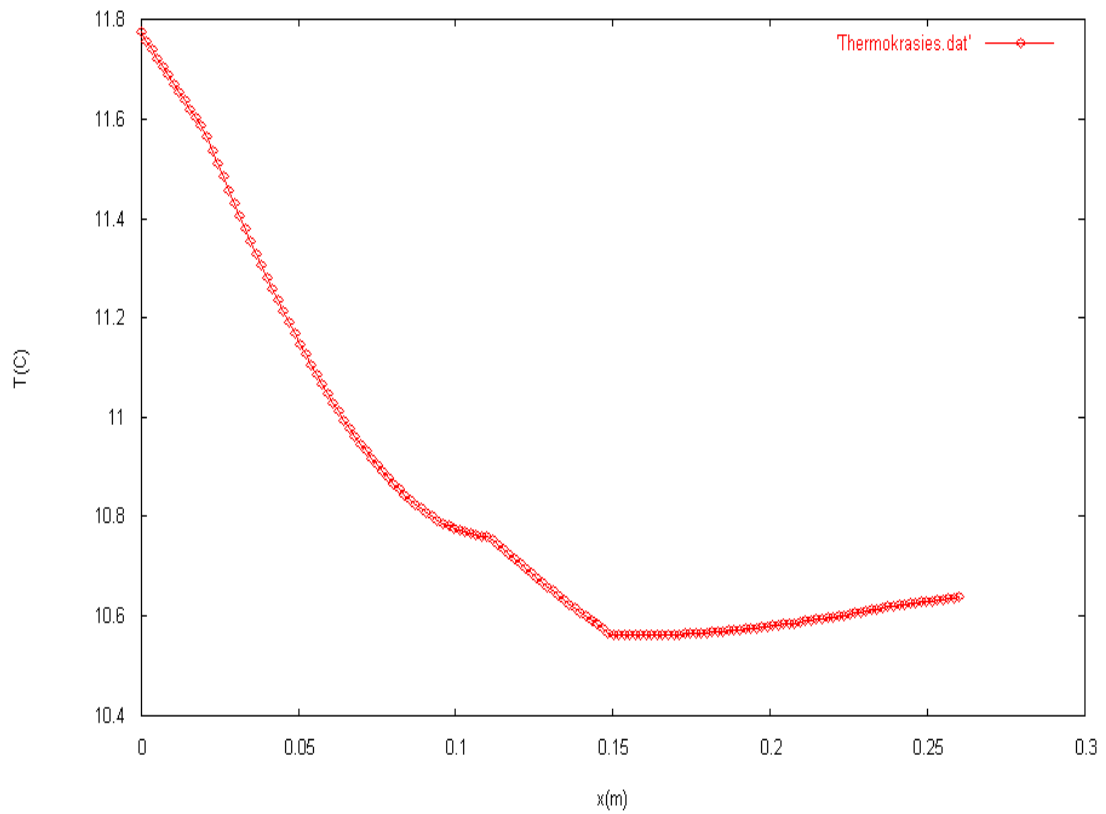
**Διαγραμμα 2.6.4 Κατανομή θερμοκρασιών βόρειου τοίχου**



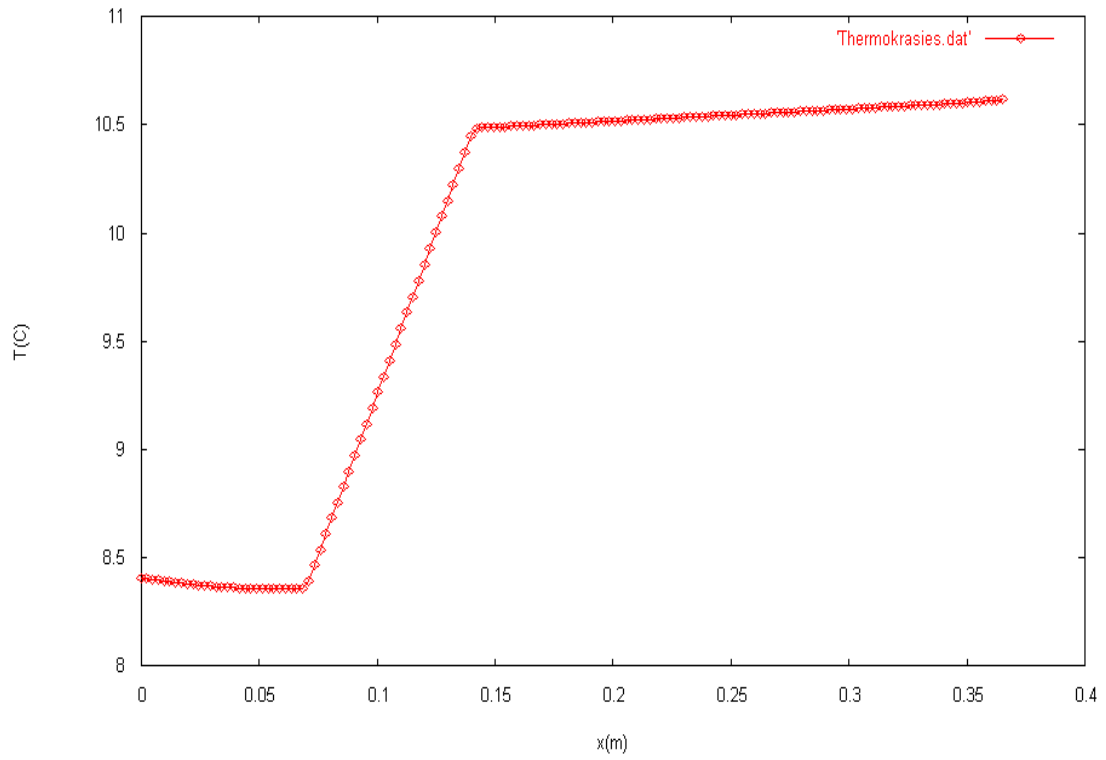
**Διαγραμμα 2.6.5 Κατανομή θερμοκρασιών νότιου τοίχου**



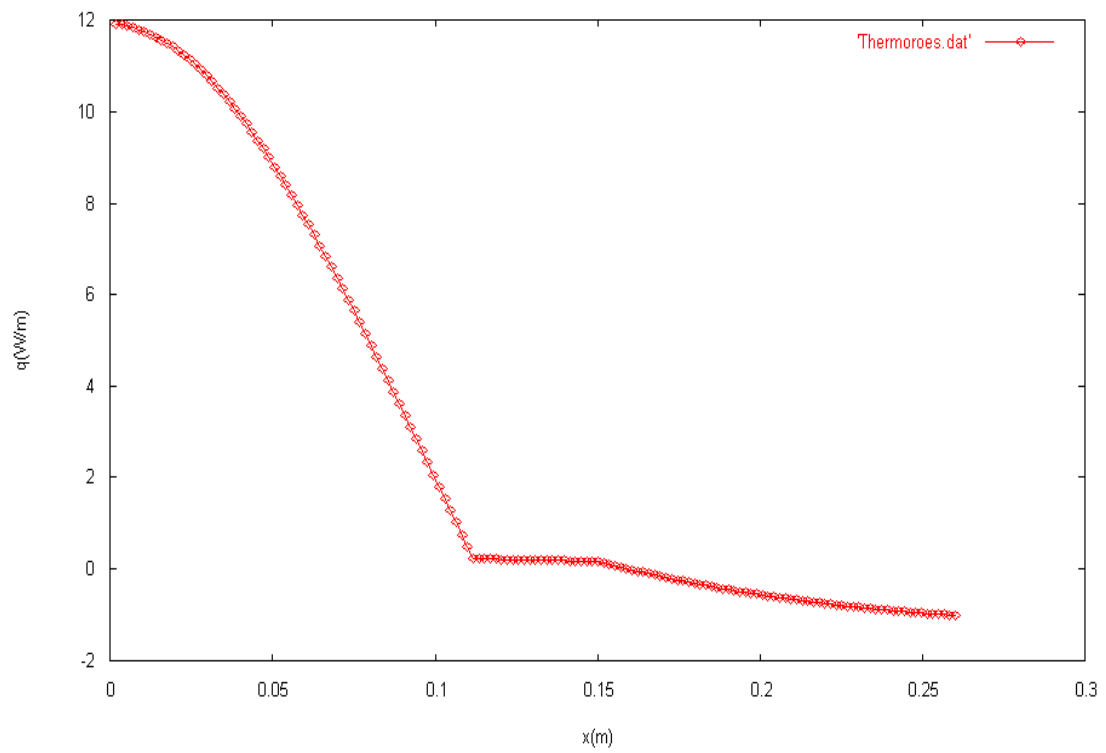
Διαγραμμα 2.6.6 Κατανομή θερμοκρασιών ανατολικού τοίχου



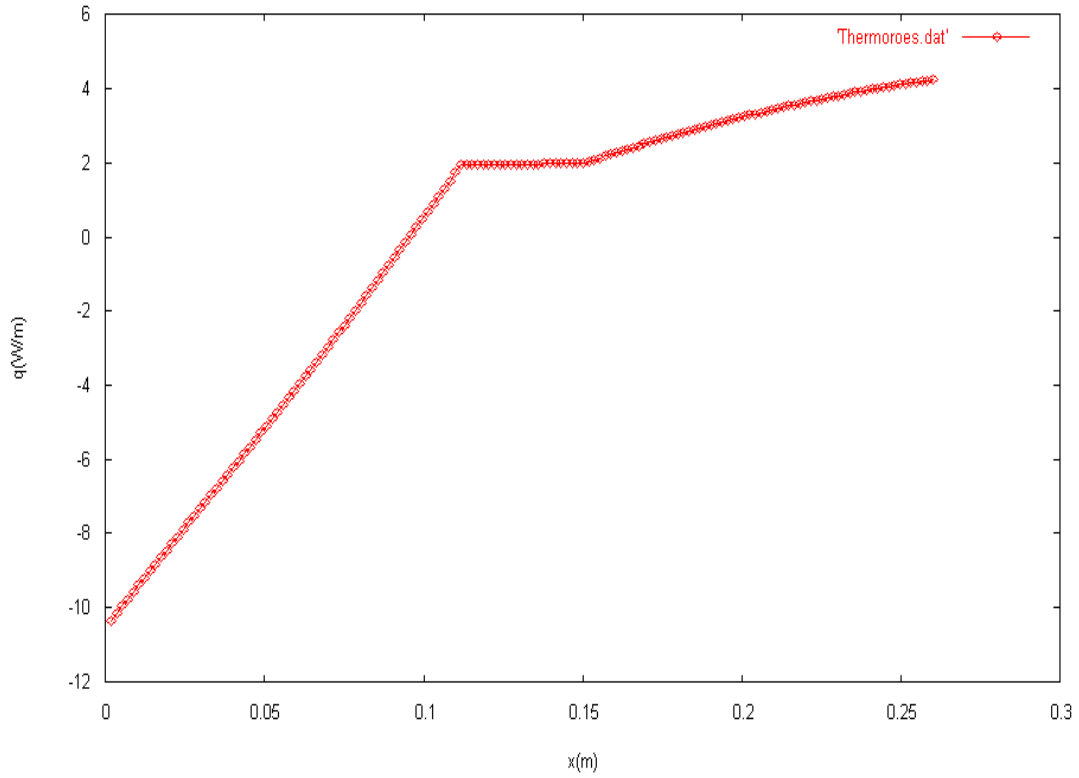
Διαγραμμα 2.6.7 Κατανομή θερμοκρασιών δυτικού τοίχου



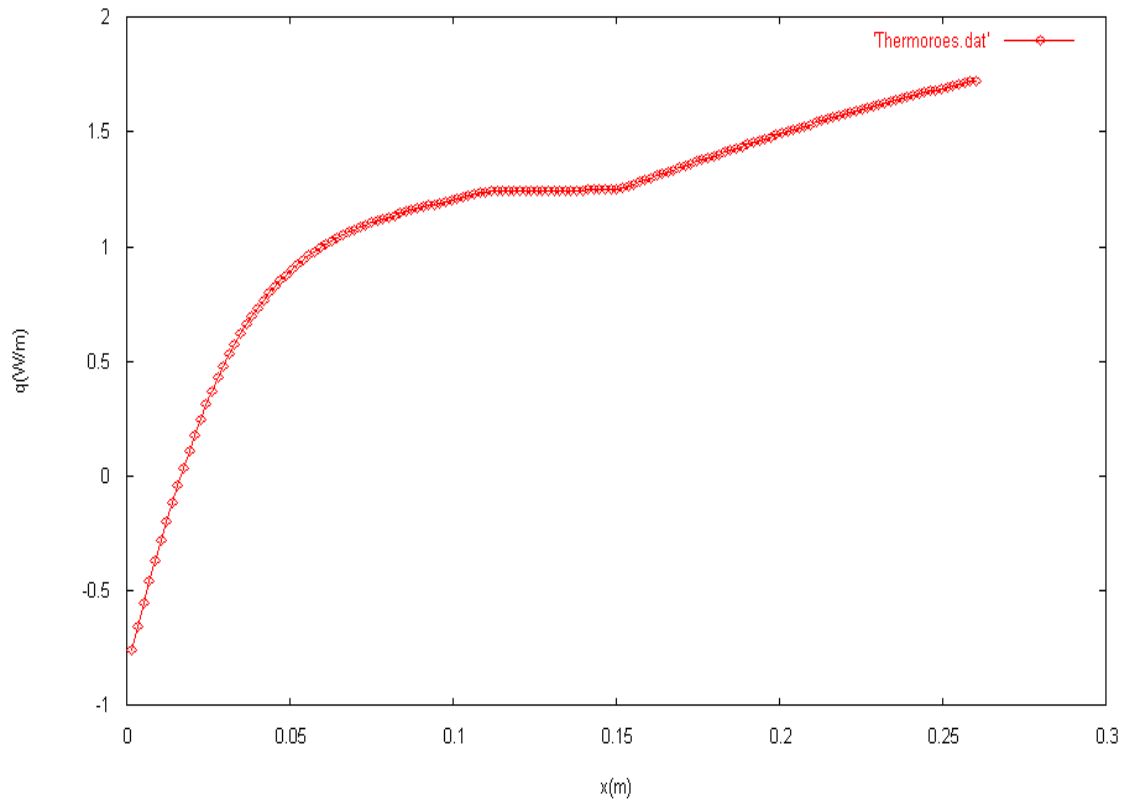
Διαγραμμα 2.6.8 Κατανομή θερμοκρασιών οροφής



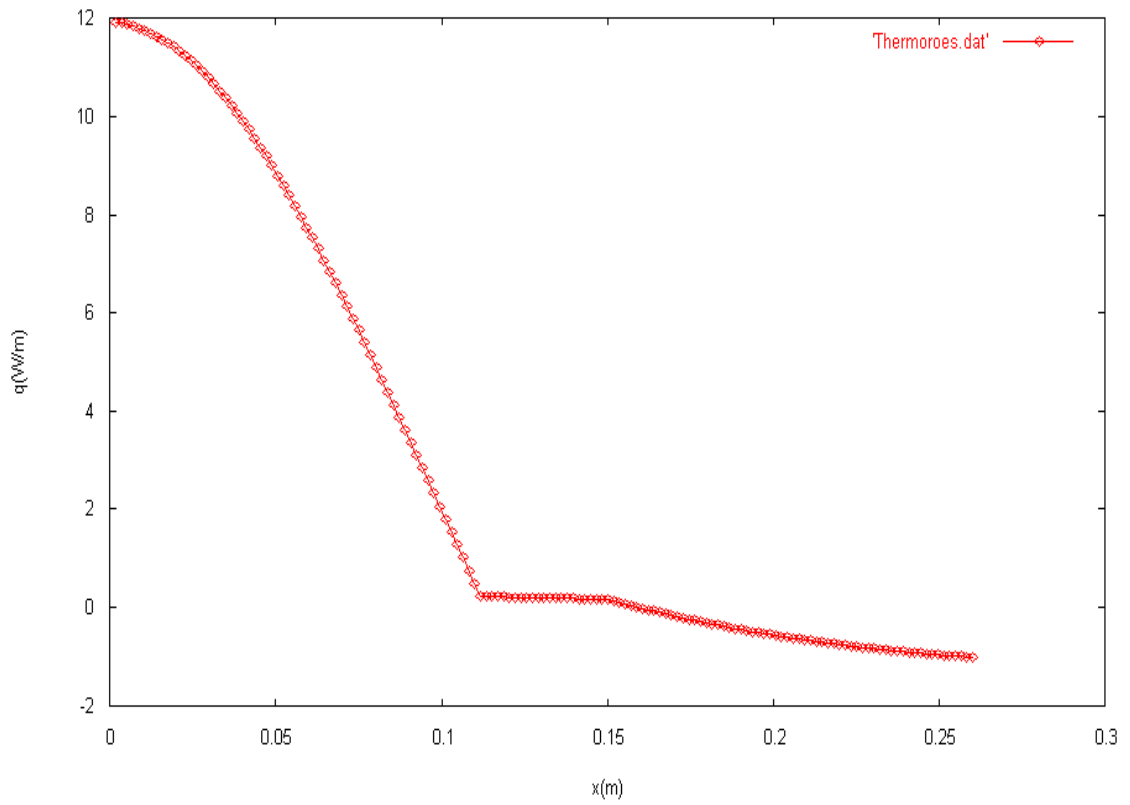
Διαγραμμα 2.6.9 Κατανομή θερμοροών βόρειου τοίχου



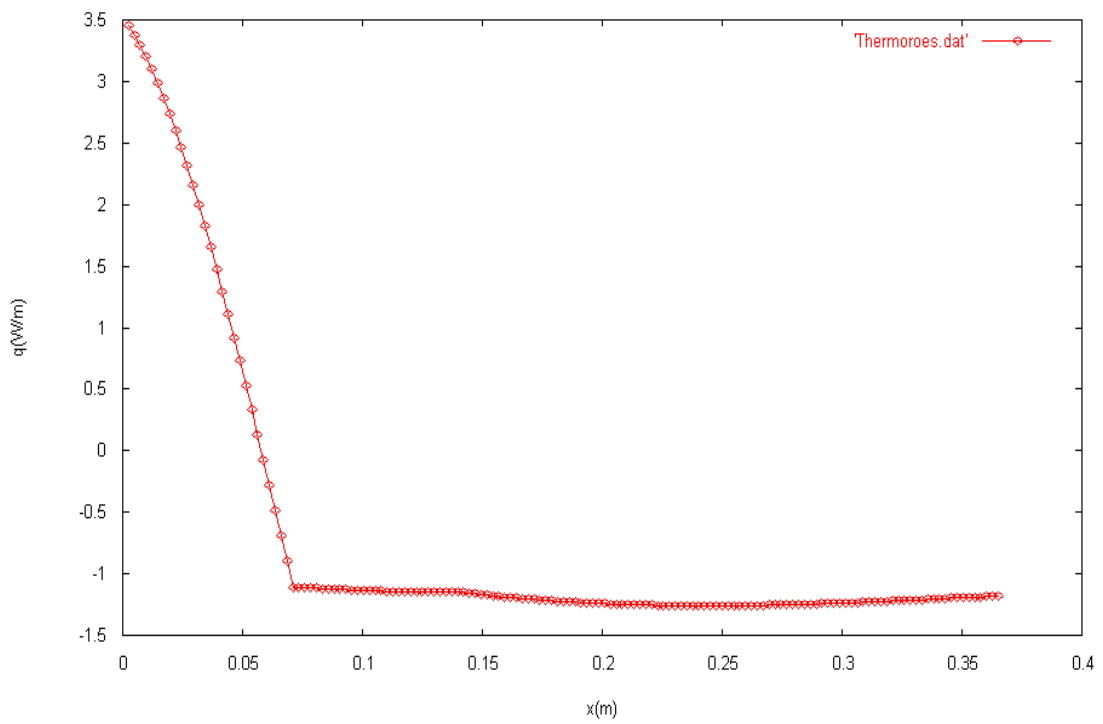
**Διαγραμμα 2.6.10 Κατανομή θερμορών νότιου τοίχου**



**Διαγραμμα 2.6.11 Κατανομή θερμορών ανατολικού τοίχου**



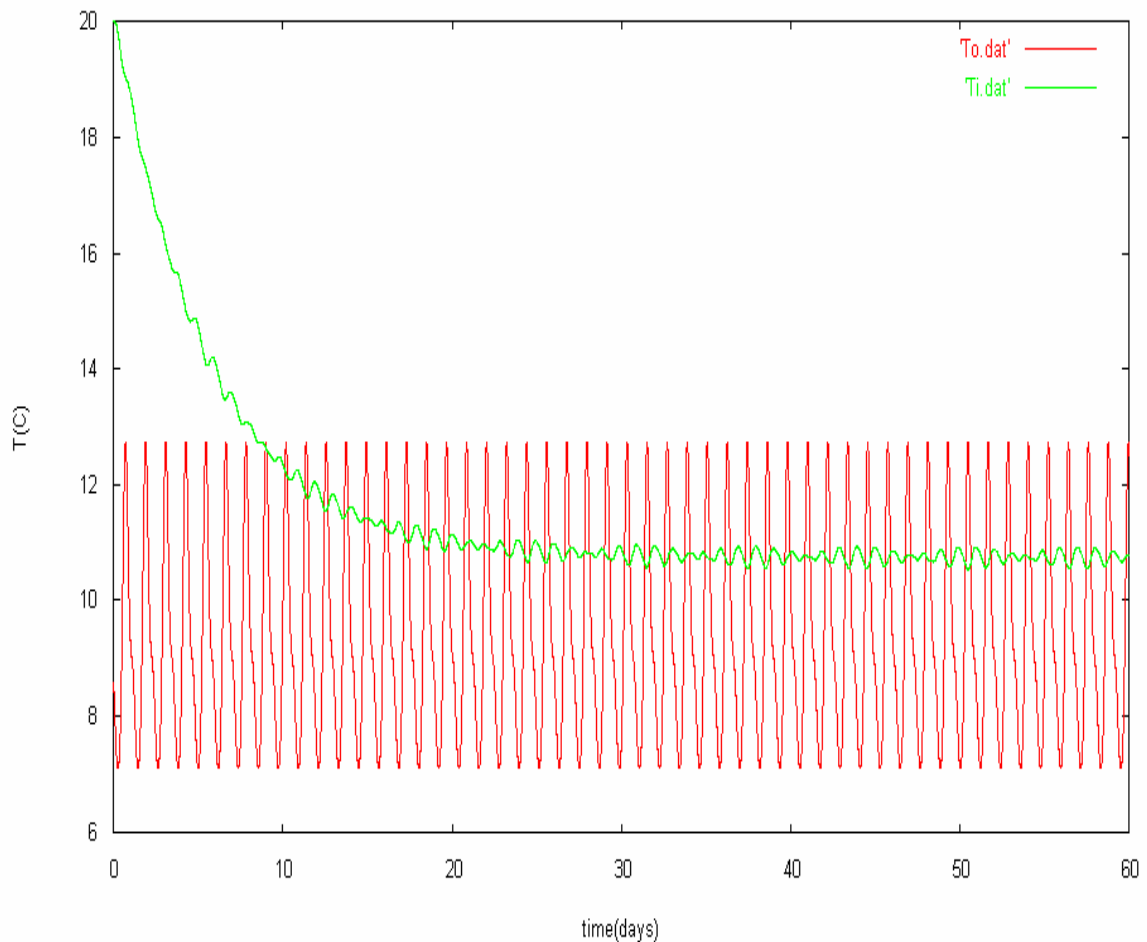
**Διαγραμμα 2.6.12 Κατανομή θερμορών δυτικού τοίχου**



**Διαγραμμα 2.6.13 Κατανομή θερμορών οροφής**

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι αν και είναι αποτελέσματα βραδινής ώρας(δηλαδή χωρίς την παρουσία ήλιου) παρουσιάζουν διαφορές και αυτό συμβαίνει εξ'αιτίας της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων αλλά και λόγω ακτινοβολήσης της οροφής προς το ψυχρότερο περιβάλλον.Τέλος παρατηρούμε ότι ο βόρειος και ο δυτικός παρουσιάζουν ίδιες κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών.Αυτό αναμενόταν διότι ο παράγοντας (*SHGF*) είναι ίδιος σε αυτές τις δύο περιπτώσεις.

#### 2.6.4 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



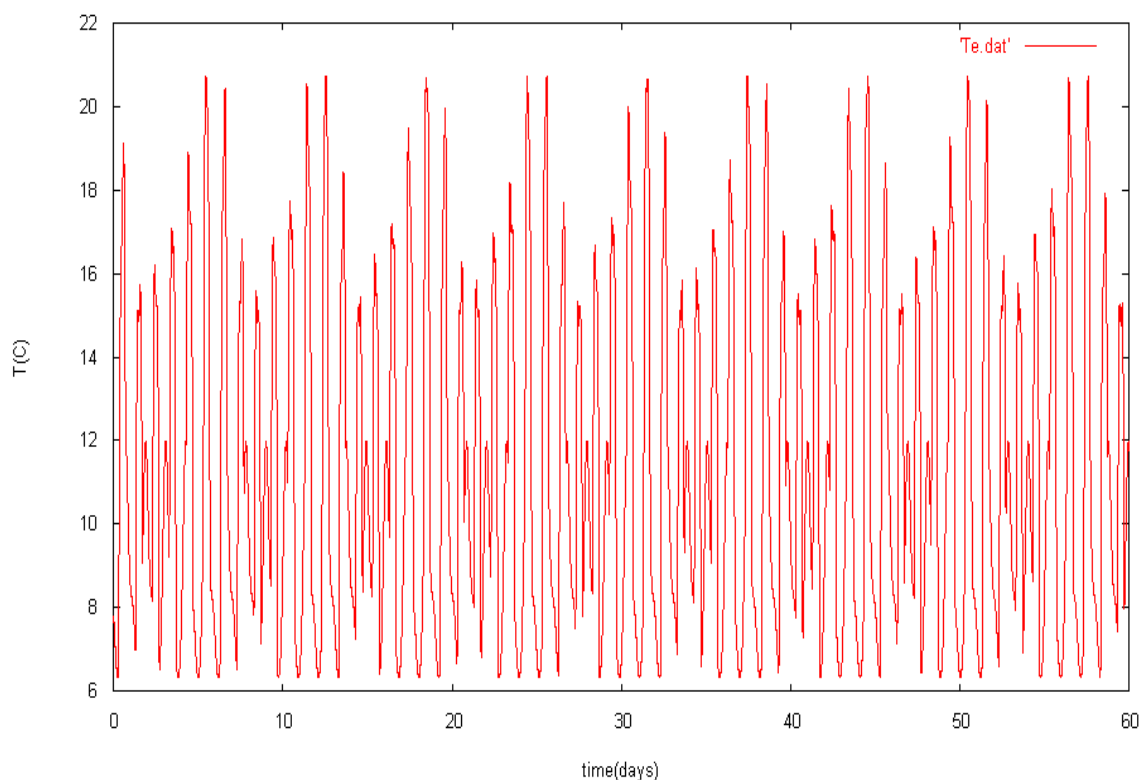
**Διαγραμμα 2.6.14** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



Παρατηρείται ότι το φαινόμενο γίνεται μεταβατικά μόνιμο μετά από περίπου τριανταπέντε μέρες. Επίσης όταν γίνει μεταβατικά μόνιμο η εσωτερική θερμοκρασία δεν έχει πλέον σταθερή διακύμανση. Αυτό οφείλεται στη μορφή μεταβολής της ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος. Ως γνωστόν η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος διαφέρει ανάλλογα με τον προσανατολισμό. Ένας απλός τρόπος να δείξουμε εποπτικά τη μορφή μεταβολής της είναι να υπολογίσουμε το μέσο όρο των πέντε διαφορετικών προσανατολισμών για κάθε χρονική στιγμή.

Ο κώδικας υπολογισμού μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.6.3.

### 2.6.5 Διάγραμμα μεταβολής ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος

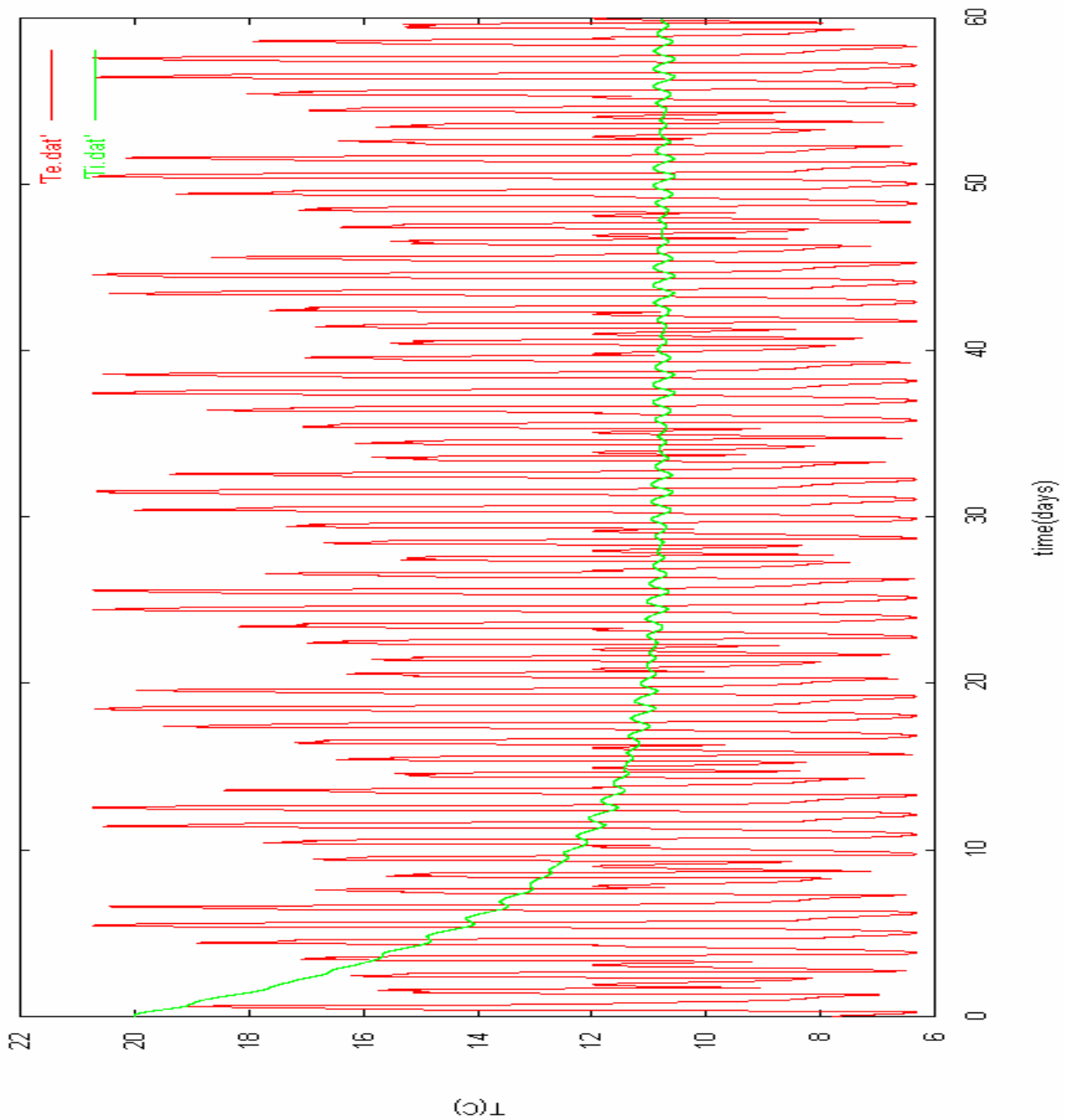


**Διαγραμμα 2.6.15** Διάγραμμα μεταβολής ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος

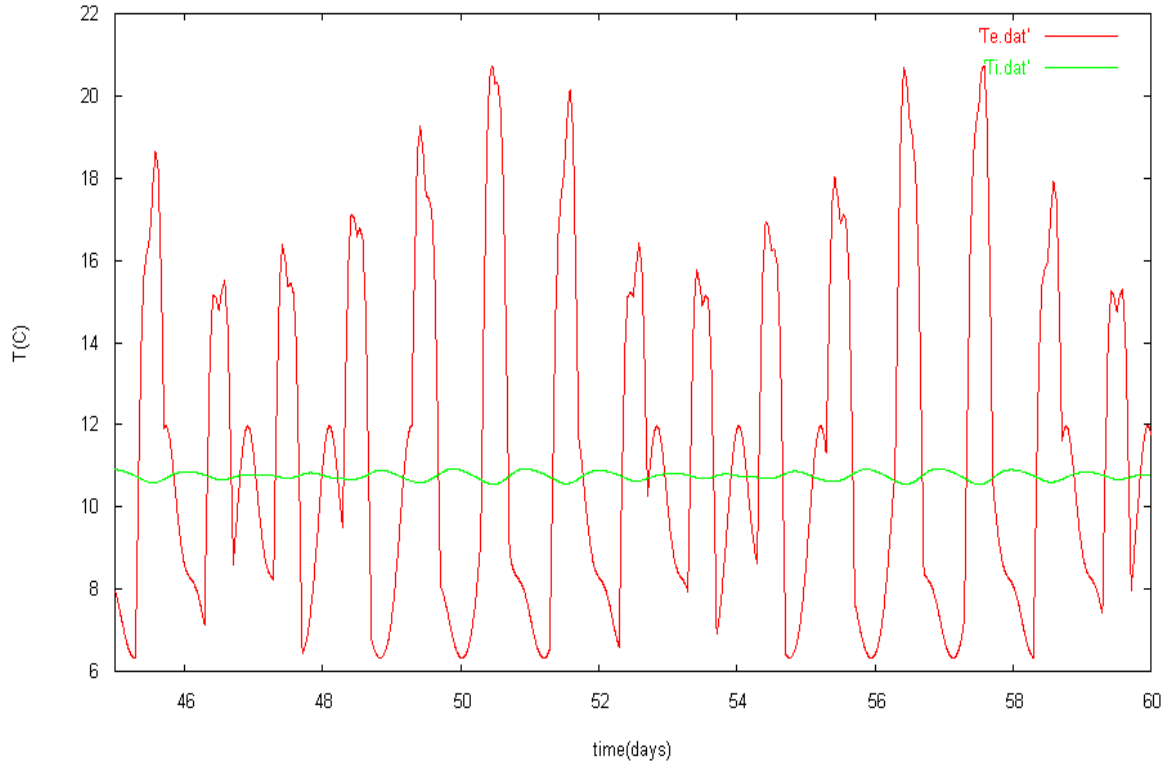
Παρατηρούμε ότι η μέγιστη ισοδύναμη εξωτερική θερμοκρασία είναι  $21^{\circ}\text{C}$  και η ελάχιστη  $6.5^{\circ}\text{C}$  (είναι λίγο μικρότερη από την ελάχιστη τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας λόγω της ύπαρξης του όρου  $-3.9^{\circ}\text{C}$  στον υπολογισμό της

ισοδύναμης ηλίου-αέρος για κατακόρυφες επιφάνειες που οφείλεται στην ακτινοβολή θερμότητας προς το περιβάλλον τις νυχτερινές ώρες) ενώ οι αντίστοιχες εσωτερικές είναι  $10.75^{\circ}\text{C}$  με  $10.25^{\circ}\text{C}$ .

2.6.6 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου.



**Διαγραμμα 2.6.16** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



**Διαγραμμα 2.6.17 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (διάστημα μεταξύ 45<sup>ης</sup> και 60<sup>ης</sup> μέρας)**

Εδώ παρατηρούμε και μία καθυστέρηση στην περίοδο της μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με αυτήν της μεταβολής της εξωτερικής θερμοκρασίας κάτι που οφείλεται στη θερμική αδράνεια των στοιχείων του κελύφους του δωματίου.

## 2.7 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου αποτελούμενο από τέσσερις τοίχους, οροφή και αδιαβατικά μονωμένο πάτωμα με εσωτερικούς τοίχους συνολικού μήκους 20 m. Το δωμάτιο έχει τις διαστάσεις που έχουν δοθεί στον πίνακα 2.4.1

Για να υπολογίσουμε τις εισερχόμενες θερμοροές στο δωμάτιο θα λύσουμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου των τεσσάρων πολυστρωματικών τοίχων και διαμέσου της οροφής που είναι και αυτή πολυστρωματική. Η σύσταση και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου των τοίχων και της οροφής δίνονται στους πίνακες 2.4.2 και 2.5.1 αντίστοιχα.

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής. Η εξωτερική θερμοκρασία είναι η ισοδύναμη ηλίου-αέρος ο υπολογισμός της οποίας περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.6.1 σελίδα 62. Η εσωτερική θερμοκρασία θα υπολογιστεί από εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας στο δωμάτιο.

### 2.7.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_a V_a c_a \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n + [q_{p1}(t) + q_{pN}(t)] A_p$$

όπου  $q_{p1}, q_{pN}$  οι θερμοροές στα δύο άκρα των εσωτερικών τοίχων (έχουν πάντα αντίθετο πρόσημο δηλαδή ή εισέρχονται και δύο ή εξέρχονται και οι δύο) και  $A_p$  η επιφάνεια μετάδοσης θερμότητας.

Οι υπόλοιποι όροι του ισολογισμού είναι ίδιοι με τις προηγούμενες δύο περιπτώσεις. Έτσι ο ισολογισμός παίρνει την παρακάτω μορφή:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} = \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_i^{j+1} = \frac{\Delta t}{\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha}} \left\{ \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p \right\} + T_i^j$$

Για να υπολογίσουμε τις θερμοροές των εσωτερικών τοίχων εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) για να λύσουμε τη μονοδιάστατη μεταβατική αγωγή θερμότητας διαμέσου τοίχου αποτελούμενου από τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.7.1

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκνότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / mK</i> )
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200

Στα δύο άκρα του τοίχου έχουμε οριακές συνθήκες συναγωγής με τον εσωτερικό αέρα δωματίου.

### 2.7.2 Υπλογισμός συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε πολυστρωματικό τοίχο και διατύπωση μητρώων του συστήματος.

Υπενθυμίζουμε ότι ο τοίχος είναι πολυστρωματικός άρα οι ιδιότητές του μεταβάλλονται και ειδικά στην περίπτωση της θερμικής αγωγιμότητας έχουμε έντονες μεταβολές. Για τον υπολογισμό των συντελεστών  $A_w, A_p, A_e$  της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών απαιτούνται οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας  $k_w, k_e$  στα άκρα του όγκου αναφοράς. Μία μέθοδος υπολογισμού

των τιμών των θερμικών αγωγιμοτήτων είναι η χρήση του αρμονικού μέσου[1].Άρα:

$$k_w = \frac{2k_p k_w}{k_p + k_w}$$

$$k_e = \frac{2k_p k_e}{k_p + k_e}$$

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής j+1 παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_p \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_p \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_p$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της επιφάνειας του τοίχου και του αέρα δωματίου που έχει τιμή  $8W / m^2 K$ ,  $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής n παίρνει τη μορφή:

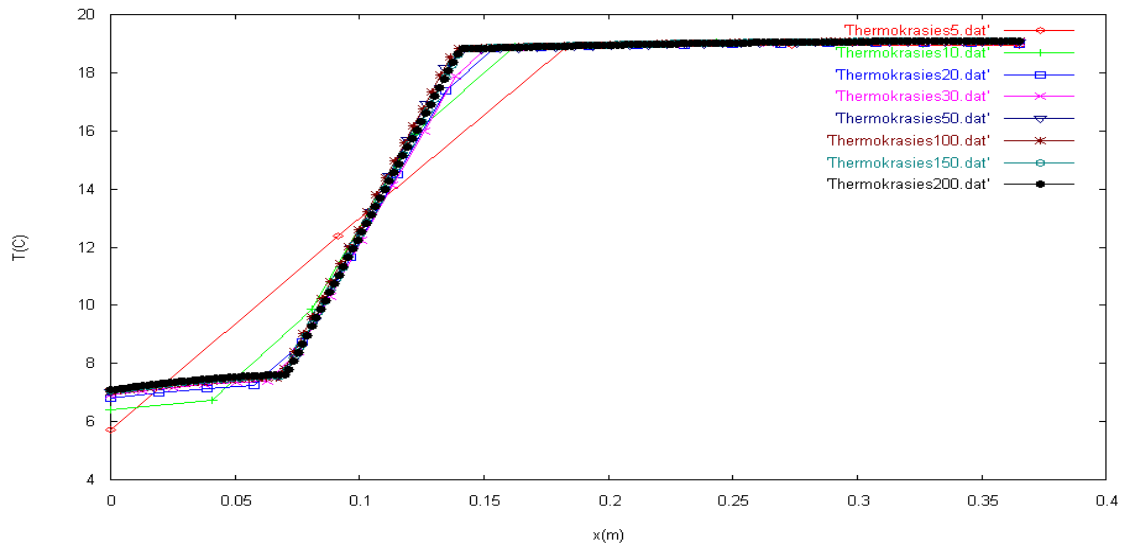
$$\begin{bmatrix} \frac{h_p \delta x_1}{\left( \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_p \delta x_{N-1}}{\left( \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \right)} \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA. Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, στους εσωτερικούς, στην οροφή όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^\circ C$

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.7.

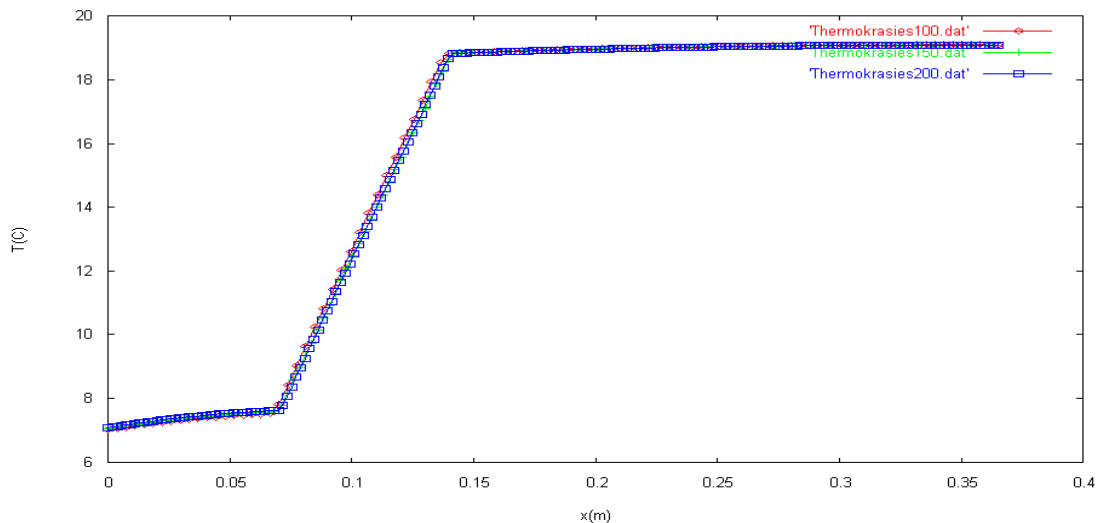
### 2.7.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών της οροφής για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.7.1 Κατανομή θερμοκρασιών

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$

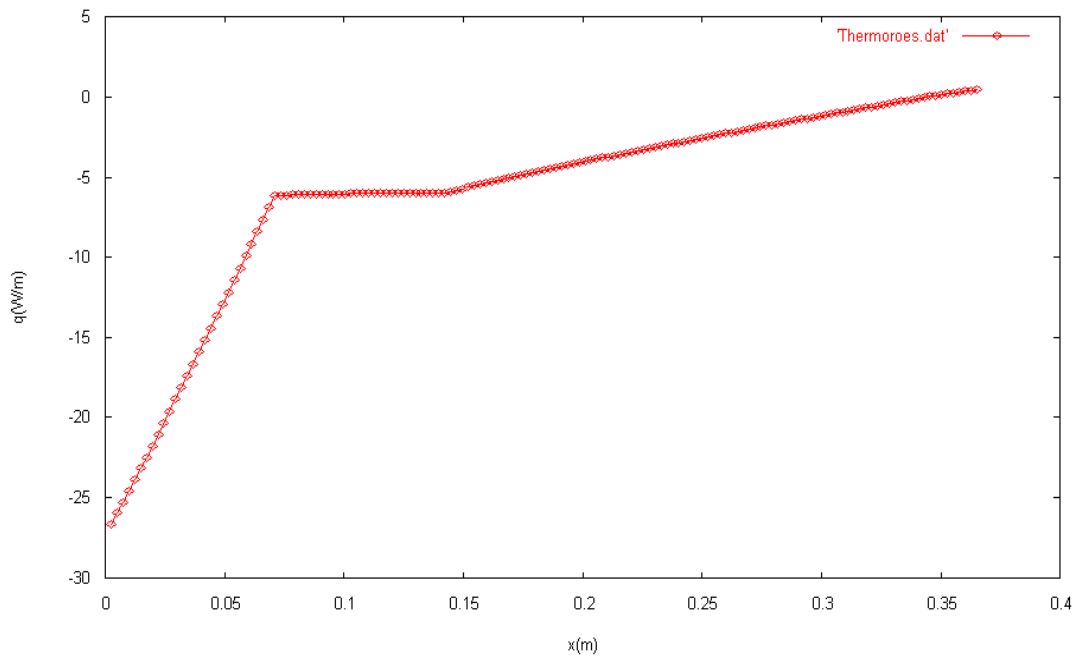


Διαγραμμα 2.7.2 Κατανομή θερμοκρασιών ( $N=100, N=150, N=200$ )

Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

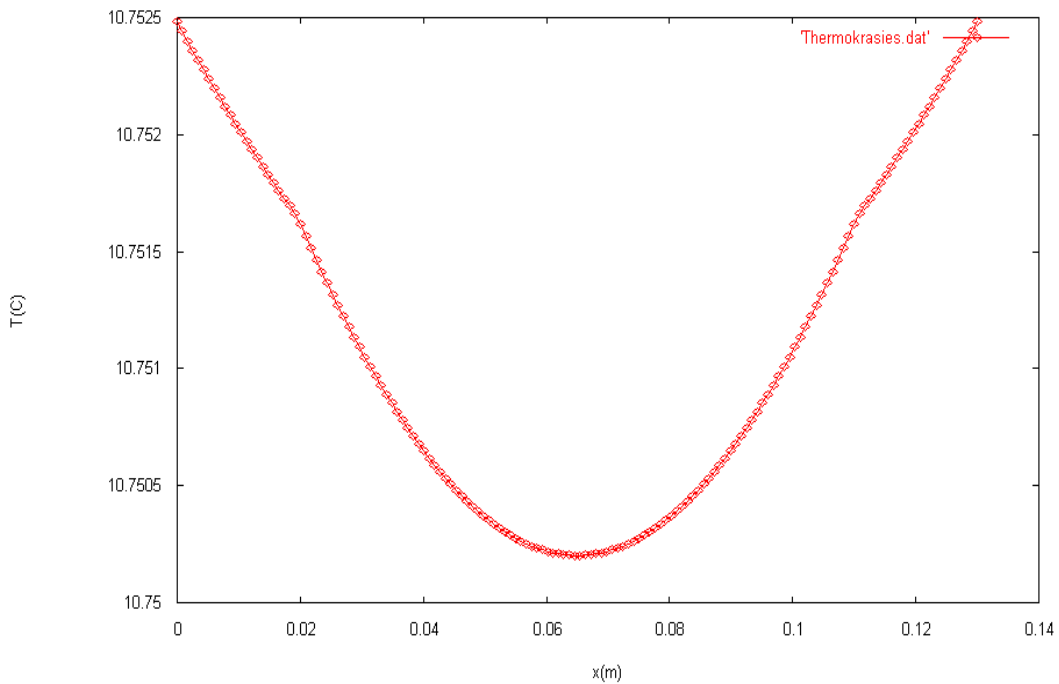


Κατανομή θερμοροών οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:

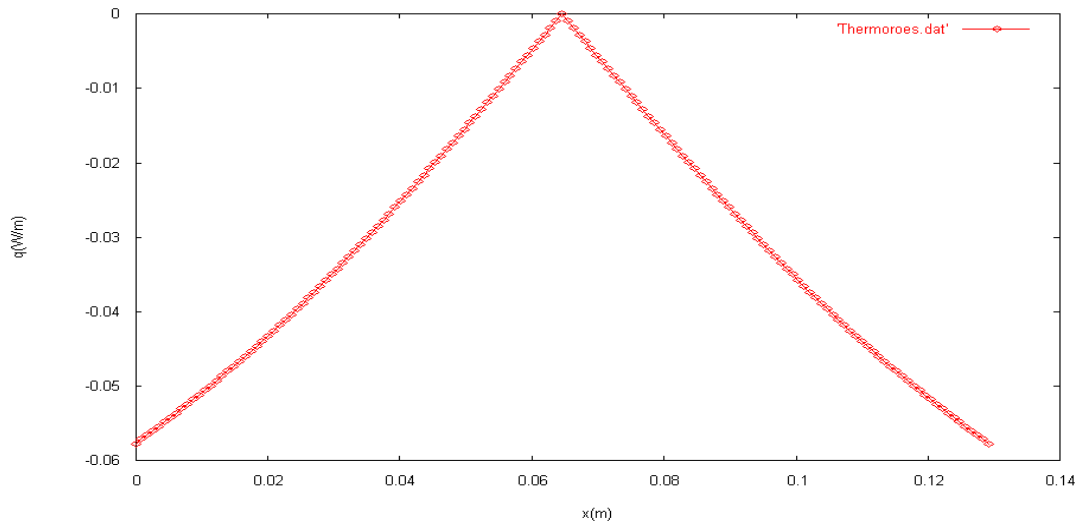


Διαγράμμα 2.7.3 Κατανομή θερμοροών για N=150

2.7.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών των εσωτερικών τοίχων όταν το φαινόμενο γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας).



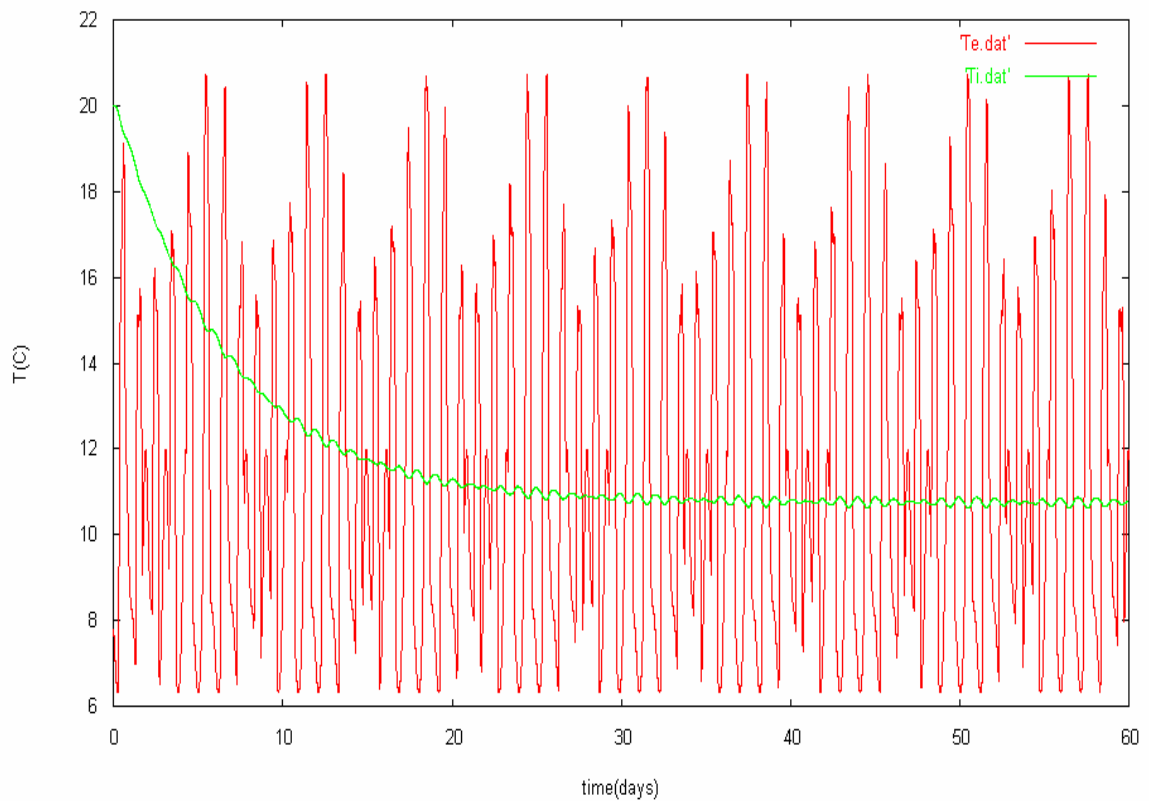
Διαγράμμα 2.7.4 Κατανομή θερμοκρασιών εσωτερικών τοίχων



**Διαγράμμα 2.7.5 Κατανομή θερμοροών εσωτερικών τοίχων**

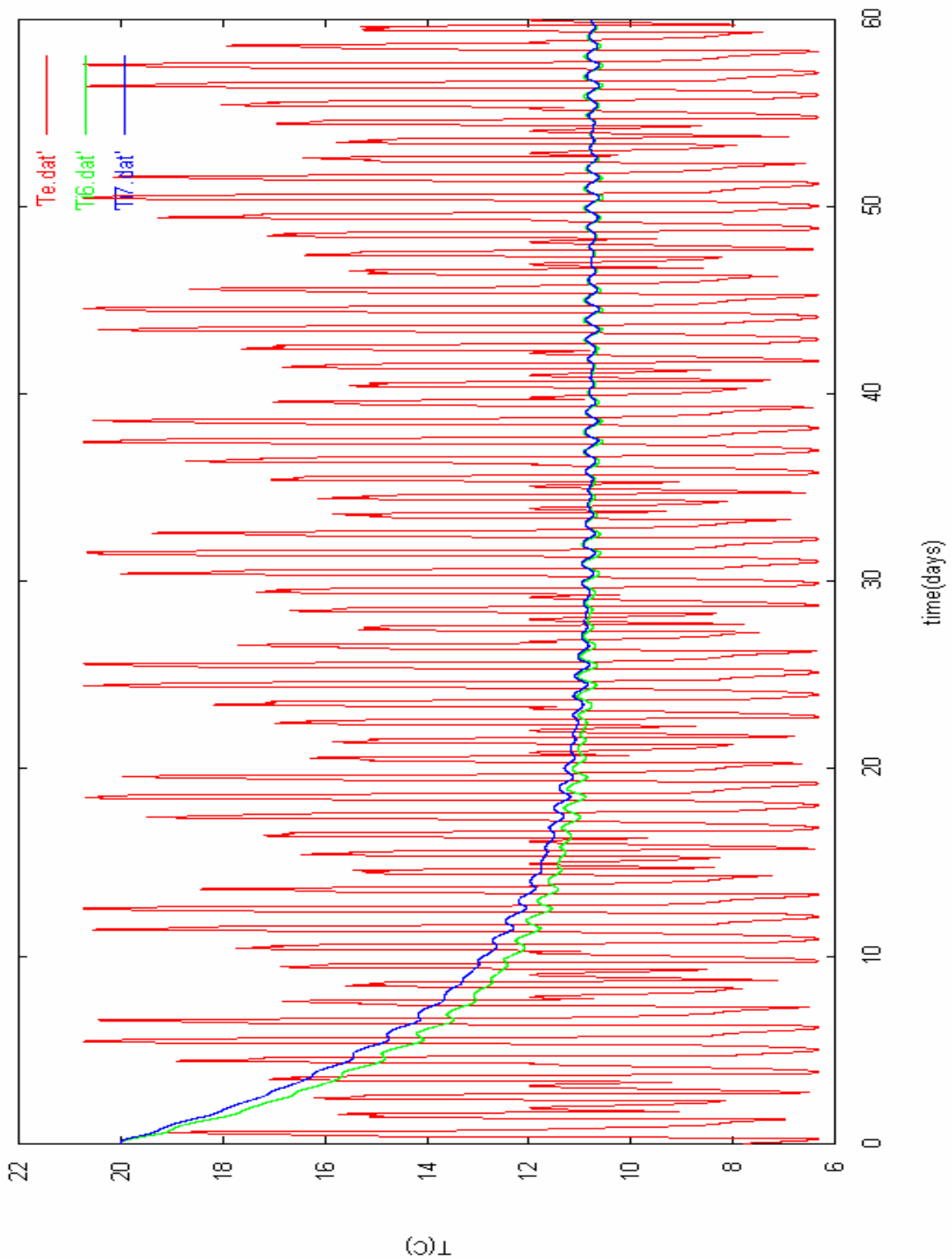
Παρατηρούμε ότι η διακύμανση των θερμοκρασιών και των θερμοροών είναι πολύ μικρή κάτι που είναι αναμενόμενο αφού στα δύο άκρα των εσωτερικών τοίχων ρέει αέρας ίδιας θερμοκρασίας.

**2.7.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου (σύγκριση με περίπτωση 2.6).**



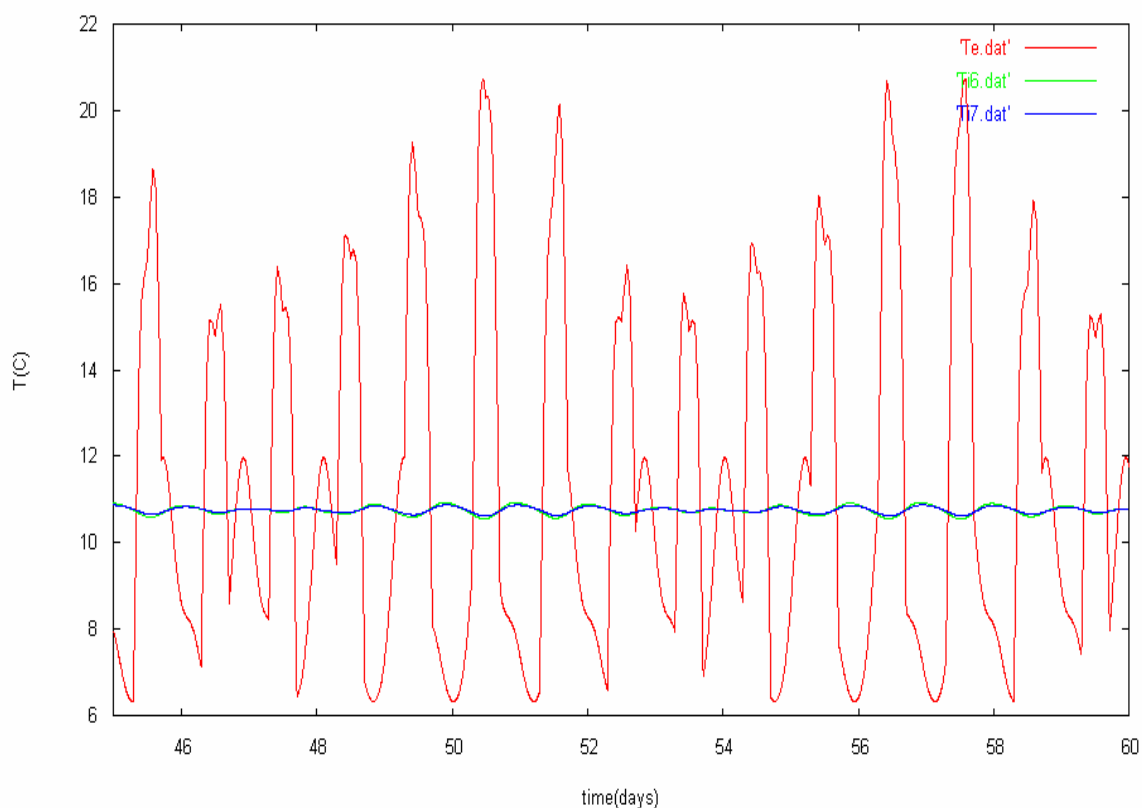
**Διαγράμμα 2.7.6 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου**

Η μορφή του παραπάνω διαγράμματος μοιάζει πολύ με αυτό της προηγούμενης περίπτωσης. Παρακάτω θα συγκρίνουμε τα δύο αυτά διαγράμματα.



**Διαγραμμα 2.7.7** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (σύγκριση περιπτώσεων 2.6-2.7)

Παρατηρούμε ότι και οι δύο καμπύλες τείνουν προς την ίδια μέση εσωτερική θερμοκρασία με ελάχιστη διαφορά στη διακύμανση η οποία φαίνεται πιο καθαρά στη μεγένθυση που έχουμε κάνει παρακάτω(45<sup>η</sup> με 60<sup>η</sup> μέρα):



**Διαγραμμα 2.7.8 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (σύγκριση περιπτώσεων 2.6-2.7) Χρονικό διάστημα μεταξύ 45<sup>ης</sup> μέρας και 60<sup>ης</sup>**

Επίσης παρατηρούμε ότι το φαινόμενο αποκαθίσταται σχεδόν την ίδια στιγμή με την προηγούμενη περίπτωση αλλά η κλίση της καμπύλης είναι πιο ομαλή. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της συνολικής θερμοχωρητικότητας λόγω της ύπαρξης των εσωτερικών τοίχων. Τέλος η μικρή μείωση της διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας οφείλεται στην επιπλέον θερμική αδράνεια των εσωτερικών τοίχων.

## 2.8 ΕΠΙΠΛΩΣΗ

Αυτή η περίπτωση είναι ίδια με την περίπτωση 2.7 με τη μόνη διαφορά ότι προσομοιάζουμε τη θερμική συμπεριφορά της επίπλωσης και την επίδρασή της στη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας του δωματίου με μία ισοδύναμη ξύλινη πλάκα πάχους  $5\text{ cm}$  και συνολικής επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας ίση με  $60\text{ m}^2$ . Τα στοιχεία της ξύλινης πλάκας δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.8.1

Πυκνότητα ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( $\text{J} / \text{kgK}$ )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\text{W} / \text{mK}$ )
592	699	0.116

### 2.8.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n + [q_{p1}(t) + q_{pN}(t)] A_p + [q_{f1}(t) + q_{fN}(t)] A_f$$

όπου  $q_{f1}, q_{fN}$  οι θερμοροές στα δύο άκρα της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης (έχουν πάντα αντίθετο πρόσημο δηλαδή ή εισέρχονται και δύο ή εξέρχονται και οι δύο) και  $A_f$  η επιφάνεια μετάδοσης θερμότητας.

Οι υπόλοιποι όροι του ισολογισμού είναι ίδιοι με την προηγούμενη περίπτωση. Έτσι ο ισολογισμός παίρνει την παρακάτω μορφή:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} = \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_i^{j+1} = \frac{\Delta t}{\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha}} \left\{ \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f \right\} + T_i^j$$

Για να υπολογίσουμε τις θερμορές της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων(έμμεση διατύπωση) για να λύσουμε τη μονοδιάστατη μεταβατική αγωγή θερμότητας.

### 2.8.2 Διατύπωση μητρώων του συστήματος.

Στα δύο άκρα της πλάκας έχουμε οριακές συνθήκες συναγωγής με τον εσωτερικό αέρα δωματίου.

Το μητρώο συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $j+1$  παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_f \delta x_1}{k_f} + 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ Aw & Ap & Ae & 0 & 0 \\ 0 & - & - & - & 0 \\ 0 & 0 & Aw & Ap & Ae \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \frac{h_f \delta x_{N-1}}{k_f} + 1 \end{bmatrix}$$

όπου  $h_f$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της επιφάνειας του τοίχου και του αέρα δωματίου που έχει τιμή  $8W / m^2 K$  , $k$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου,  $\delta x_1, \delta x_{N-1}$  η απόσταση μεταξύ των κόμβων 1,2 και N-1,N αντίστοιχα.

Το μητρώο των συντελεστών των θερμοκρασιών της χρονικής στιγμής  $n$  παίρνει τη μορφή:

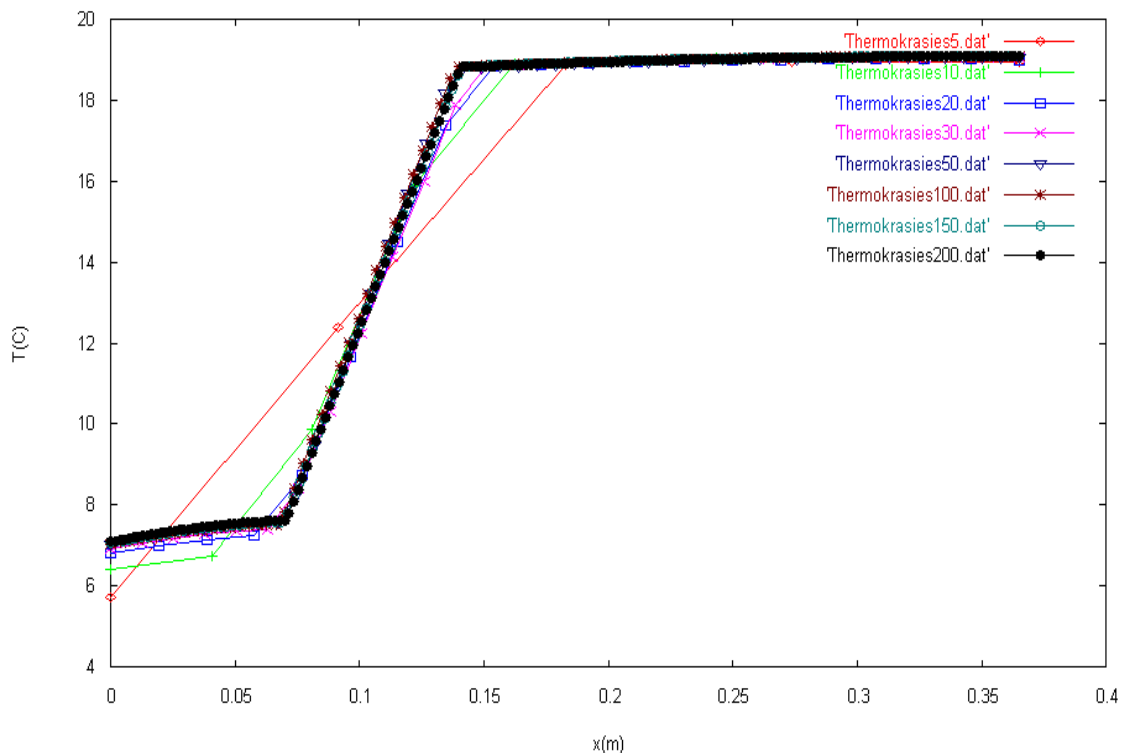
$$\begin{bmatrix} \frac{h_f \delta x_1}{k_f} \\ A_2 \\ - \\ - \\ A_{n-1} \\ \frac{h_f \delta x_{N-1}}{k_f} \end{bmatrix}$$

Το σύστημα είναι τριδιαγώνιας μορφής και λύνεται με την υπορουτίνα TDMA. Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στην ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης είναι  $T(0,i)=20^{\circ}C$

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.8.

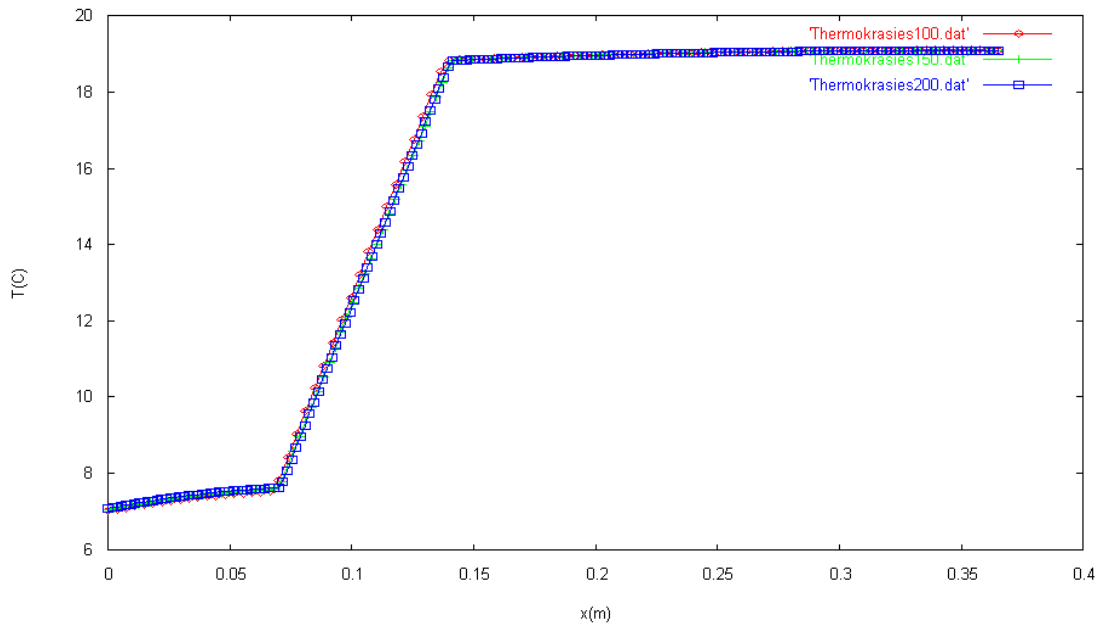
### 2.8.3 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών της οροφής για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



Διαγραμμα 2.8.1 Κατανομή θερμοκρασιών

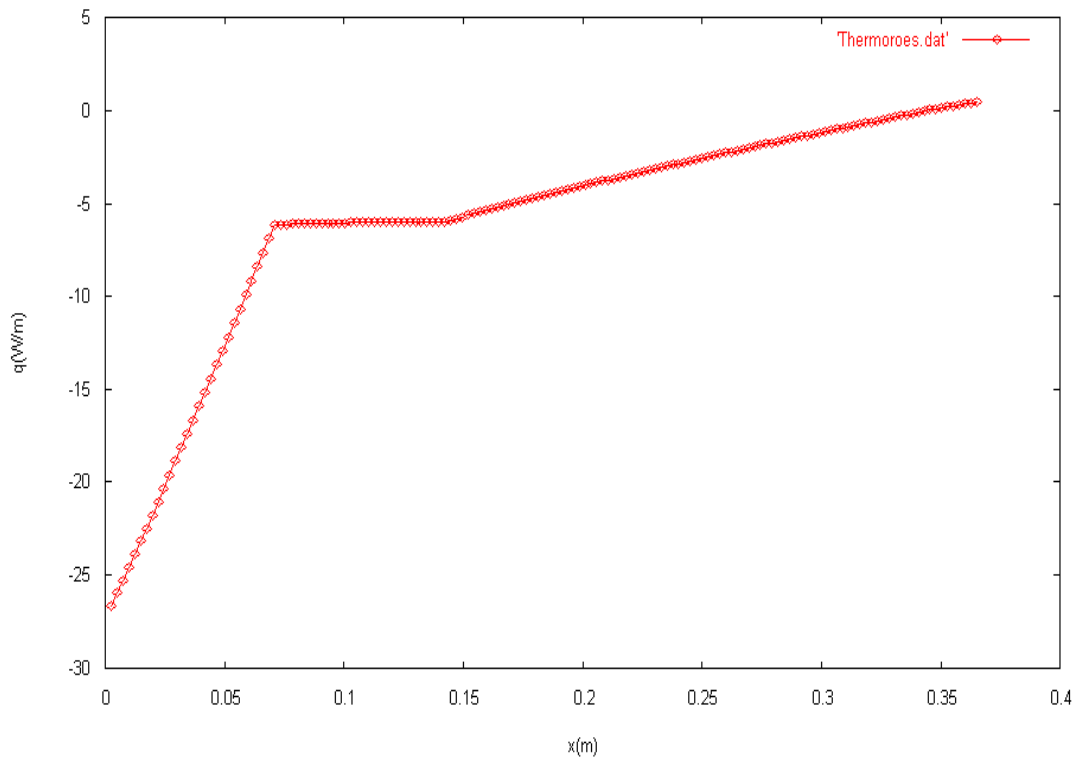
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$



**Διαγραμμα 2.8.2 Κατανομή θερμοκρασιών( $N=100, N=150, N=200$ )**

Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

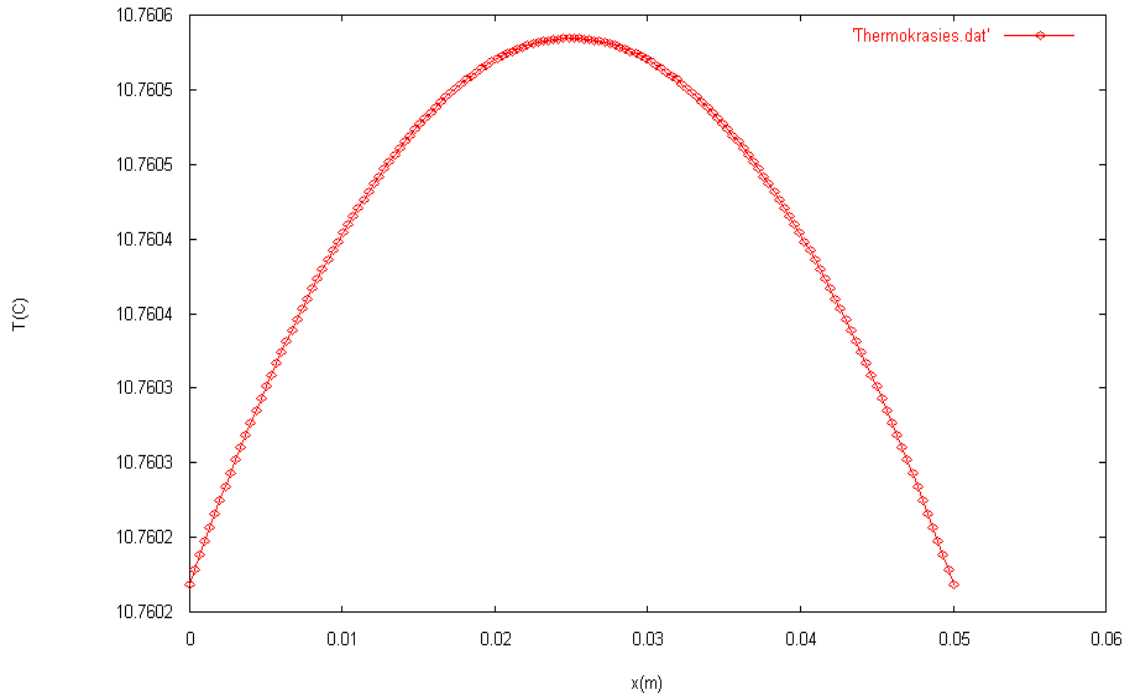
Κατανομή θερμοροών οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:



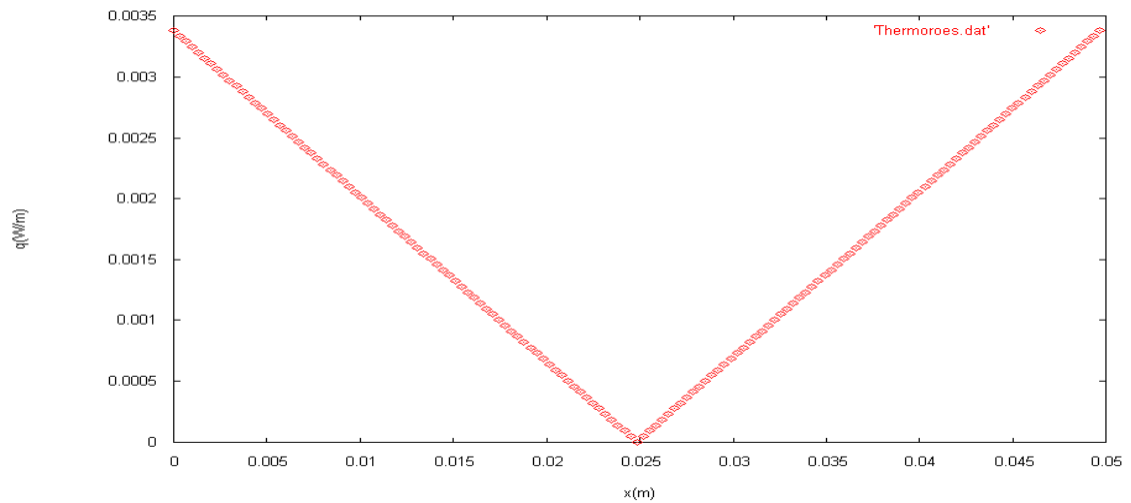
**Διαγραμμα 2.8.3 Κατανομή θερμοροών για  $N=150$**



2.8.4 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας).



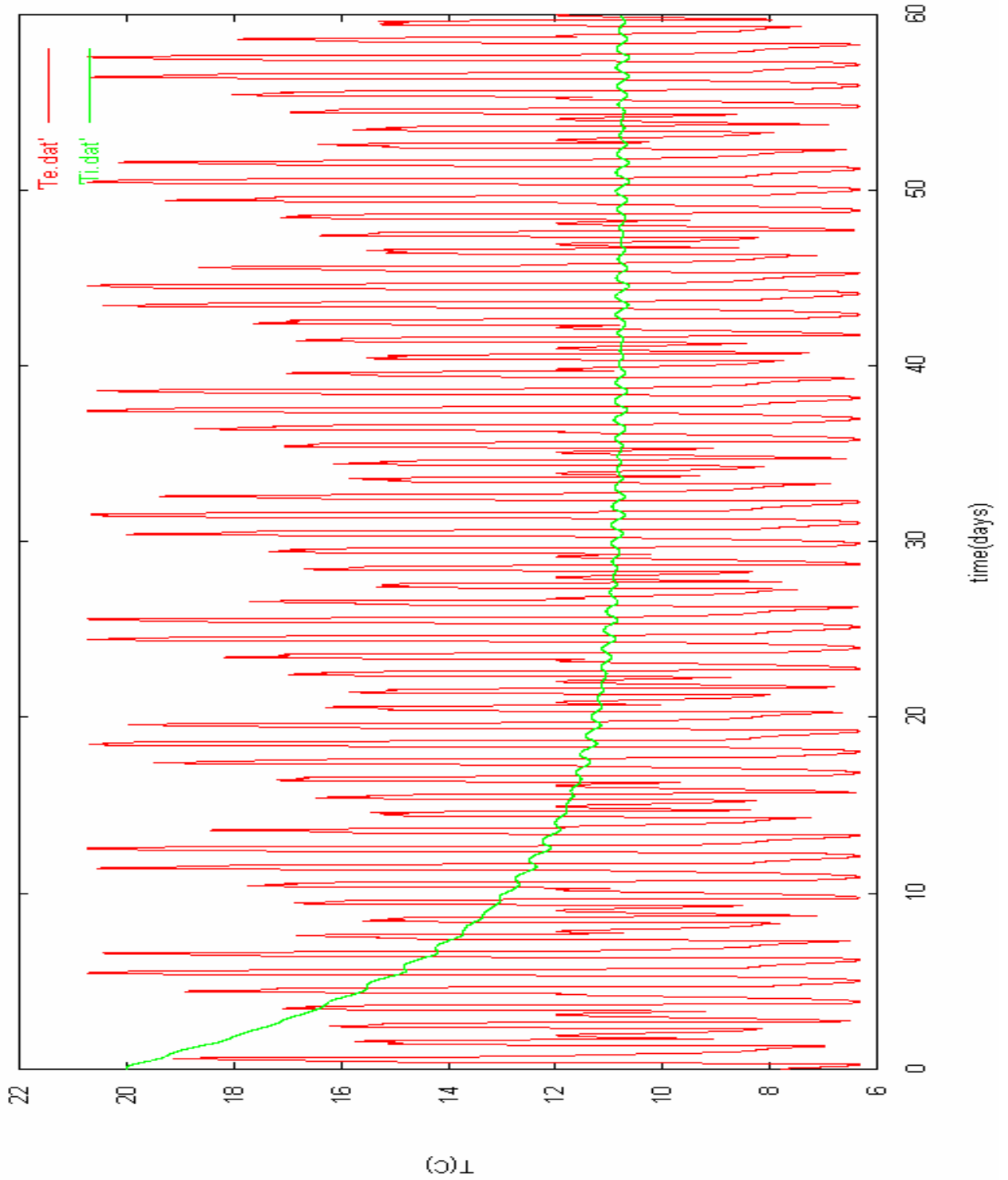
**Διαγραμμα 2.8.4 Κατανομή θερμοκρασιών ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης**



**Διαγραμμα 2.8.5 Κατανομή θερμοροών ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης**

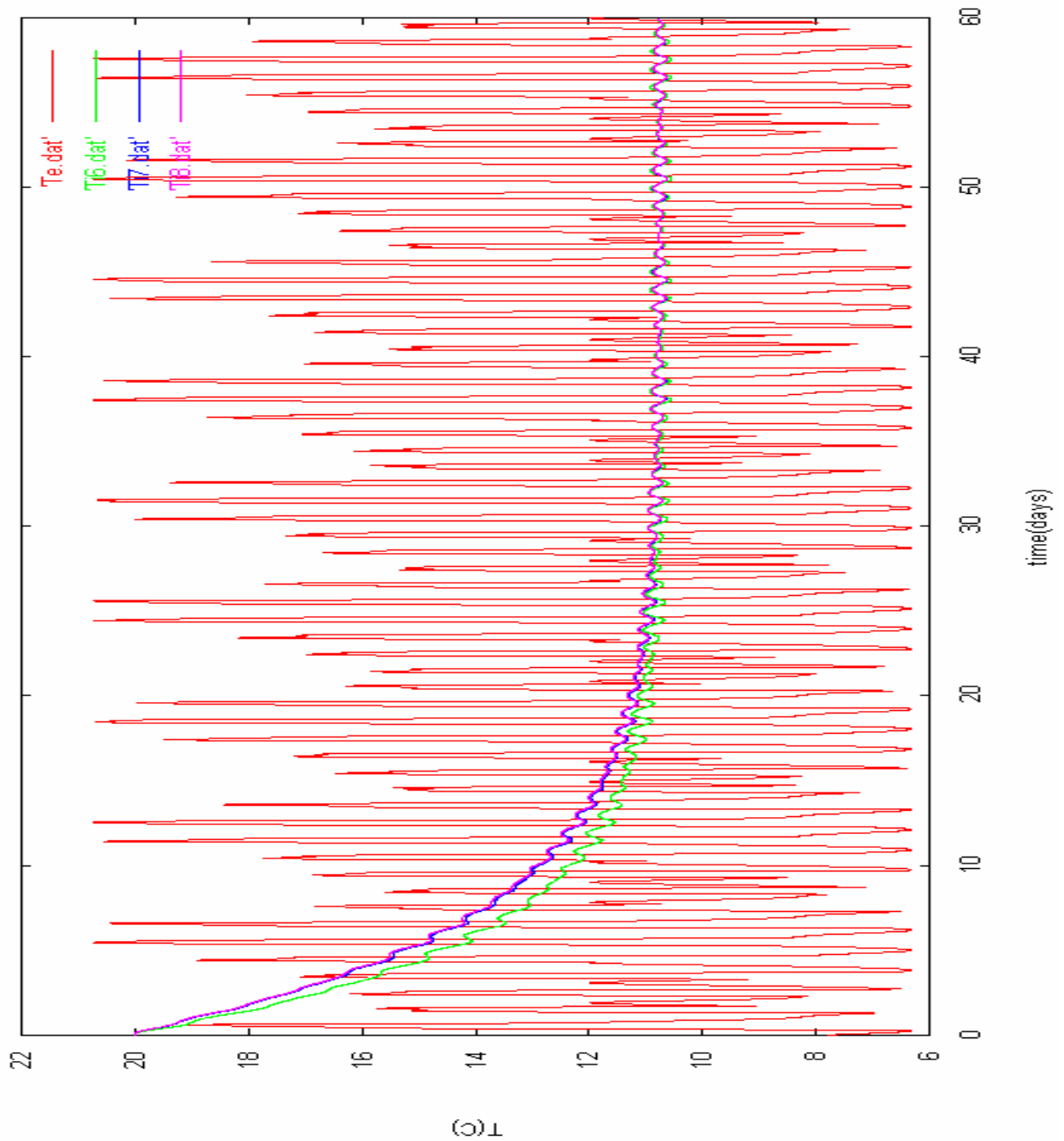
Παρατηρούμε ότι η διακύμανση των θερμοκρασιών και των θερμοροών είναι πολύ μικρή κάτι που είναι αναμενόμενο αφού στα δύο άκρα της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης ρέει αέρας ίδιας θερμοκρασίας.

2.8.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και της εσωτερικής θερμοκρασίας δωματίου.



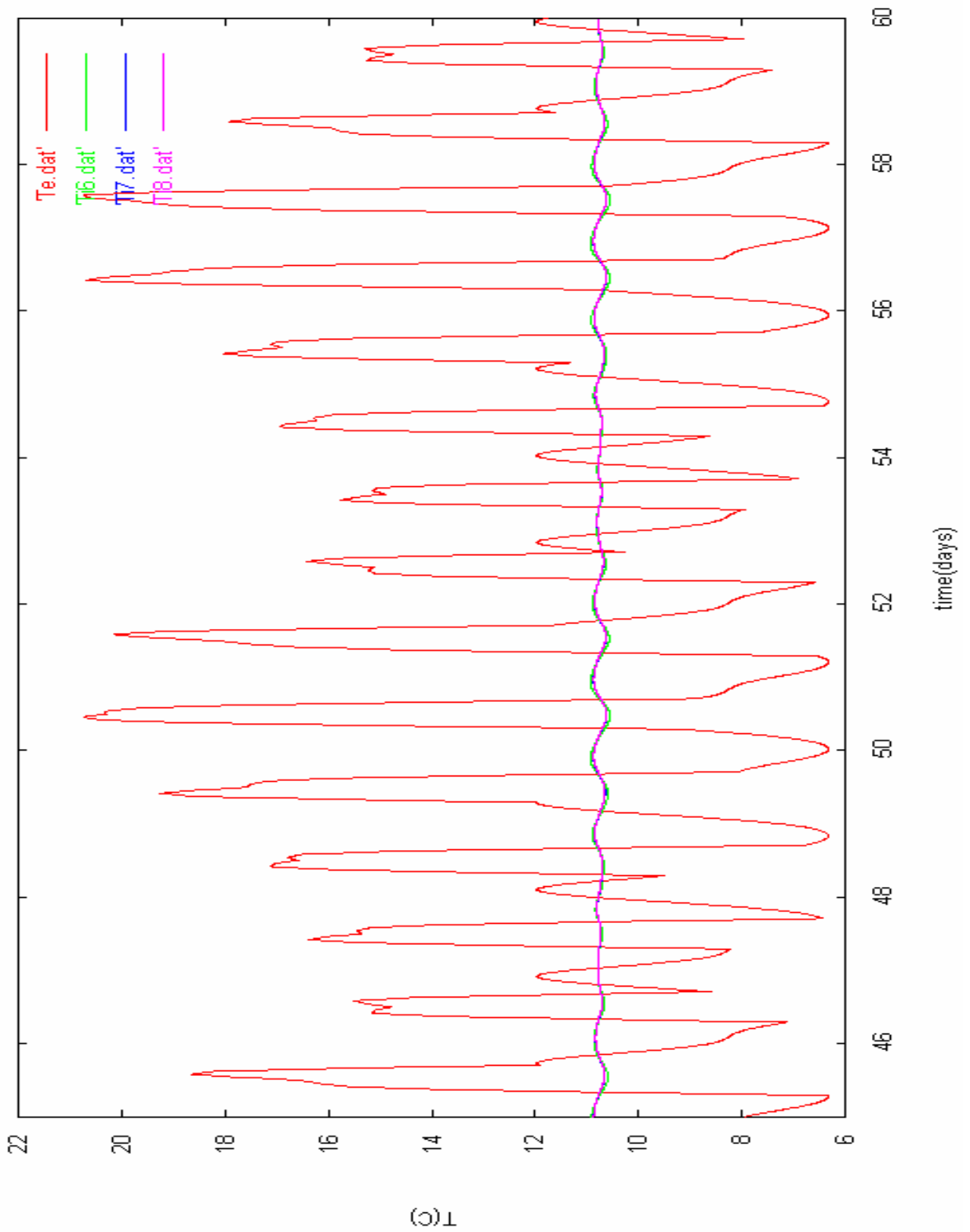
Διαγραμμα 2.8.6 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

2.8.6 Σύγκριση των διαγραμμάτων μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα των περιπτώσεων 2.6,2.7 και 2.8.



Διάγραμμα 2.8.7 Σύγκριση της μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου των περιπτώσεων 2.6,2.7,2.8

Παρατηρούμε μία ελαφρώς πιο ομαλή μετάβαση στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της θερμοχωρητικότητας λόγω της ύπαρξης της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης.



**Διάγραμμα 2.8.7 Σύγκριση της διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα δωματίου των περιπτώσεων 2.6,2.7,2.8 όταν αυτές έχουν αποκατασταθεί. (διάστημα μεταξύ 45<sup>ης</sup> και 60<sup>ης</sup> μέρας)**

## 2.9 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου αποτελούμενο από τέσσερις τοίχους στους οποίους έχουμε τοποθετήσει υαλοπίνακες πλήρως σκιασμένους με επιφάνεια  $4.5\text{ m}^2$ , οροφή, αδιαβατικά μονωμένο πάτωμα, με εσωτερικούς τοίχους συνολικού μήκους  $20\text{ m}$  και ισοδύναμη ξύλινη πλάκα επίπλωσης πάχους  $5\text{ cm}$  και συνολικής επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας ίση με  $60\text{ m}^2$ . Το δωμάτιο έχει τις διαστάσεις που έχουν δοθεί στον πίνακα 2.4.1

Για να υπολογίσουμε θερμοροές στο δωμάτιο θα λύσουμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου των τεσσάρων τοίχων, της οροφής, των εσωτερικών τοίχων και της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης των οποίων οι συστάσεις και οι ιδιότητες έχουν δοθεί στους πίνακες 2.4.2, 2.5.1, 2.7.1 και 2.8.1 αντίστοιχα.

Τέλος οι θερμοροές δι'αγωγής από τους υαλοπίνακες θα υπολογιστούν από τον τύπο:

$$q_w = U_w A_w (T_e - T_i)$$

όπου  $U_w$  ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας που στην περίπτωσή μας έχει τιμή  $4\text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $A_w$  η επιφάνεια του υαλοπίνακα και  $T_i, T_e$  η εσωτερική και η εξωτερική θερμοκρασία (ισοδύναμη ηλίου-αέρος) αντίστοιχα [5].

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής. Η εξωτερική θερμοκρασία είναι η ισοδύναμη ηλίου-αέρος ο υπολογισμός της οποίας περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.6.1 σελίδα 62.

Η εσωτερική θερμοκρασία θα υπολογιστεί από εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας στο δωμάτιο.

### 2.9.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha} \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n + [q_{p1}(t) + q_{pN}(t)] A_p + [q_{f1}(t) + q_{fN}(t)] A_f + \sum_1^4 [U_w A_w (T_e(t) - T_i(t))]$$

Το άθροισμα  $\sum_1^4 [U_w A_w (T_e(t) - T_i(t))]$  αναφέρεται στους τέσσερις προσανατο-

λισμούς όπου η  $T_e(t)$  έχει διαφορετική τιμή. Επιλέγουμε οι  $T_i(t), T_e(t)$  να αναφέρονται στη χρονική στιγμή  $j+1$ .

Διακριτοποιώντας την παραπάνω εξίσωση έχουμε:

$$\begin{aligned} \rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \sum_1^4 [U_w A_w (T_e^{j+1} - T_i^{j+1})] \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} + 4U_w A_w T_i^{j+1} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \left( \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} + 4U_w A_w \right) T_i^{j+1} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} + \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} T_i^j \Rightarrow \\ \Rightarrow T_i^{j+1} &= \frac{\sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} + \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} T_i^j}{\left( \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} + 4U_w A_w \right)} \end{aligned}$$

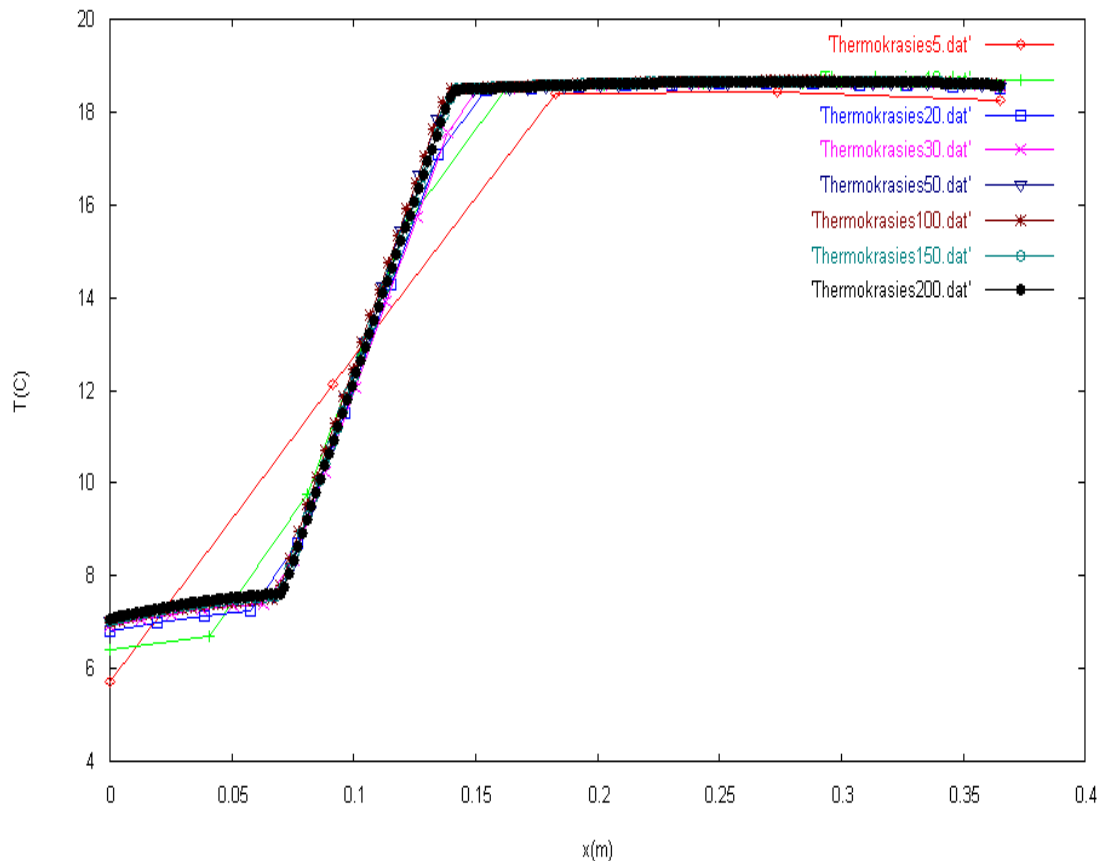
Να τονίσουμε εδώ ότι οι από τις επιφάνειες των τεσσάρων τοίχων αφαιρούνται η επιφάνειες των υαλοπινάκων.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, στους εσωτερικούς, στην οροφή, στην ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^{\circ}C$

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 2.9.

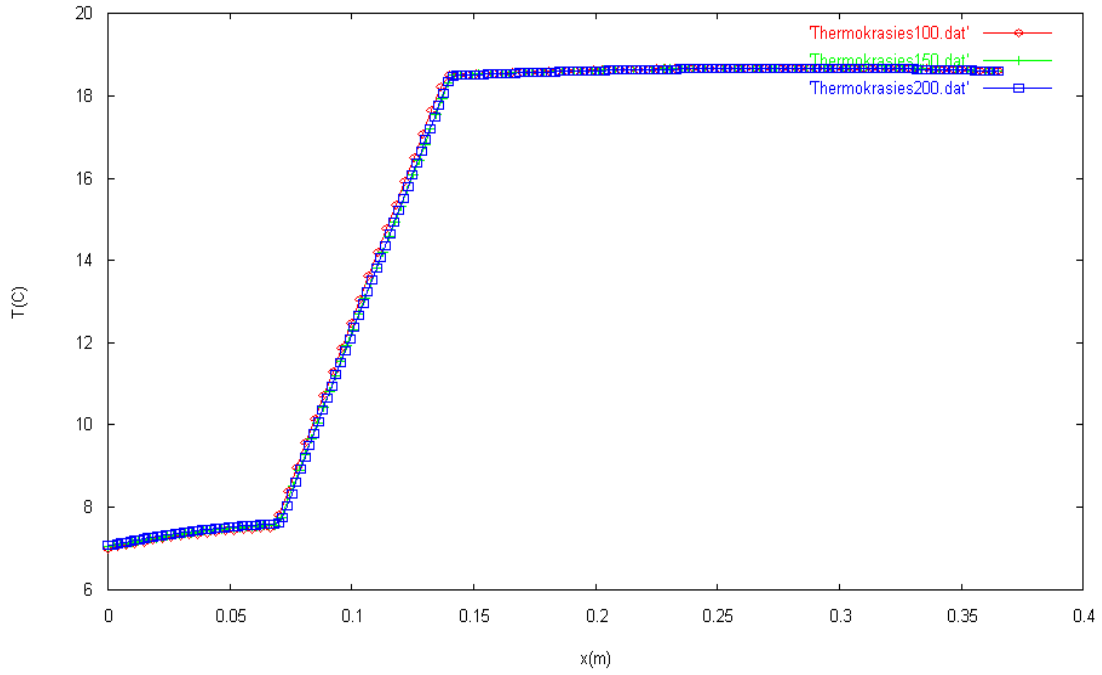
### 2.9.2 Έλεγχος ανεξαρτησίας πλέγματος

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών της οροφής για  $N=5, N=10, N=20, N=30, N=50, N=100, N=150$  και  $N=200$  όπου  $N$  ο αριθμός των κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος του τοίχου για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας. Το χρονικό βήμα είναι 5 λεπτά.



**Διαγραμμα 2.9.1 Κατανομή θερμοκρασιών**

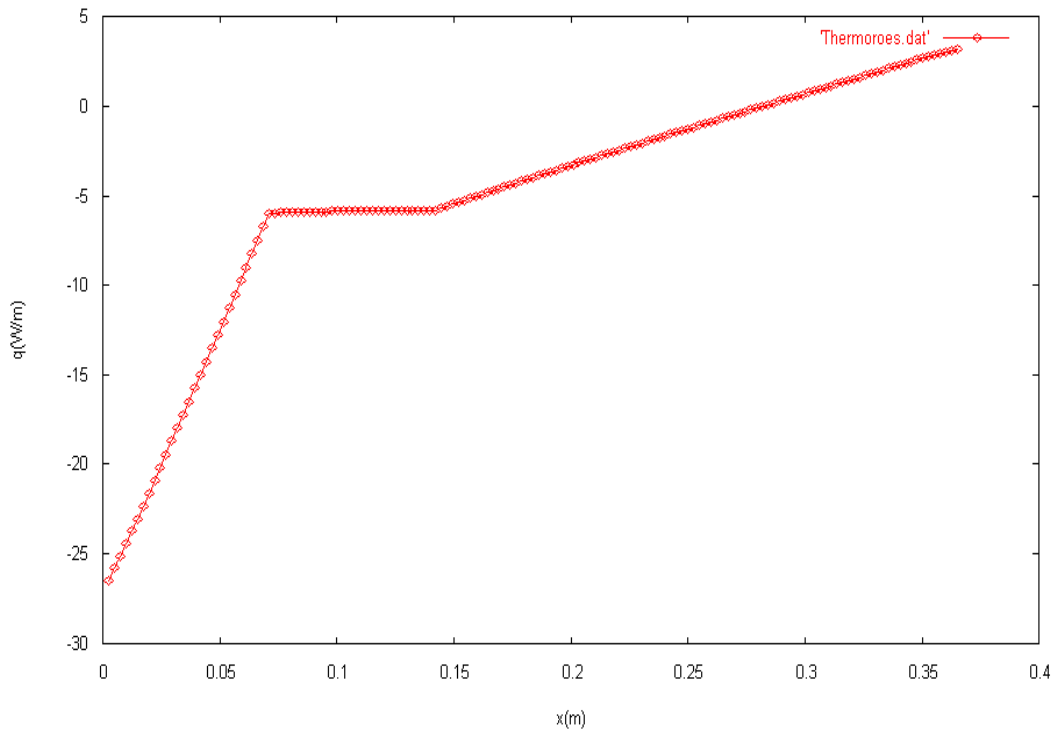
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα για  $N=100, N=150$  και  $N=200$



**Διαγραμμα 2.9.2 Κατανομή θερμοκρασιών(N=100,N=150,N=200)**

Παρατηρείται ανεξαρτησία πλέγματος για  $N=150$ .

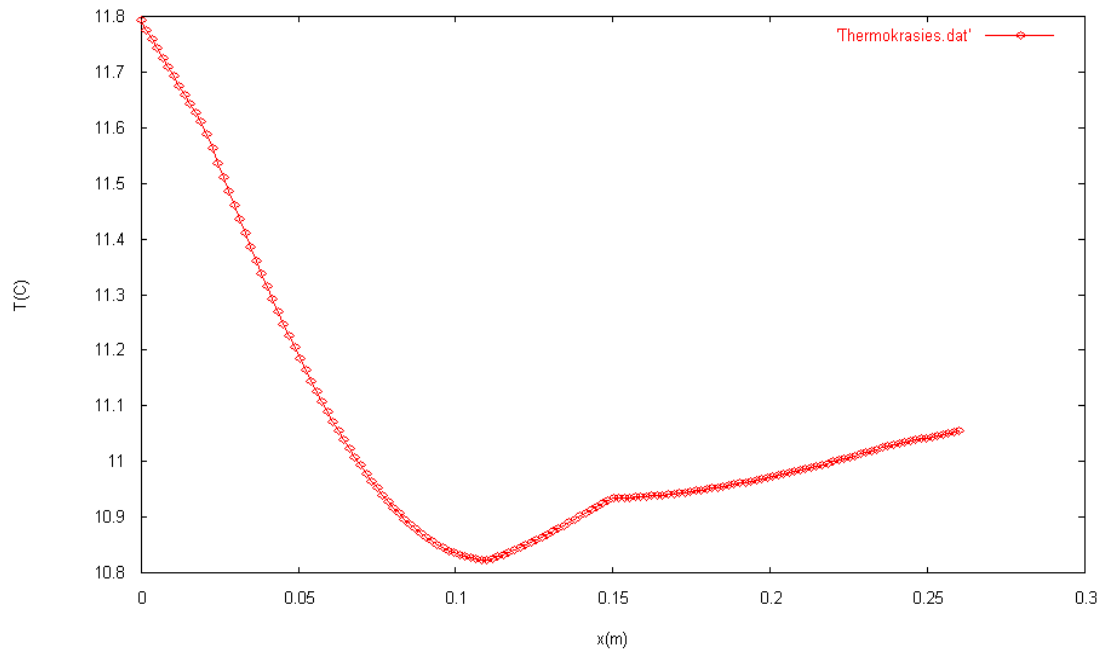
Κατανομή θερμορών οροφής για την 24<sup>η</sup> ώρα της 1<sup>ης</sup> μέρας:



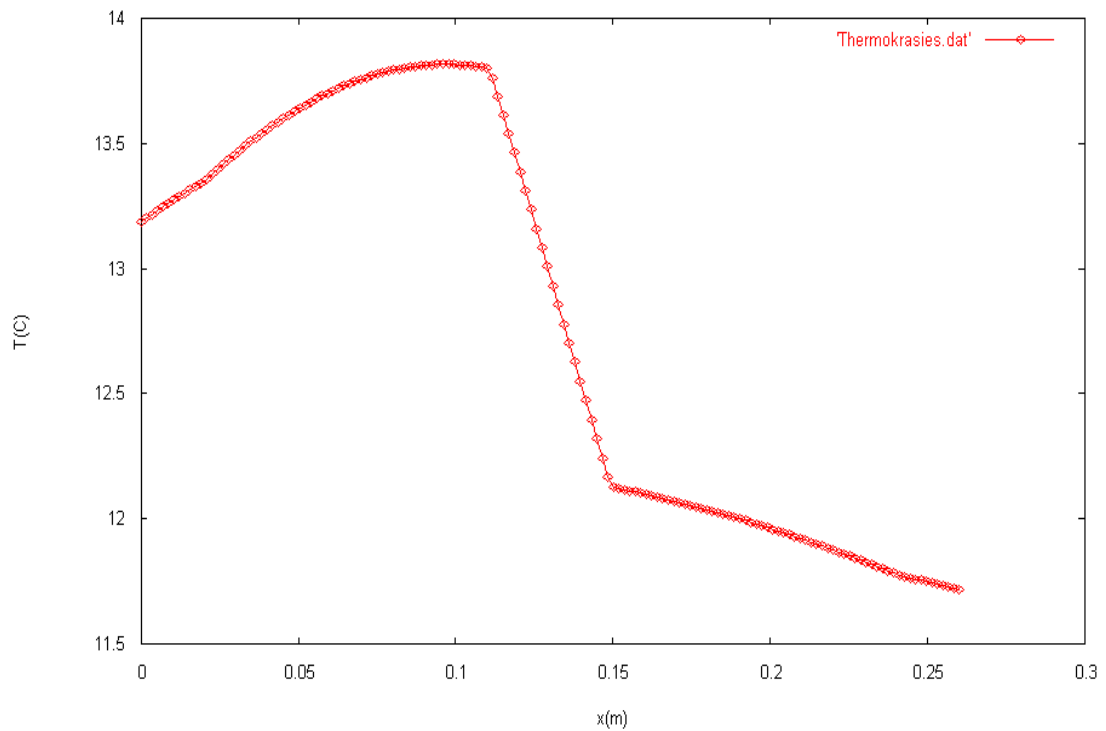
**Διαγραμμα 2.9.3 Κατανομή θερμορών για  $N=150$**



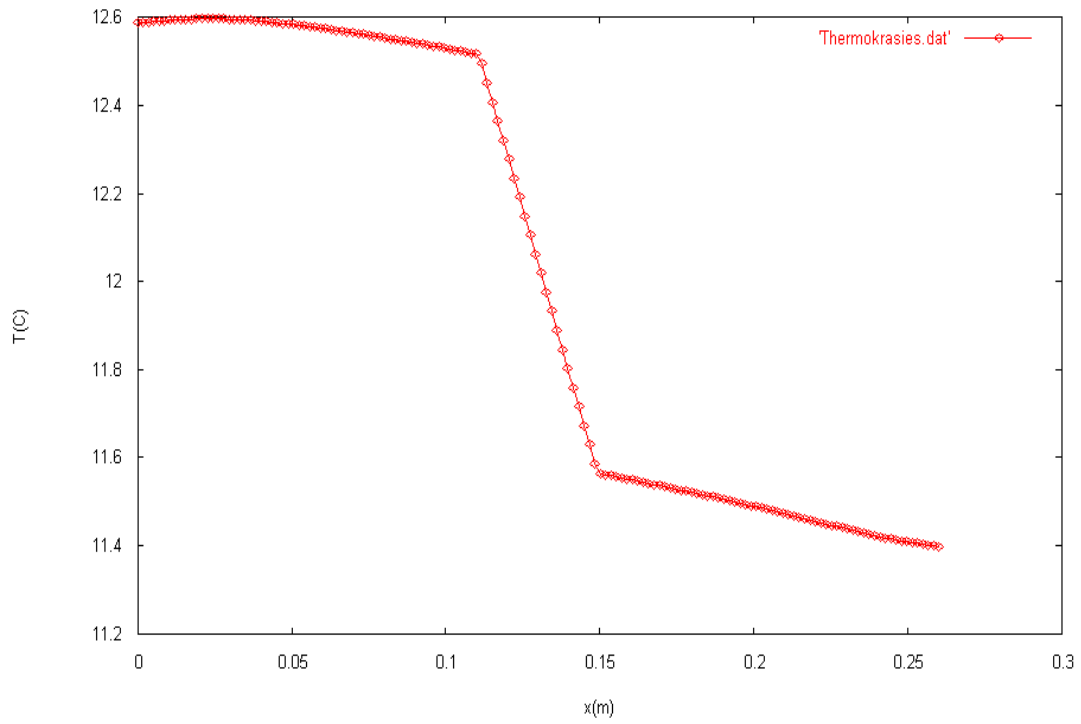
2.9.3 Διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών και θερμοροών όταν το φαινόμενο έχει γίνει μεταβατικά μόνιμο(24<sup>η</sup> ώρα 60<sup>ης</sup> μέρας).



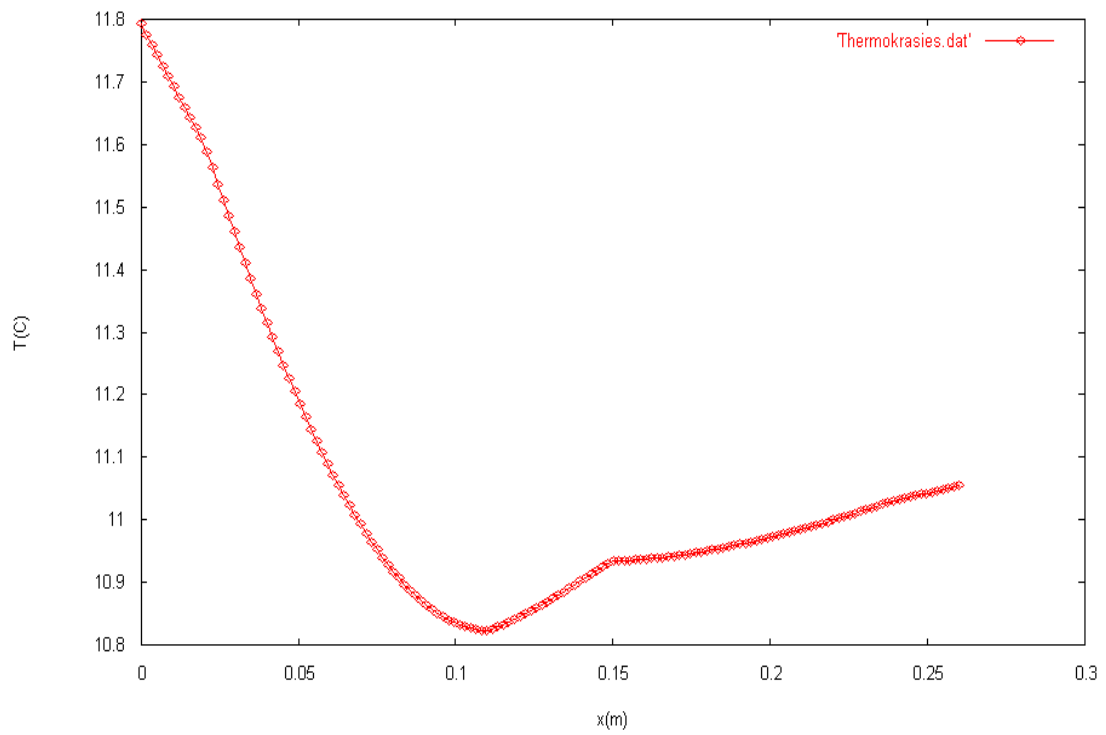
**Διαγραμμα 2.9.4 Κατανομή θερμοκρασιών βόρειου τοίχου**



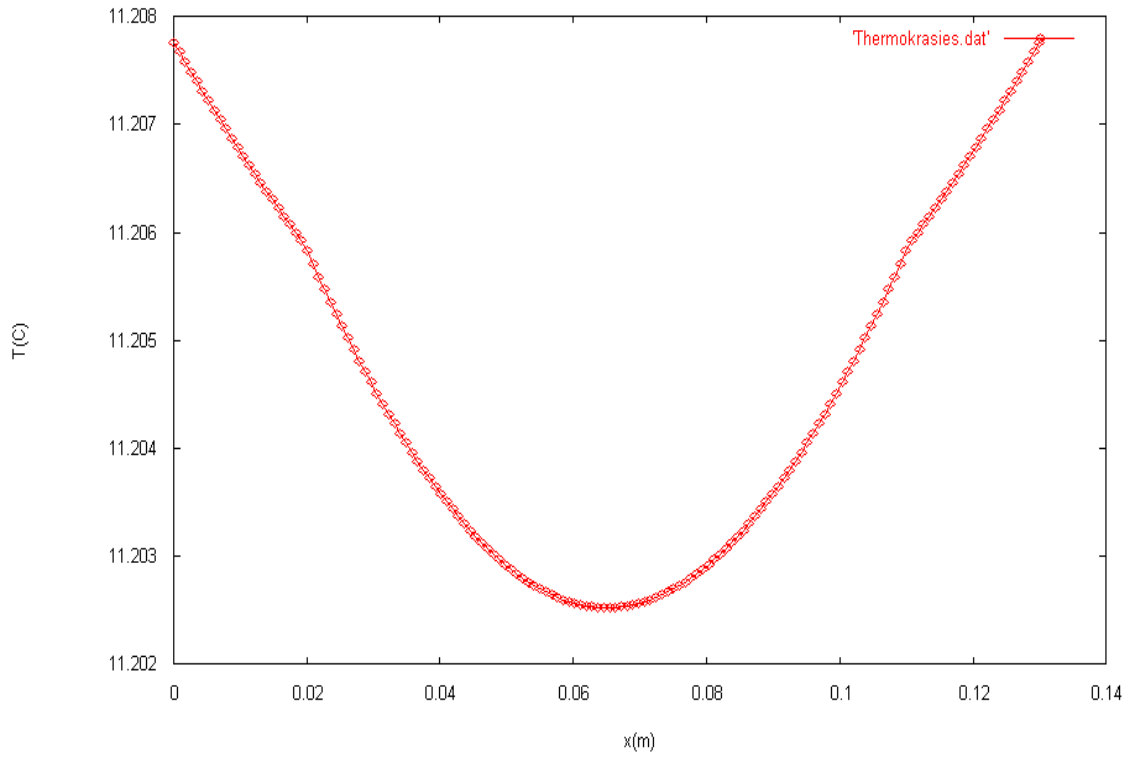
**Διαγραμμα 2.9.5 Κατανομή θερμοκρασιών νότιου τοίχου**



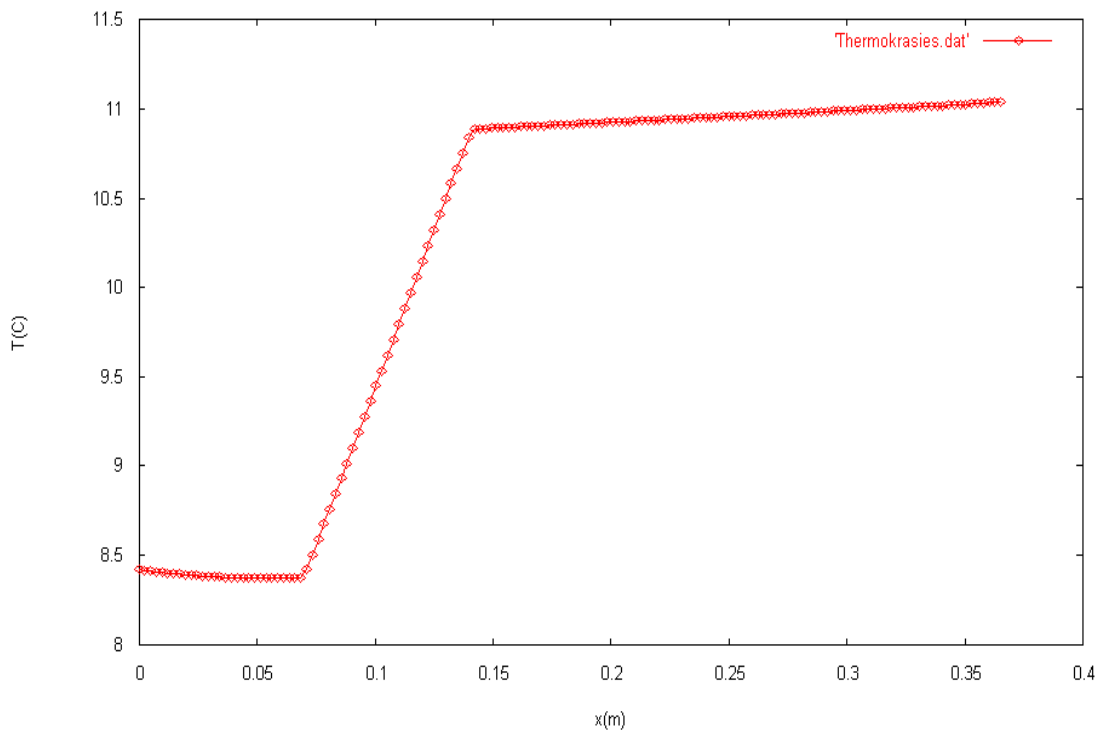
**Διαγραμμα 2.9.6 Κατανομή θερμοκρασιών ανατολικού τοίχου**



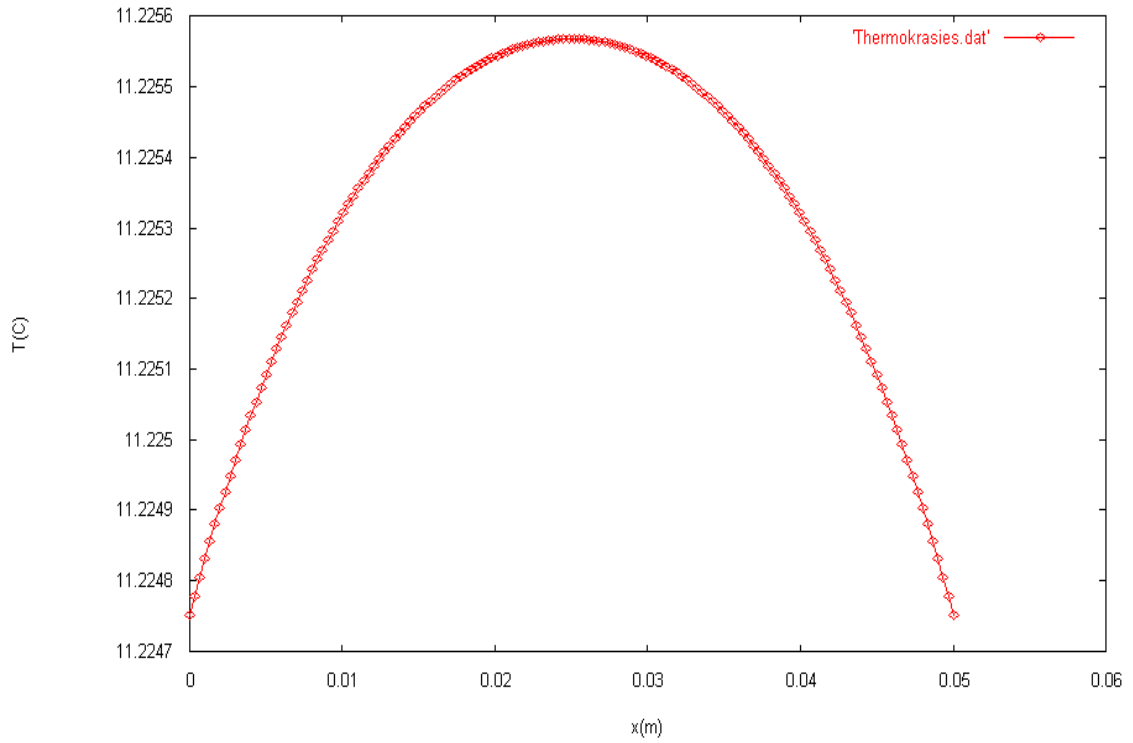
**Διαγραμμα 2.9.7 Κατανομή θερμοκρασιών δυτικού τοίχου**



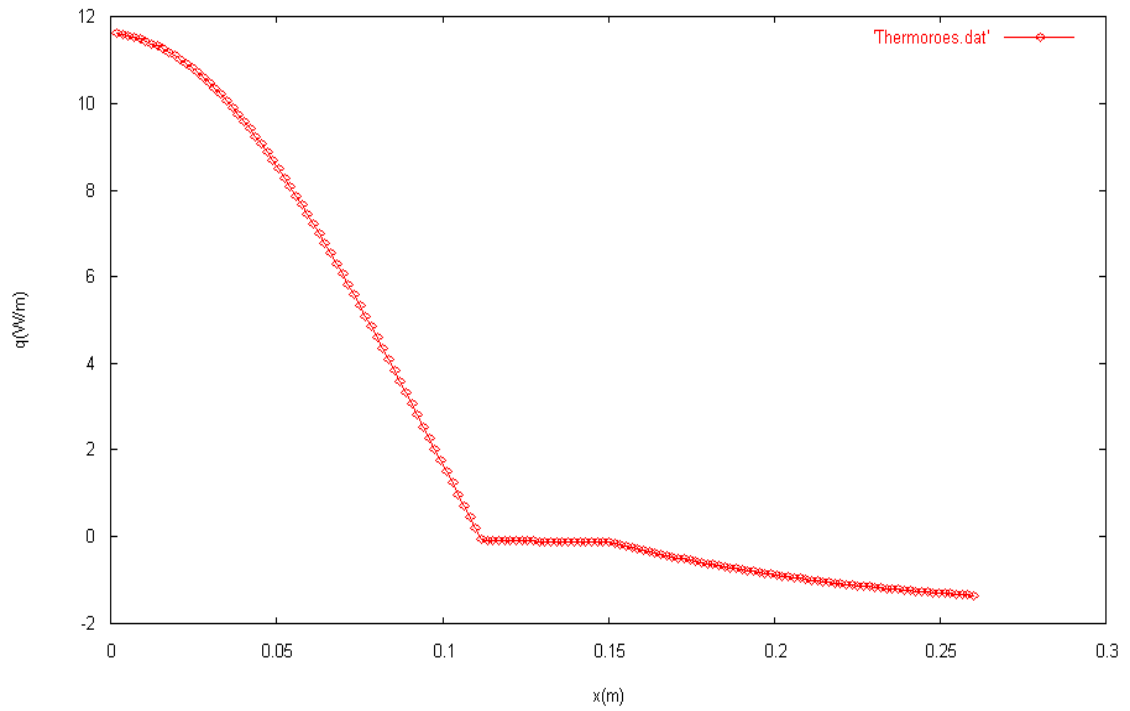
**Διαγραμμα 2.9.8 Κατανομή θερμοκρασιών εσωτερικών τοίχων**



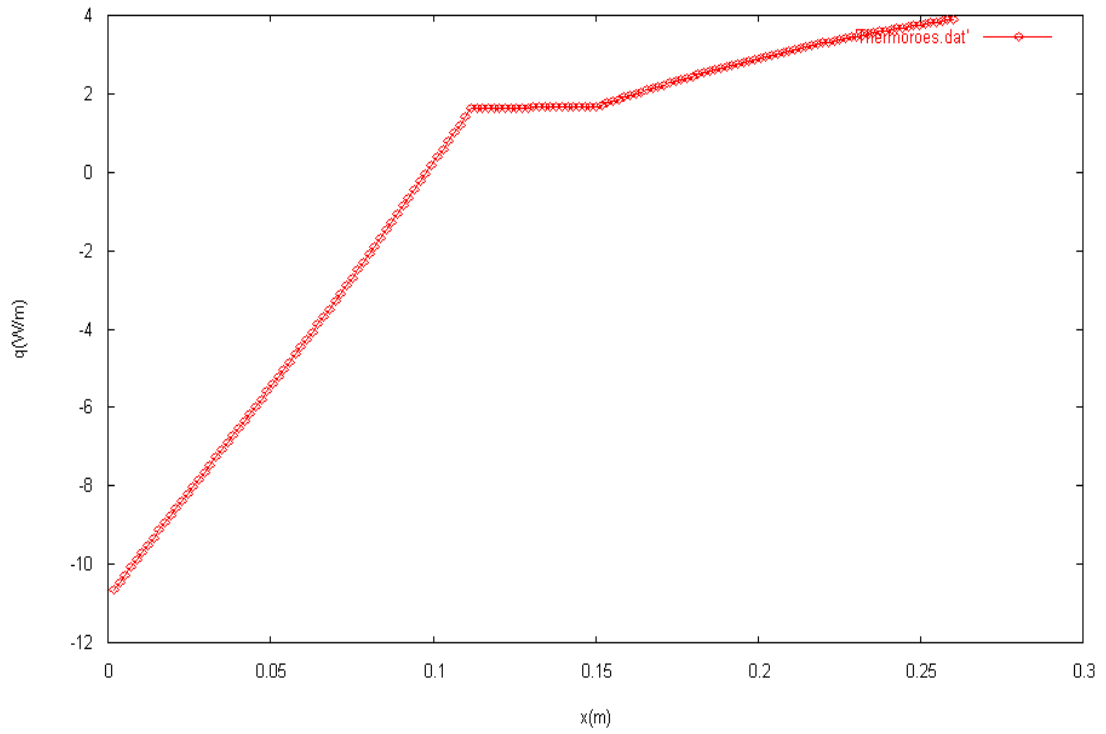
**Διαγραμμα 2.9.9 Κατανομή θερμοκρασιών οροφής**



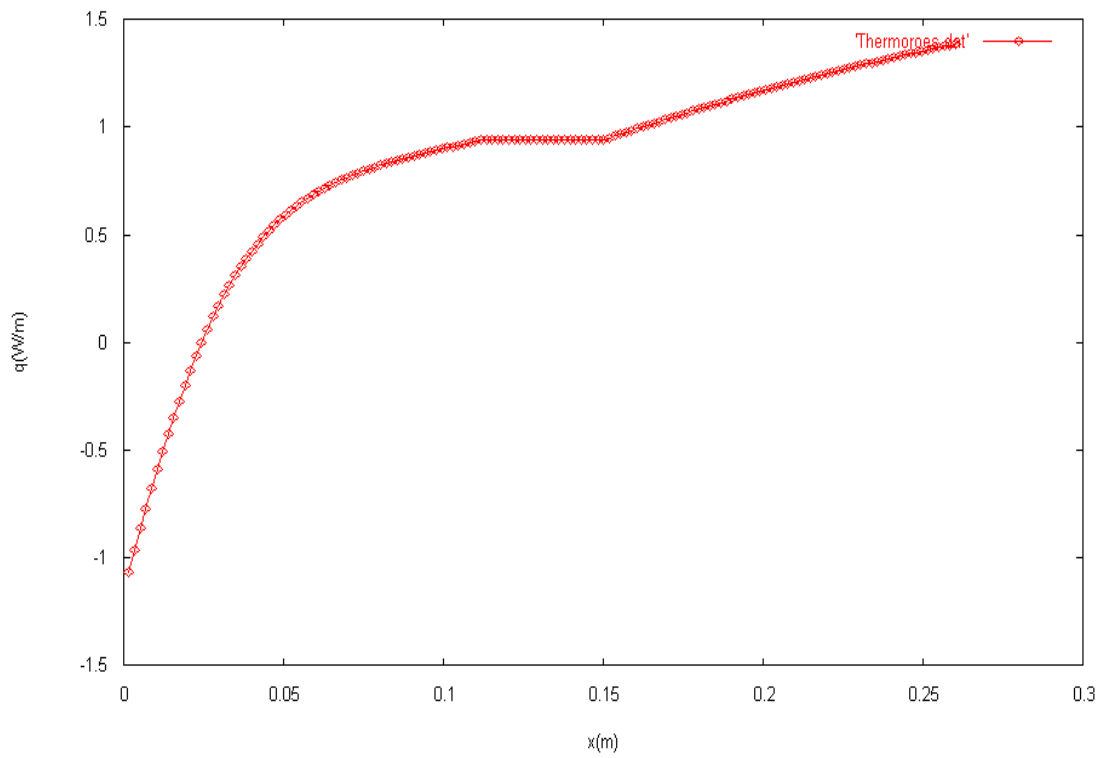
**Διαγραμμα 2.9.10 Κατανομή θερμοκρασιών ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης**



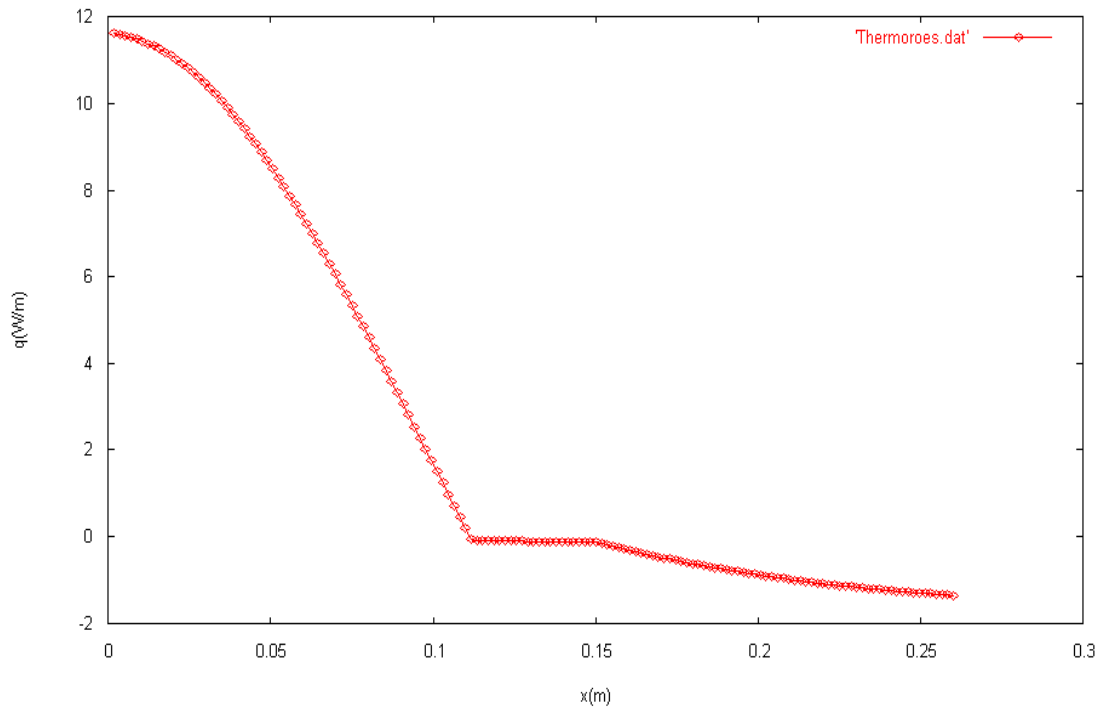
**Διαγραμμα 2.9.11 Κατανομή θερμοροών βόρειου τοίχου**



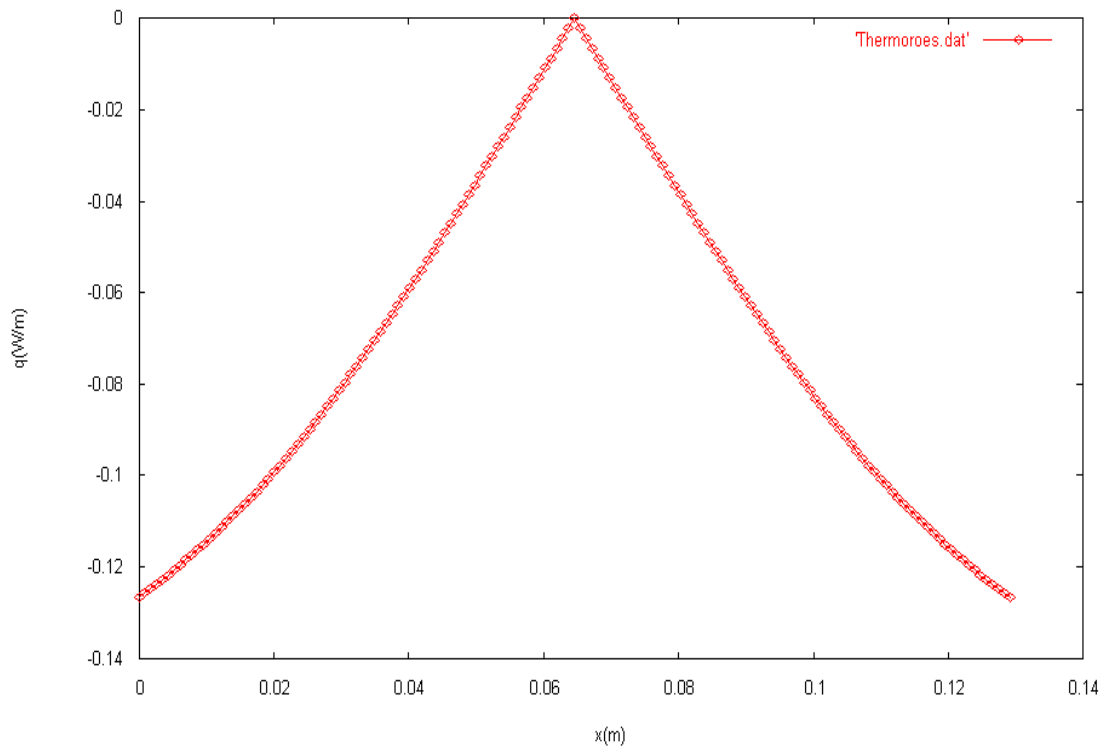
**Διαγραμμα 2.9.12 Κατανομή θερμορών νότιου τοίχου**



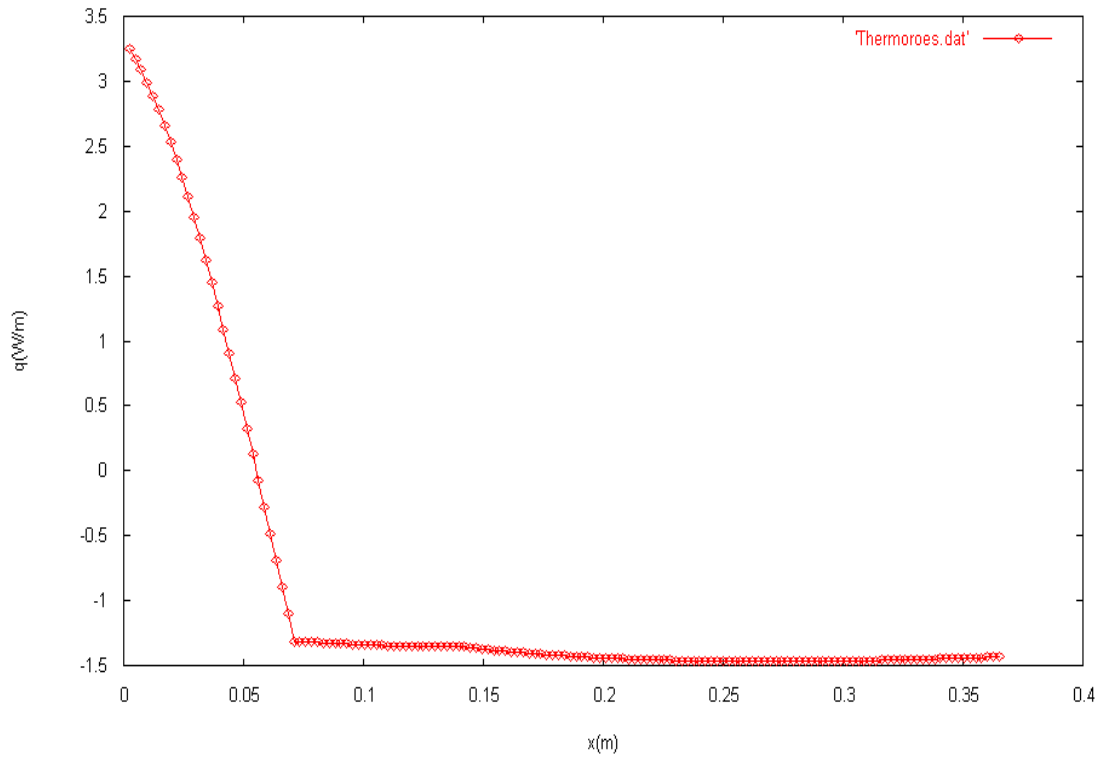
**Διαγραμμα 2.9.13 Κατανομή θερμορών ανατολικού τοίχου**



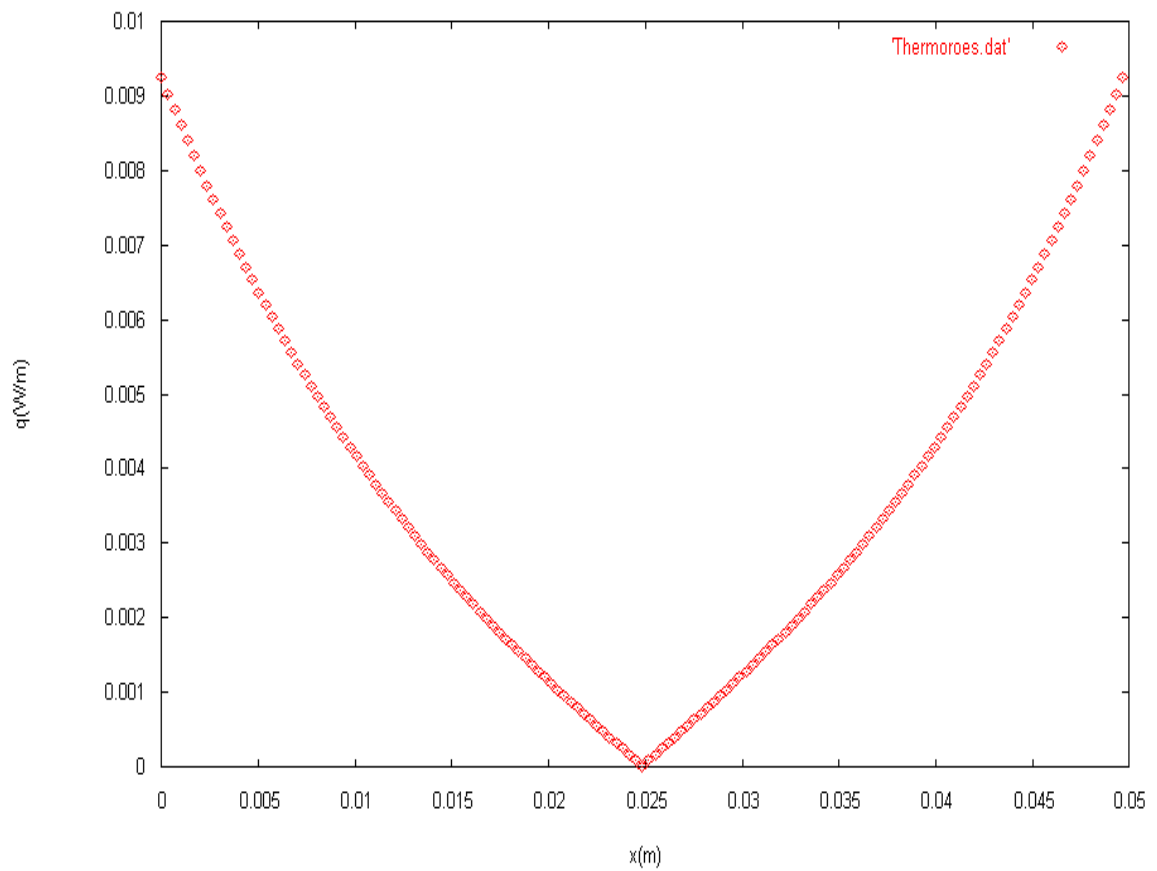
**Διαγραμμα 2.9.14 Κατανομή θερμορών δυτικού τοίχου**



**Διαγραμμα 2.9.15 Κατανομή θερμορών εσωτερικών τοίχων**



Διαγραμμα 2.9.16 Κατανομή θερμορών οροφής

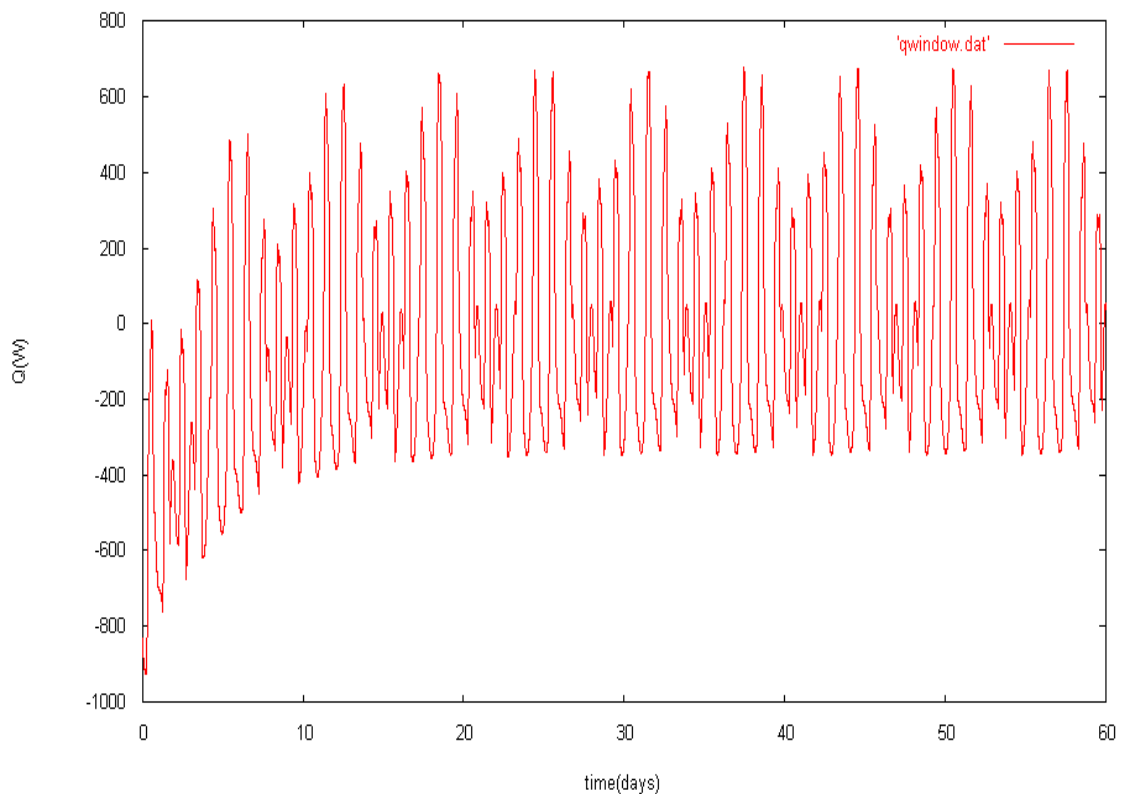


Διαγραμμα 2.9.17 Κατανομή θερμορών ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης

Συγκρίνοντας τα παραπάνω διαγράμματα με τα αντίστοιχα των περιπτώσεων 2.6,2.7 και 2.8 παρατηρούμε ότι υπάρχουν μικρές μεν αλλά όχι αμελητέες διαφορές. Αυτό οφείλεται στο ότι τα διαγράμματα αναφέρονται για τις δώδεκα η ώρα το βράδυ. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη ώρα για να τονίσουμε πόσο σημαντική είναι η επίδραση της ηλιακής ενέργειας ακόμα και όταν αυτή λαμβάνεται υπ'όψη μόνο μέσω της ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος και την επίδραση που αυτή έχει στη μεταφορά θερμότητας δι'αγωγής μέσω των υαλοπινάκων.

#### 2.9.4 Διαγραμμα εισερχόμενων από τους υαλοπίνακες θερμοροών συναρτήσεϊ των ημερών μελέτης του φαινομένου.

Επειδή σε κάθε προσανατολισμό η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος είναι διαφορετική υπολογίζουμε τις εισερχόμενες από τους υαλοπίνακες θερμοροές για κάθε χρονική στιγμή βάσει της μέσης θερμοκρασίας (παράρτημα κώδικας 2.6.3):

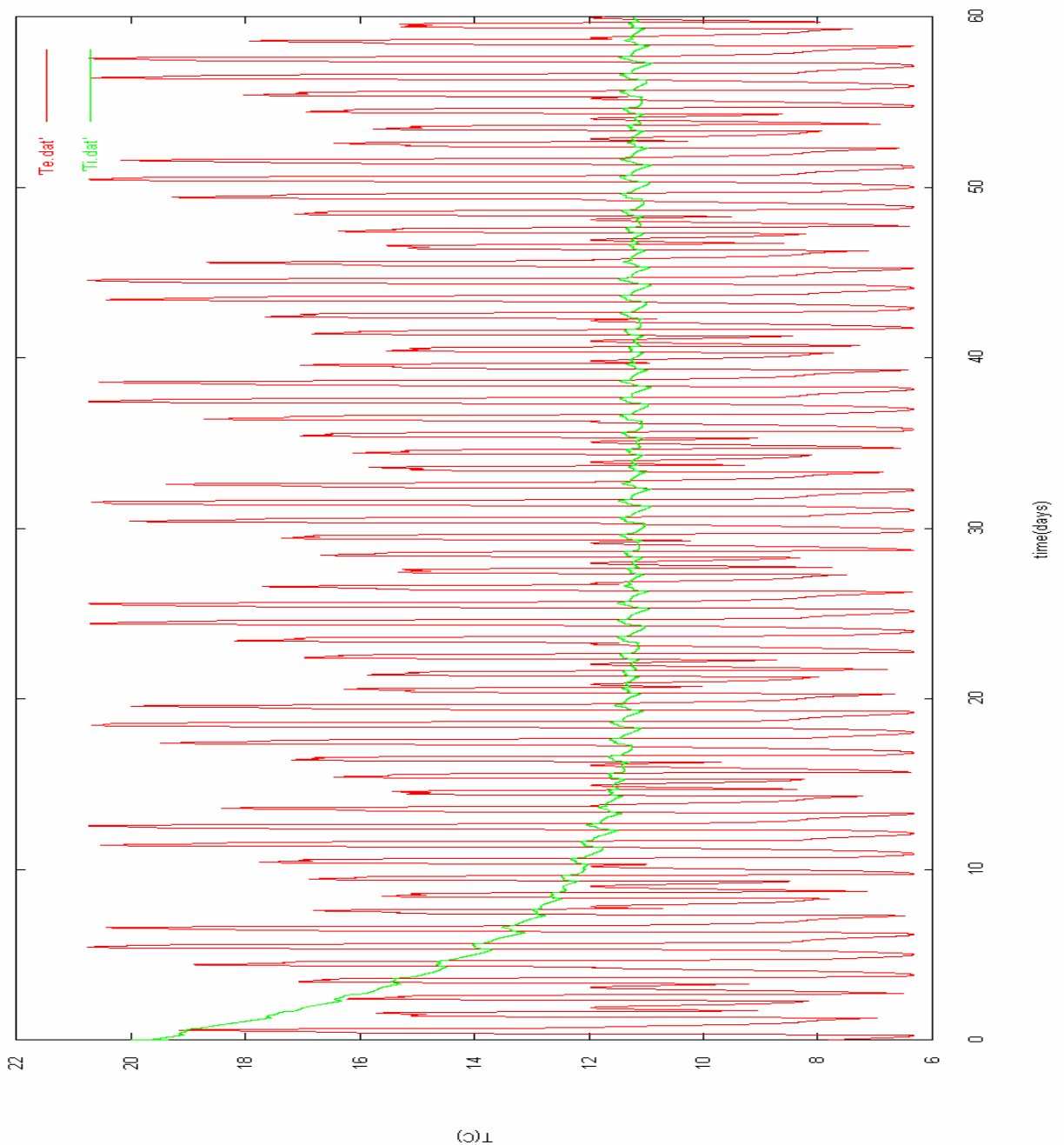


**Διαγραμμα 2.9.18 Διαγραμμα εισερχόμενων από τους υαλοπίνακες θερμοροών συναρτήσεϊ των ημερών μελέτης του φαινομένου.**

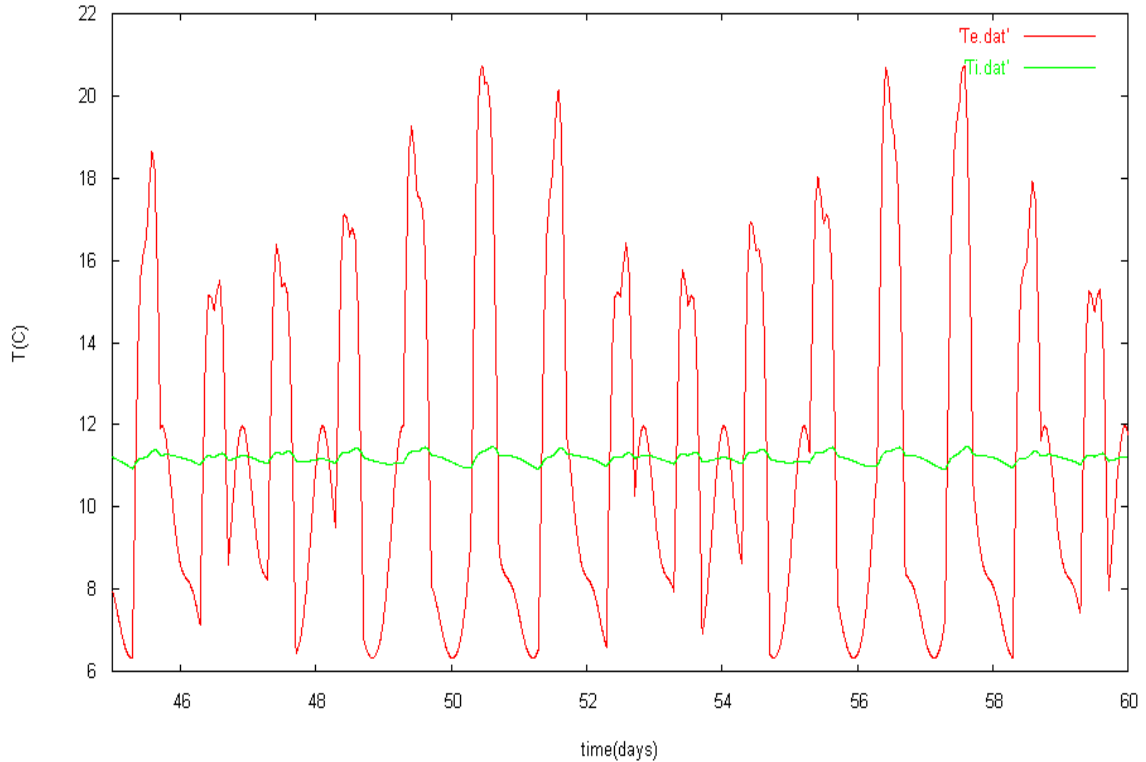


Στην αρχή οι τιμές των θερμοροών είναι αρνητικές και αυτό οφείλεται στην αρχική μας συνθήκη.Επίσης η διακύμανση είναι πολύ μεγάλη εξ'αιτίας του υψηλού συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων.

2.9.5 Διαγράμματα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος σε σχέση με τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου.



**Διαγραμμα 2.9.19** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



**Διαγραμμα 2.9.20** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου. Χρονικό διάστημα μεταξύ 45<sup>ης</sup> μέρας και 60<sup>ης</sup>

Το φαινόμενο γίνεται μεταβατικά μόνιμο σε περίπου τριάντα μέρες. Επίσης η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 11°C και 11.45°C. Το φαινόμενο αποκαθίσταται σε μεταβατικά μόνιμο πιο γρήγορα και έχει μεγαλύτερη διακύμανση απ'ότι στις προηγούμενες περιπτώσεις λόγω της ύπαρξης των υαλοπινάκων οι οποίοι είναι λιγότερο μονωμένοι από τους τοίχους και την οροφή γεγονός που οδηγεί σε αύξηση των απωλειών. Επίσης μη ξεχνάμε και ότι μειώνεται η συνολική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου που είναι ένας ακόμη λόγος που η κλίση της καμπύλης είναι πιο απότομη. Τέλος παρατηρούμε ότι μεταβάλεται και η μορφή της καμπύλης μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο υπολογισμού των θερμορών των υαλοπινάκων σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

### 3 ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου στο οποίο σταδιακά προσθέταμε παραμέτρους κάνοντας έτσι την προσομοίωση πιο ρεαλιστική. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα ερευνήσουμε διάφορες παραμέτρους κατά τον κλιματισμό του. Υπενθυμίζουμε σε αυτό το σημείο όλα τα χαρακτηριστικά του.

Το κτίριο αποτελείται από τέσσερις τοίχους στους οποίους έχουμε τοποθετήσει υαλοπίνακες πλήρως σκιασμένους με επιφάνεια  $4.5 m^2$ , οροφή, αδιαβατικά μονωμένο πάτωμα, με εσωτερικούς τοίχους συνολικού μήκους  $20 m$  και ισοδύναμη ξύλινη πλάκα επίπλωσης πάχους  $5 cm$  και συνολικής επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας ίση με  $60 m^2$ .

Το κτίριο έχει διαστάσεις:

Πίνακας 3.1

Μήκος	10 m
Πλάτος	10 m
Ύψος	3 m

Οι συστάσεις και οι ιδιότητες του κάθε στοιχείου του κτιρίου δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Σύσταση τοίχων

Πίνακας 3.2

Στρώματα	Πάχος (m)	Πυκνότητα ( $kg / m^3$ )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( $J / kgK$ )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $W / mK$ )
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Μόνωση	0.040	32	840	0.038
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200

Σύσταση οροφής

Πίνακας 3.3

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκνότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / mK</i> )
Σκυρόδεμα με χαλίκι	0.070	2300	880	2.200
Στεγανωτικό	0.010	32	840	0.038
Μόνωση	0.060	32	840	0.038
Σκυρόδεμα	0.070	2300	880	2.200
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.140	2300	880	2.200
Σοβάς	0.015	1860	835	1.200

Σύσταση εσωτερικών τοίχων

Πίνακας 3.4

Στρώματα	Πάχος ( <i>m</i> )	Πυκνότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / mK</i> )
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200
Τούβλο	0.090	1920	840	0.720
Σοβάς	0.020	1860	835	1.200

Στοιχεία ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης

Πίνακας 3.5

Πυκνότητα ( <i>kg / m<sup>3</sup></i> )	Ειδική θερμοχωρητικότητα ( <i>J / kgK</i> )	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( <i>W / mK</i> )
592	699	0.116

Τέλος οι υαλοπίνακες έχουν ολικό συντελεστής θερμοπερατότητας ίσο με  $4 W / m^2 k$

### 3.1 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ

Για να υπολογίσουμε θερμοροές στο δωμάτιο θα λύσουμε τη μεταβατική μονοδιάστατη μεταφορά θερμότητας διαμέσου των τεσσάρων τοίχων, της οροφής, των εσωτερικών τοίχων και της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης.

Οι θερμοροές δι'αγωγής από τους υαλοπίνακες θα υπολογιστούν από τον τύπο:

$$q_w = U_w A_w (T_e - T_i)$$

όπου  $U_w$  ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας που στην περίπτωση μας έχει τιμή  $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $A_w$  η επιφάνεια του υαλοπίνακα και  $T_i, T_e$  η εσωτερική και η εξωτερική θερμοκρασία (ισοδύναμη ηλίου-αέρος) αντίστοιχα [5].

Κατά τα γνωστά εφαρμόζουμε τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων (έμμεση διατύπωση) με οριακές συνθήκες συναγωγής. Η εξωτερική θερμοκρασία είναι η ισοδύναμη ηλίου-αέρος ο υπολογισμός της οποίας περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.6.1 στη σελίδα 96. Η τιμή της επιθυμητής εσωτερικής θερμοκρασίας θα δοθεί από το χρήστη. Η απαιτούμενη ισχύς από την κλιματιστική συσκευή θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$P_{\text{κλιματιστικής}} = U_{\text{total}} A_{\text{total}} (T_i - T_{\text{avg}}) \quad (3.1.1)$$

όπου  $U_{\text{total}}$  ο μέσος ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους ο υπολογισμός του οποίου θα περιγραφεί παρακάτω,  $A_{\text{total}}$  η συνολική επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας της εξωτερικής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους,  $T_i$  η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία αέρα και  $T_{\text{avg}}$  ο μέσος όρος των τιμών της εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, στους εσωτερικούς, στην οροφή, στην ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^{\circ}C$ .

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου. Ο κώδικας επίλυσης δίνεται στο παράρτημα κεφάλαιο 3.

Η πραγματική τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα θα υπολογιστεί από εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας στο δωμάτιο.

### 3.1.1 Μαθηματική διατύπωση και διακριτοποίηση εσωτερικού ισολογισμού θερμικής ενέργειας

Η εξίσωση του ισολογισμού δίνεται παρακάτω:

$$\rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = \sum_1^n q_{i,n}(t) A_n + [q_{p1}(t) + q_{pN}(t)] A_p + [q_{f1}(t) + q_{fN}(t)] A_f + \sum_1^4 [U_w A_w (T_e(t) - T_i(t) + P_{\text{κλιματιστικής}})]$$

Διακριτοποιώντας την παραπάνω εξίσωση έχουμε:

$$\begin{aligned} \rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \\ &\sum_1^4 [U_w A_w (T_e^{j+1} - T_i^{j+1})] + P_{\text{κλιματιστικής}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho_{\alpha} \nu_{\alpha} c_{\alpha} \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} + 4U_w A_w T_i^{j+1} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f \\ + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} + P_{\text{κλιματιστικής}} &\Rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \left( \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} + 4U_w A_w \right) T_i^{j+1} &= \sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f \\ + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} + \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} T_i^j + P_{\text{κλιματιστικής}} &\Rightarrow \\ \Rightarrow T_i^{j+1} &= \frac{\sum_1^n q_{i,n}^{j+1} A_n + [q_{p1}^{j+1} + q_{pN}^{j+1}] A_p + [q_{f1}^{j+1} + q_{fN}^{j+1}] A_f + \sum_1^4 U_w A_w T_e^{j+1} + \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} T_i^j + P_{\text{κλιματιστικής}}}{\left( \frac{\rho_{\alpha} V_{\alpha} c_{\alpha}}{\Delta t} + 4U_w A_w \right)} \end{aligned}$$

### 3.1.2 Υπολογισμός του μέσου ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας κτιριακού κελύφους

Το κτιριακό κέλυφος αποτελείται από τέσσερις πολυστρωματικούς τοίχους συνολικής επιφάνειας  $102m^2$ , οροφή η οποία είναι και αυτή πολυστρωματική συνολικής επιφάνειας  $100m^2$  και τέσσερις υαλοπίνακες  $4.5m^2$  ο καθένας.

Ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας θα υπολογιστεί από τον προσεγγιστικό τύπο:

$$U_{total} = \frac{4A_{wall}U_{wall} + U_{roof} + 4A_{window}U_{window}}{A_{total}}$$

όπου  $A_{wall}$ ,  $A_{roof}$ ,  $A_{window}$  οι επιφάνειες τοίχου, οροφής υαλοπινάκων αντίστοιχα,  $A_{total}$  η συνολική του κελύφους και  $U_{wall}$ ,  $U_{roof}$ ,  $U_{window}$  οι συντελεστές θερμοπερατότητας τοίχου, οροφής υαλοπινάκων αντίστοιχα.

Οι θερμοπερατότητες τοίχου και οροφής υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{k_i} + \frac{1}{h_i}}$$

όπου  $h_o$  ο συντελεστής συναγωγής μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του ατμοσφαιρικού αέρα που έχει τιμή  $16W/m^2K$ ,  $h_i$  ο συντελεστής

συναγωγής μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου και αέρα δωματίου που έχει τιμή  $8W / m^2 K$ ,  $l_i$  το πάχος του κάθε στοιχείου από τα οποία αποτελούνται ο τοίχος και η οροφή αντίστοιχα και  $k_i$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του κάθε στοιχείου από τα οποία αποτελούνται ο τοίχος και η οροφή αντίστοιχα[4].

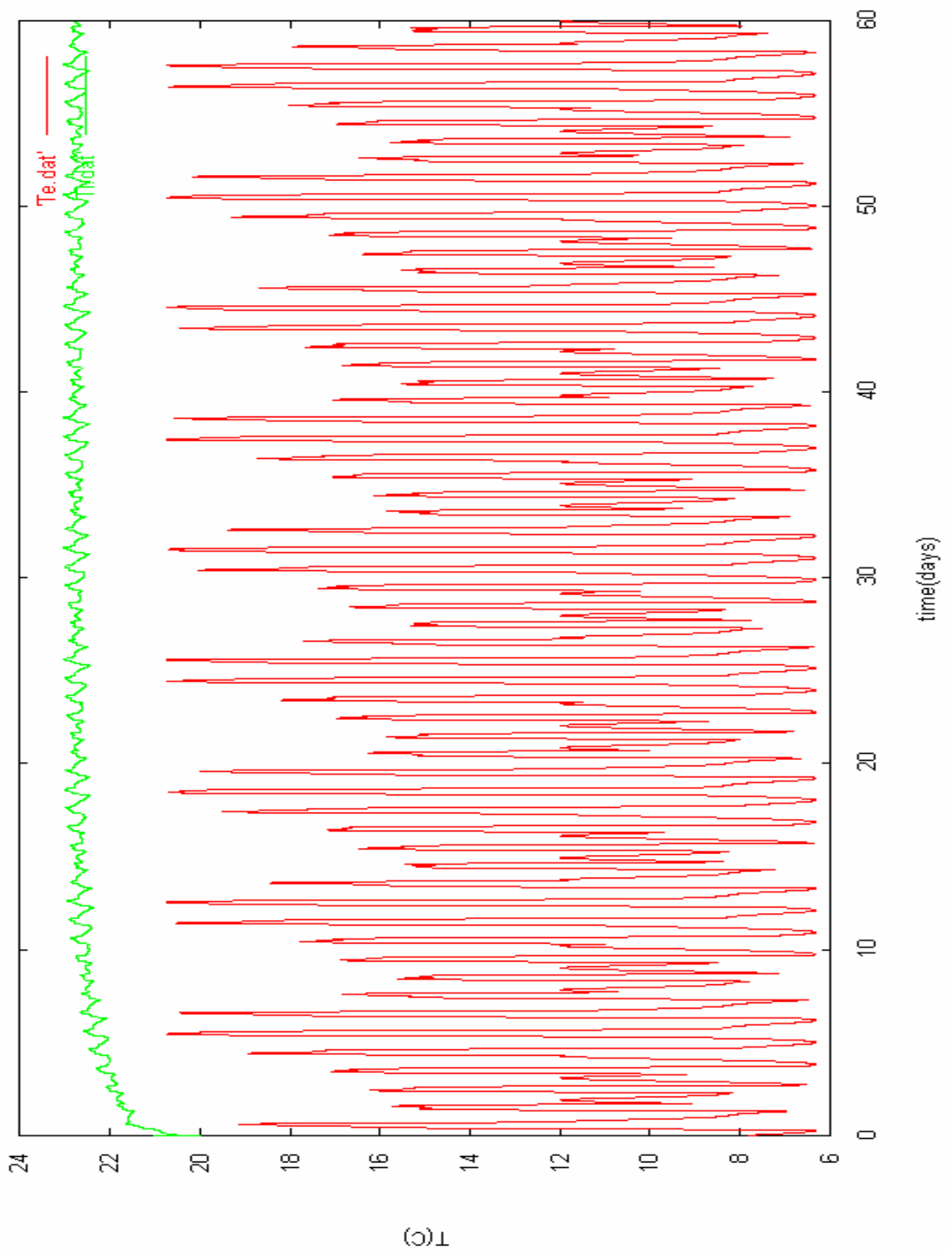
Μετά από πράξεις  $U_{total} = 0.841W / m^2 K$

### 3.1.3 Διαγράμματα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

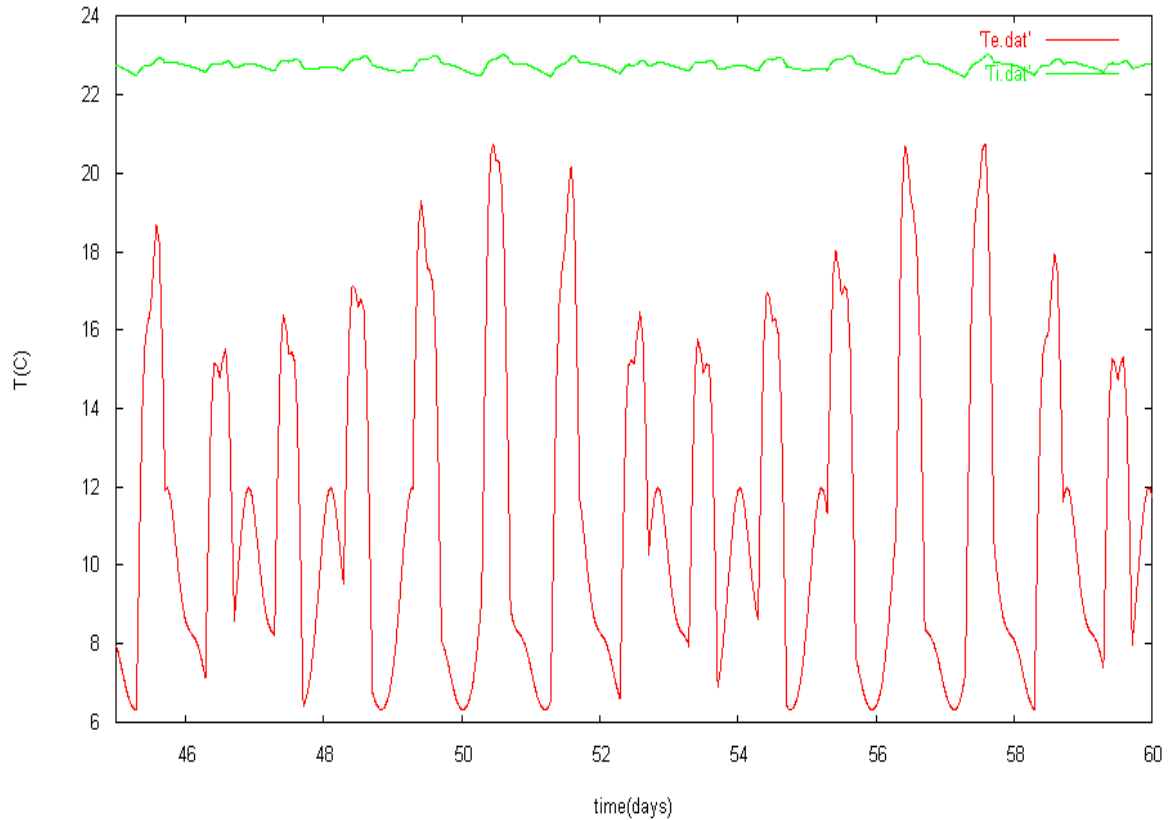
Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία αέρα δωματίου είναι  $23^{\circ}C$  κάτι που απαιτεί σύμφωνα με τη σχέση (3.1.1) κλιματιστική συσκευή ισχύος  $2153.37 W$

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα μεταβολής της μέσης ισοδύναμης εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος σε σχέση με τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου.





**Διαγραμμα 3.1.1** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



**Διαγραμμα 3.1.2** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου Χρονικό διάστημα μεταξύ 45<sup>ης</sup> μέρας και 60<sup>ης</sup>

Το φαινόμενο γίνεται μεταβατικά μόνιμο σε περίπου δεκαπέντε μέρες. Επίσης παρατηρούμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 22.5°C και 23.1°C δηλαδή η ισχύς της κλιματιστικής συσκευής που υπολογίσαμε από τη σχέση (3.1.1) επαρκεί.

### 3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΧΩΡΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΕΙ ΠΟΛΥ ΚΑΙΡΟ

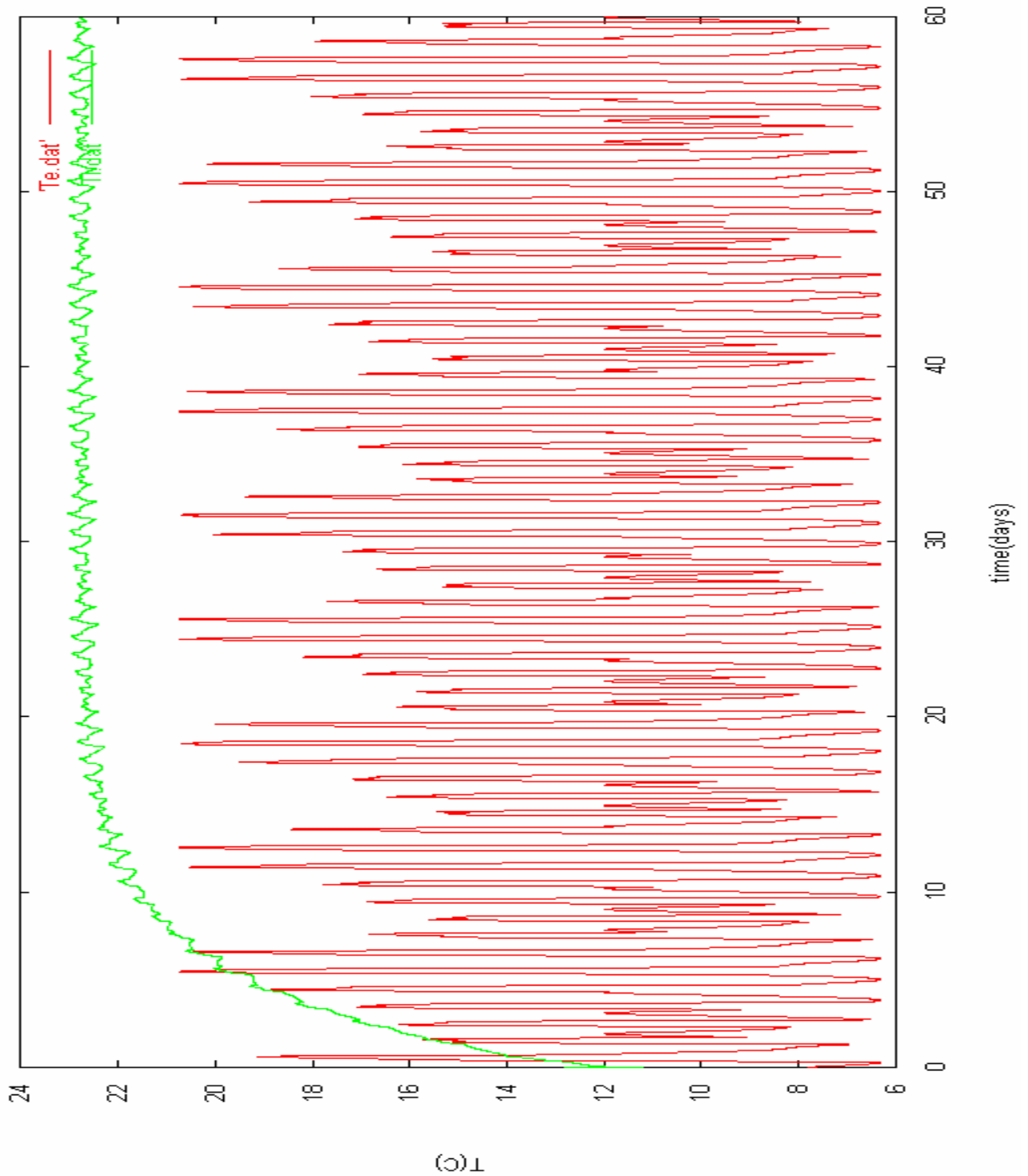
Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε σε πόσες μέρες ο αέρας εσωτερικού χώρου θα πάρει την τιμή που έχει δοθεί από το χρήστη (εδώ  $23^{\circ}\text{C}$ ) σε κτίριο που έχει να κλιματιστεί πολύ καιρό.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, στους εσωτερικούς, στην οροφή, στην ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου έχουν την τιμή περίπτωσης 2.9 για την  $24^{\text{η}}$  ώρα της  $60^{\text{ης}}$  μέρας.

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου.

Ο αλγόριθμος επίλυσης είναι ίδιος με την περίπτωση 3.1 με τη μόνη διαφορά ότι στην αρχική συνθήκη οι κατανομές θερμοκρασιών διαβάζονται από αρχεία τα οποία λαμβάνονται από την περίπτωση 2.9.

3.2.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



Διαγραμμα 3.2.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

Παρατηρούμε ότι το φαινόμενο αποκαθίσταται μετά από περίπου 20 μέρες.

### 3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

Σε αυτήν την περίπτωση ελέγχουμε το διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα δωματίου σε σχέση με την εξωτερική, με παράμετρο την ισχύ της κλιματιστικής συσκευής.

Η ισχύς της κλιματιστικής συσκευής θα πάρει τιμές  $500\text{ W}$ ,  $1000\text{ W}$ ,  $1500\text{ W}$ ,  $2000\text{ W}$ ,  $2500\text{ W}$ .

Μπορούμε να προβλέψουμε τη μέση τιμή της θερμοκρασίας που θα πάρει ο εσωτερικός αέρας δωματίου για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$P_{\text{κλιματιστικής}} = U_{\text{total}} A_{\text{total}} (T_i - T_{\text{eavg}})$$

όπου  $U_{\text{total}}$  ο μέσος ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους που έχει τιμή  $0.841\text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $A_{\text{total}}$  η συνολική επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας της εξωτερικής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους ( $220\text{ m}^2$ ),  $T_i$  η εσωτερική θερμοκρασία αέρα και  $T_{\text{eavg}}$  ο μέσος όρος των τιμών της εξωτερικής θερμοκρασίας ηλίου-αέρος που για το μήνα Ιανουάριο έχει τιμή  $11.36^\circ\text{C}$ .

Λύνοντας ως προς  $T_i$ :

$$T_i = \frac{P_{\text{κλιματιστικής}} + U_{\text{total}} A_{\text{total}} T_{\text{eavg}}}{U_{\text{total}} A_{\text{total}}}$$

Οι θερμοκρασίες που αναμένουμε δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.3.1

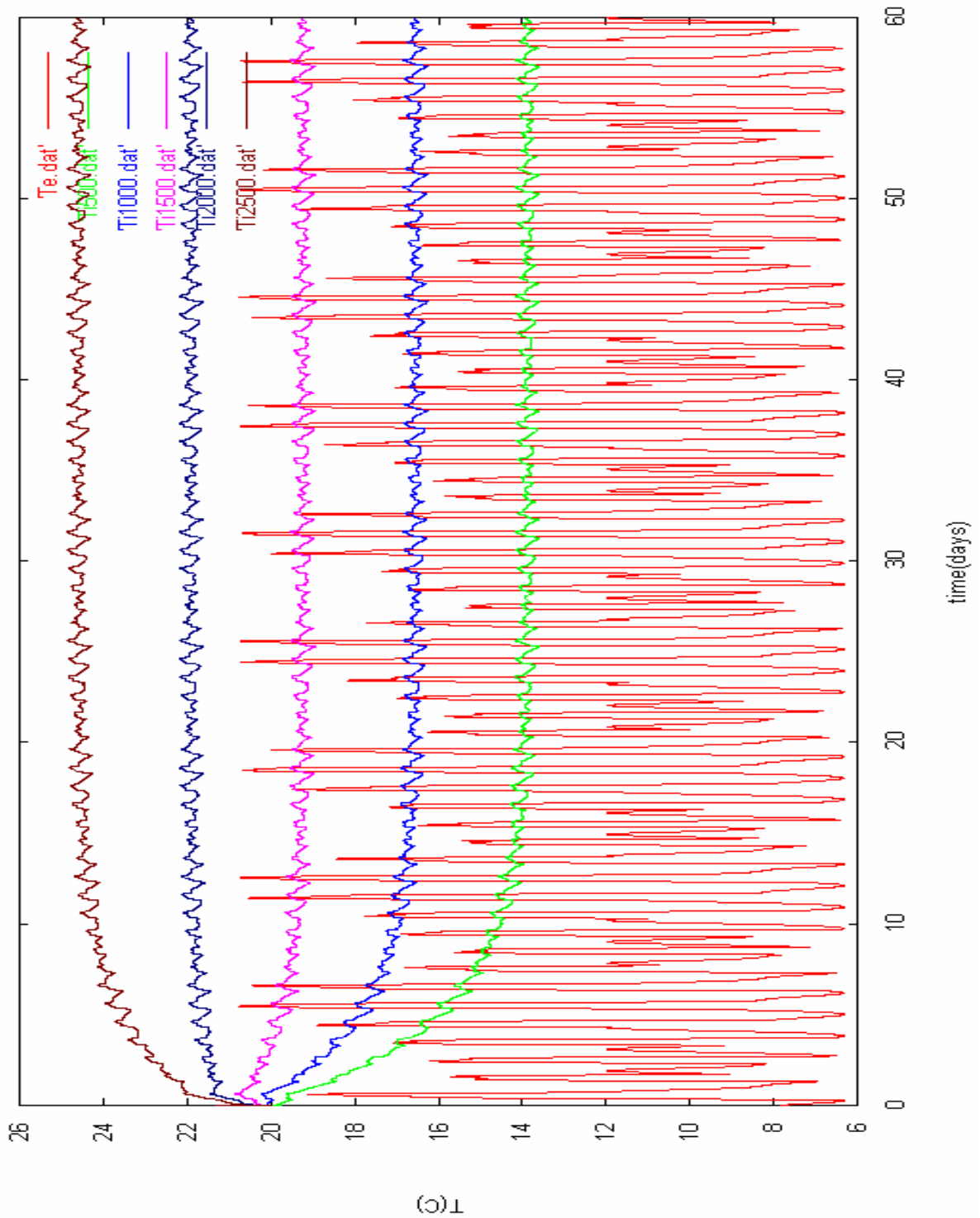
Ισχύς κλιματιστικής συσκευής( $W$ )	Θερμοκρασία αέρα( $^{\circ}C$ )
500	14.06
1000	16.77
1500	19.47
2000	22.17
2500	24.87

Ο κώδικας επίλυσης είναι ίδιος με αυτόν της περίπτωσης 3.1 με τη μόνη διαφορά ότι ο χρήστης δίνει απ'ευθείας την ισχύ και όχι την επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου.

Στην αρχή του φαινομένου η κατανομή θερμοκρασιών στους τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, στους εσωτερικούς, στην οροφή, στην ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης όπως επίσης και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα δωματίου είναι  $T(0,i)=20^{\circ}C$ .

Το φαινόμενο μελετάται για 60 ημέρες. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το φαινόμενο θα αποκατασταθεί και θα γίνει μεταβατικά μόνιμο δηλαδή οι κατανομές θερμοκρασιών και θερμοροών θα είναι ίδιες σε κάθε περίοδο του φαινομένου.

3.3.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου με παράμετρο την ισχύ της κλιματιστικής συσκευής.



Διαγραμμα 3.3.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου

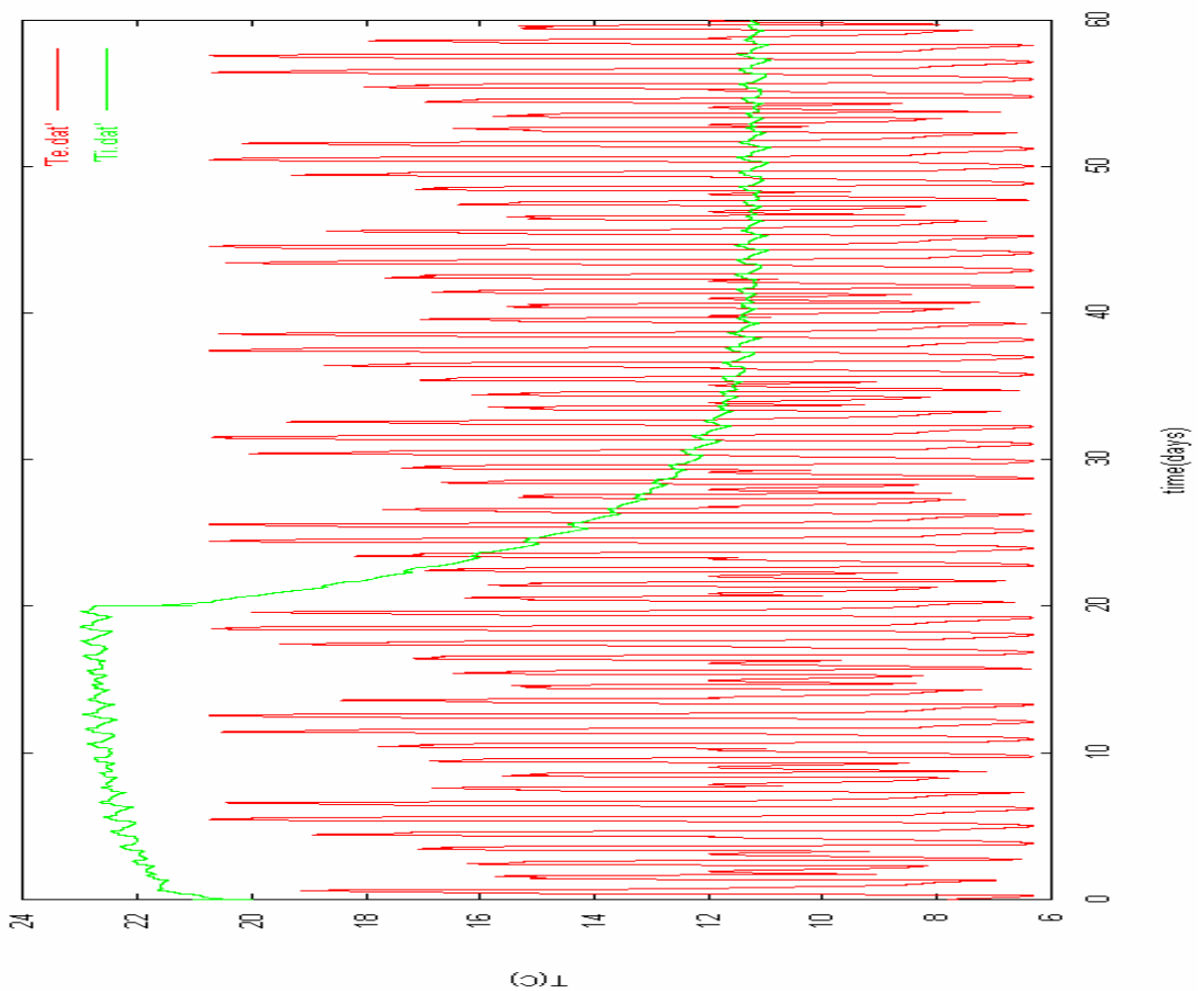
Όπως παρατηρούμε οι προβλέψεις ήταν αρκετά ακριβείς.

### 3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

Σε αυτήν την περίπτωση μελετάμε τι θα συμβεί αν διακοπεί η λειτουργία της κλιματιστικής συσκευής.

Ο εσωτερικός ισολογισμός θερμικής ενέργειας όπως επίσης και ο κώδικας επίλυσης είναι ίδιος με την περίπτωση 3.1 με τη μόνη διαφορά ότι μηδενίζουμε την ισχύ της κλιματιστικής συσκευής μετά την 20<sup>η</sup> μέρα. Η επιθυμητή θερμοκρασία χώρου είναι 23°C .

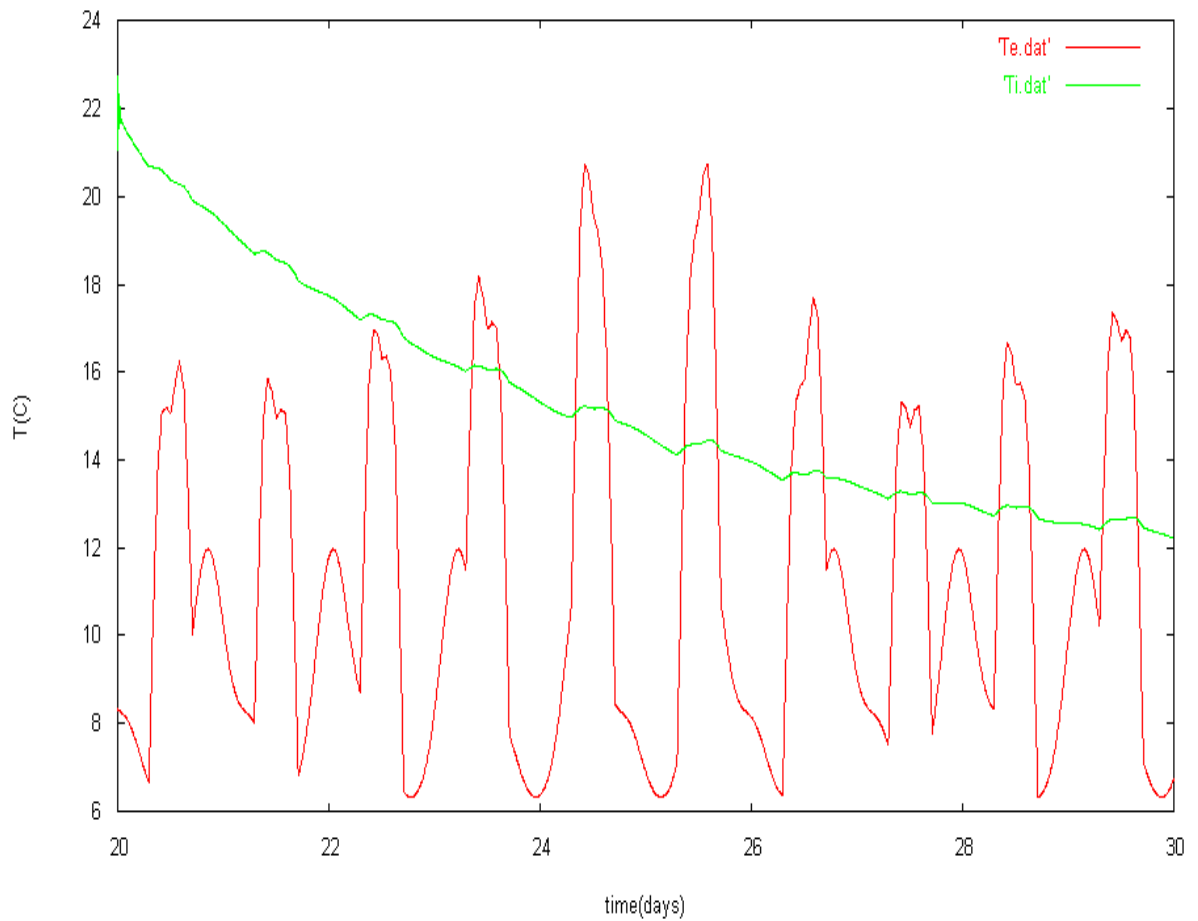
#### 3.4.1 Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου (Διακοπή λειτουργίας κλιματιστικής συσκευής την 20<sup>η</sup> μέρα).



**Διαγραμμα 3.4.1** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου



Για να φανεί καλύτερα το μεταβατικό σημείο όπου διακόπτεται η λειτουργία της κλιματιστικής συσκευής δίνεται σε μεγέθυνση η περίοδος 20<sup>ης</sup> με 30<sup>ης</sup> μέρας.



**Διαγραμμα 3.4.2** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου  
Χρονικό διάστημα μεταξύ 20<sup>ης</sup> μέρας και 30<sup>ης</sup>

Αν θεωρήσουμε κατώτερο θερμοκρασιακό επίπεδο άνεσης τους 20°C παρατηρούμε επάρκεια λιγότερο από μία μέρα.

### 3.4.2 Υπερθέρμανση χώρου σε περίπτωση προγραμματισμένης διακοπής κλιματιστικής συσκευής.

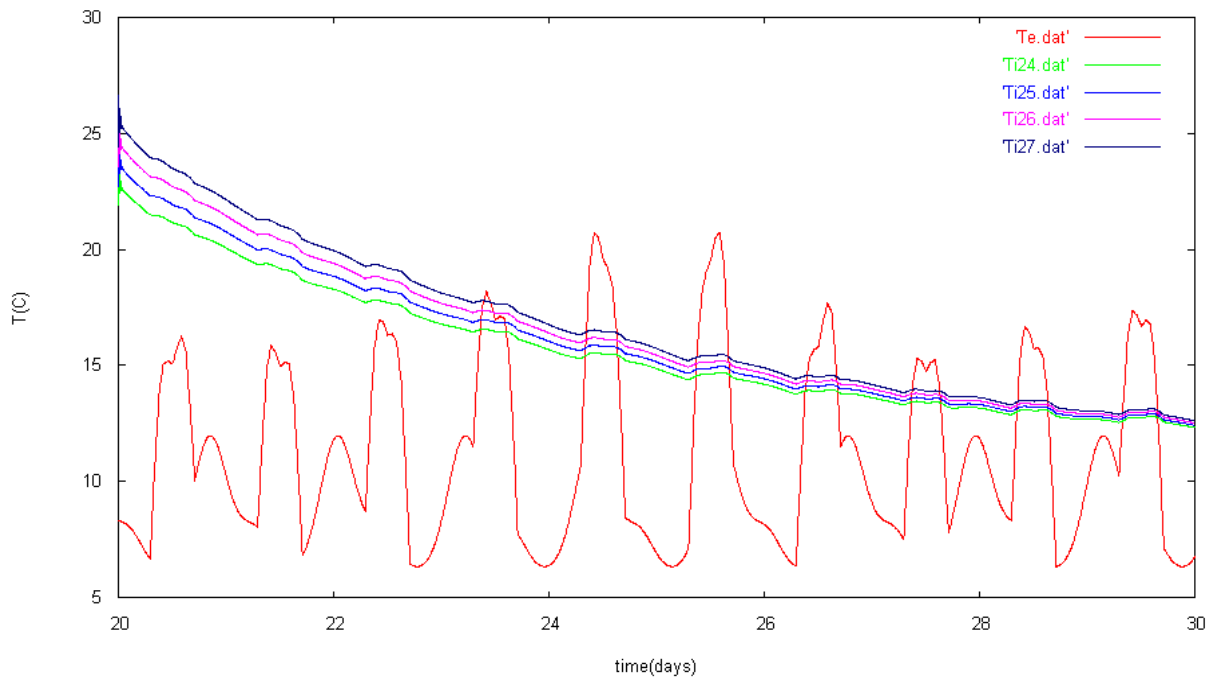
Αν η διακοπή είναι προγραμματισμένη και διαρκέσει για παραπάνω από μέρα μπορούμε να καταφύγουμε στη λύση της υπερθέρμανσης και να μελετήσουμε την επάρκεια που αυτή θα μας προσφέρει.

Παρακάτω δίνεται ο πίνακας των υπερθερμάνσεων που θα μελετήσουμε:

Πίνακας 3.4.1

Περίπτωση 1 <sup>η</sup>	24 °C
Περίπτωση 2 <sup>η</sup>	25 °C
Περίπτωση 3 <sup>η</sup>	26 °C
Περίπτωση 4 <sup>η</sup>	27 °C

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα σύγκρισης των τεσσάρων περιπτώσεων για το διάστημα 20<sup>ης</sup> με 30<sup>ης</sup> μέρας.



**Διαγραμμα 3.4.3** Διάγραμμα μεταβολής της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας συναρτήσει των ημερών μελέτης του φαινομένου Χρονικό διάστημα μεταξύ 20<sup>ης</sup> μέρας και 30<sup>ης</sup>

Παρακάτω δίνεται ο πίνακας επάρκειας για κάθε περίπτωση

Πίνακας 3.4.2

Υπερθέρμανση	Επάρκεια
24 °C	1 μέρα
25 °C	1 μέρα και 9 ώρες
26 °C	1 μέρα και 17 ώρες
27 °C	2 μέρες

## **ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η παρούσα διπλωματική διεξήχθη με σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς ενός κτιρίου με κριτήριο τη μεταβολή της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Κάποια βασικά συμπεράσματα τα οποία αποκομίσαμε είναι τα εξής:

- Η παρουσία μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει δραστικά στην αργή αποκατάσταση της θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων και του εσωτερικού αέρα από μία υψηλή θερμοκρασία (π.χ  $20^{\circ}\text{C}$ ) στη μέση εξωτερική.
- Η παρουσία μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει δραστικά στη πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ της διακύμανσης της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα από αυτήν του εξωτερικού.
- Η αύξηση της θερμοχωρητικότητας ενός κτιρίου οδηγεί στην πιο αργή αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρος στη μέση εξωτερική.
- Συγκρίνοντας δύο κτίρια, το ένα με αδιαβατικά μονωμένη οροφή και το άλλο με πραματική, οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι η παρουσία οροφής οδηγεί στην αύξηση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου και έτσι, υπό προϋποθέσεις (παρουσία μόνωσης μεταξύ ενός και δύο εκατοστών), η αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα γίνεται απ'ότι στην περίπτωση με αδιαβατική οροφή.
- Η παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει σημαντικά τη μέση θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα.
- Η παρουσία υαλοπινάκων οδηγεί σε πιο γρήγορη αποκατάσταση και σε μεγαλύτερη διακύμανση του εσωτερικού αέρα λόγω της μείωσης της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου αλλά και της υψηλής τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας.

## **ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

Κατά την εξέλιξη του κώδικα προσομοίωσης της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου που μελετήσαμε αμελήσαμε αρκετές παραμέτρους οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Παραδείγματα τέτοιων παραμέτρων είναι η ύπαρξη ηλεκτρικών συσκευών(φωτισμός κλπ), η διείσδυση αέρα, οι ανανεώσεις αέρα, η παρουσία ανθρώπων, οι παρουσίες πορτών και τελευταία και πιο σημαντική η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία από τους υαλοπίνακες. Επομένως μία πιθανή μελλοντική μελέτη θα ήταν η προσθήκη στον κώδικα των παραπάνω παραμέτρων.

Η πιο ολοκληρωμένη προσομοίωση θα μας έδινε τη δυνατότητα για πιο ενδελεχή μελέτη του κεφαλαίου 2.5.7 της παρούσας διπλωματικής που αφορούσε την εύρεση του κρίσιμου πάχους μόνωσης στο οποίο οι επιπλέον απώλειες από την οροφή ισοσταθμίζονται από την αύξηση της συνολικής θερμοχωρητικότητας του κτιρίου εξ' αιτίας της παρουσίας της κατά την αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1 Υπορουτίνα TDMA

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)

! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS  
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF  
! THE MATRIX  
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS  
! X THE SOLUTION VECTOR  
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

implicit double precision (a-h,o-z)

DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)

BET=B6(1)

X6(1)=R6(1)/BET

! DECOMPOSITION

DO 70 J=2,N

GAM(J)=C6(J-1)/BET  
BET=B6(J)-A6(J)\*GAM(J)

IF(BET.EQ.0)

stop 'ALGORITHM FAILS'

X6(J)=(R6(J)-A6(J)\*X6(J-1))/BET

70 CONTINUE

! BACK SUBSTITUTION

DO 80 J=N-1,1,-1

X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)\*X6(J+1)

80 CONTINUE

RETURN  
END

## 2.1 Κώδικας επίλυσης μέρους 1<sup>ου</sup>

```
program meros_1o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos me oriakes sunthikes  
!dirichlet(statheres thermokrasies ekaterothen toixou)
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),T(100),T_toixwn(11000,100)
```

```
dimension q_toixwn(11000,100),q(100),xx(100)
```

```
real k,lt,lepta
```

```
open (1,file='T.dat')
```

```
open (2,file='q.dat')
```

```
open (3,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (4,file='Thermoroos.dat')
```

```
open (5,file='Anal_Thermokrasies.dat')
```

```
open (6,file='Anal_Thermoroos.dat')
```

```
!Epilogi diastasewn plegmatos
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
```

```
write(*,*) 'meres='
```

```
read(*,*) meres
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
```

```
read(*,*) lepta
```

```
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
```

```
read(*,*) n
```

```
!Orismos statherwn
```

```
!Eswteriki thermokrasia
```

```
Ti=20
```

```
!Ekswteriki thermokrasia
```

```
To=10
```

!Suntelestis thermikis agwgimotitas

k=0.72

!Puknotita

d=1920

!Eidiki thermoxwritikotita

cp=840

!Paxos toixou

lt=0.26

!Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Xwriko vima

dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi xwrou

do 10 i=1,n

xx(i)=(i-1)\*dx

10 enddo

!Arxiki sunthiki

do 20 i=1,n

T\_toixwn(1,i)=20

write(1,\*) T\_toixwn(1,i)

20 enddo



```
do 30 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
30 enddo
```

### !Oriakes sunthikes

```
Ap(1)=1
Ae(1)=0
A(1)=To
Aw(n)=0
Ap(n)=1
A(n)=Ti
```

### !Broxos xronikou vimatou fainomenou

```
do 40 j=1,m-1
```

### !Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

### !Broxos xwrikou vimatou eswterikwn simeiwu

```
do 50 i=2,n-1
Aw(i)=-k/dx
Ae(i)=-k/dx
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt
50 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

### !Kataxwrisi twu lusewu tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma

```
do 60 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(1,*) T_toixwn(j+1,i)
60 enddo
```

### !Ypologismos thermorown

```
do 70 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-k*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
```

```
write(2,*) q_toixwn(j+1,i)
70 enddo
```

```
40 enddo
```

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis**

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
do 80 i=1,n
write(3,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
80 enddo
```

```
do 90 i=1,n-1
write(4,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
90 enddo
```

**!Kataxwrisi thermokrasiwn kai thermorown analutikis lusic**

```
do 100 i=1,n
x=(i-1)*dx
T(i)=(Ti-To)/lt*x+To
write(5,*) xx(i),T(i)
100 enddo
```

```
do 110 i=1,n-1
q(i)=-k*(Ti-To)/lt
write(6,*) xx(i+1),q(i)
110 enddo
```

```
end
```

## 2.2 Κώδικας επίλυσης μέρους 2<sup>ου</sup>

```
program meros_2o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos me oriakesunthikes  
!sunagwgis(statheres thermokrasies ekaterothen toixou)
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),T(100),T_toixwn(11000,100)  
dimension q_toixwn(11000,100),xx(100),q(100)
```

```
real k,lt,lepta
```

```
open (1,file='T.dat')  
open (2,file='q.dat')  
open (3,file='Thermokrasies.dat')  
open (4,file='Thermoroos.dat')  
open (5,file='Anal_Thermokrasies.dat')  
open (6,file='Anal_Thermoroos.dat')
```

```
!Epilogi diastasewn plegmatos
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'  
write(*,*) 'meres='  
read(*,*) meres  
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'  
read(*,*) lepta  
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'  
read(*,*) n
```

```
!Orismos statherwn
```

```
!Eswteriki thermokrasia
```

```
Ti=20
```

!Ekswteriki thermokrasia

To=10

!Suntelestis thermikis agwgimotitas

k=0.72

!Puknotita

d=1920

!Eidiki thermoxwritikotita

cp=840

!Paxos toixou

lt=0.26

!Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

!Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Arithmos xronikwn komvwn

m=tt/dt+1

!Xwriko vima

dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi xwrou

do 10 i=1,n

xx(i)=(i-1)\*dx

10 enddo

**!Arxiki sunthiki**

```
do 20 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(1,*) T_toixwn(1,i)
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
write(2,*) q_toixwn(1,i)
30 enddo
```

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=ho*dx/k+1
Ae(1)=-1
A(1)=ho*dx/k*To
Aw(n)=-1
Ap(n)=dx*hi/k+1
A(n)=dx*hi/k*Ti
```

**!Broxos xronikou vimatou fainomenou**

```
do 40 j=1,m-1
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatou eswterikwn simeiwu**

```
do 50 i=2,n-1
Aw(i)=-k/dx
Ae(i)=-k/dx
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt
50 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw'n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmati**

```
do 60 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(1,*) T_toixwn(j+1,i)
60 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 70 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-k*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
write(2,*) q_toixwn(j+1,i)
70 enddo
```

```
40 enddo
```

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmati**

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
do 80 i=1,n
write(3,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
80 enddo
```

```
do 90 i=1,n-1
write(4,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
90 enddo
```

!Kataxwrisi thermokrasiwn kai thermorown analutiki lusi

do 100 i=1,n

x=(i-1)\*dx

C1=ho/k\*(((To\*hi\*ho\*lt/k+Ti\*hi+To\*ho)/(ho+hi\*ho\*lt/k+hi))-To)

C2=(To\*hi\*ho\*lt/k+Ti\*hi+To\*ho)/(ho+hi\*ho\*lt/k+hi)

T(i)=C1\*x+C2

write(5,\*) xx(i),T(i)

100 enddo

do 110 i=1,n-1

q(i)=-k\*C1

write(6,\*) xx(i+1),q(i)

110 enddo

end

### 2.3 Κώδικας επίλυσης μέρους 3<sup>ου</sup>

```
program meros_3o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos se toixo enos strwmatos(touvlo)  
!me oriakes sunthikes sunagwgis me metavallomeni ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina Ianouario) kai statheri eswteriki
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),T(100),T_toixwn(18000,100)  
dimension q_toixwn(18000,100),To(18000),xx(100),c(3),s(3),time(18000)
```

```
real k,lt,lepta,M_Jan
```

```
open (1,file='T.dat')  
open (2,file='q.dat')  
open (3,file='Thermokrasies.dat')  
open (4,file='Thermoroos.dat')  
open (5,file='To.dat')  
open (6,file='S_Jan.txt')  
open (7,file='C_Jan.txt')
```

```
!Epilogi diastasewn plegmatos
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'  
write(*,*) 'meres='  
read(*,*) meres  
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'  
read(*,*) lepta  
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'  
read(*,*) n
```



!Orismos statherwn

!Eswteriki thermokrasia

$$Ti=20$$

!Suntelestis thermikis agwgimotitas

$$k=0.72$$

!Puknotita

$$d=1920$$

!Eidiki thermoxwritikotita

$$cp=840$$

!Paxos toixou

$$lt=0.26$$

!Xroniki diarkeia fainomenou

$$tt=24*3600*meres$$

!Suntelestes sunagwgis

$$ho=16$$

$$hi=8$$

!Syntelestis M gia Ianouario

$$M\_Jan=9.384$$

!Xroniko vima

$$dt=lepta*60$$

!Arithmos xronikwn komvwn

$$m=tt/dt+1$$

!Xwriko vima

$dx=lt/(n-1)$

!Kataxwrisi xwrou kai xronou

do 10 i=1,n

$xx(i)=(i-1)*dx$

10 enddo

do 20 j=1,m

$time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)$

20 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 30 j=1,m

!Xroniko diastima se sec

$t1=(j-1)*dt$

sum1=0

sum2=0

rewind(6)

rewind(7)

do 40 i=1,3

read(7,\*) c(i)

read(6,\*) s(i)

40 enddo

do 50 i=1,3

$sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))$

$sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))$

50 enddo

```
To(j)=M_Jan+sum1+sum2  
write(5,*) time(j),To(j)  
30 enddo
```

### !Arxiki sunthiki

```
do 60 i=1,n  
T_toixwn(1,i)=20  
write(1,*) T_toixwn(1,i)  
60 enddo
```

```
do 70 i=1,n-1  
q_toixwn(1,i)=0  
write(2,*) q_toixwn(1,i)  
70 enddo
```

### !Broxos xronikou vimatou fainomenou

```
do 80 j=1,m-1
```

#### !Oriakes sunthikes

```
Ap(1)=ho*dx/k+1  
Ae(1)=-1  
A(1)=ho*dx/k*To(j)  
Aw(n)=-1  
Ap(n)=dx*hi/k+1  
A(n)=dx*hi/k*Ti
```

### !Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

#### !Broxos xwrikou vimatou eswterikwn simeiw

```
do 90 i=2,n-1  
Aw(i)=-k/dx  
Ae(i)=-k/dx  
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)  
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt  
90 enddo  
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmí**

do 100 i=1,n

T\_toixwn(j+1,i)=T(i)

write(1,\*) T\_toixwn(j+1,i)

100 enddo

**!Ypologismos thermorown**

do 110 i=1,n-1

q\_toixwn(j+1,i)=-k\*(T\_toixwn(j+1,i+1)-T\_toixwn(j+1,i))/dx

write(2,\*) q\_toixwn(j,i)

110 enddo

80 enddo

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis**

write(\*,\*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'

write(\*,\*) 'wra='

read(\*,\*) wra

write(\*,\*) 'mera='

read(\*,\*) mera

j=((mera-1)\*24\*3600+wra\*3600)/dt+1

do 120 i=1,n

write(3,\*) xx(i),T\_toixwn(j,i)

120 enddo

do 130 i=1,n-1

write(4,\*) xx(i+1),q\_toixwn(j,i)

130 enddo

end

## 2.4 Κώδικας επίλυσης μέρους 4<sup>ου</sup>

```
program meros_4o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me  
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki  
!thermokratia(thermokratia Athinas gia to mina lanouario) se dwmatio me  
!tesseris toixous kai adiavatika monwmeni orofi kai patwma.
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension To(18000),Aw(300),Ap(300),Ae(300),A(300),d_e(300),cp_e(300)
```

```
dimension T(300),Ti(18000),c(3),d(5),cp(5),T_toixwn(18000,300)
```

```
dimension q_toixwn(18000,300),xx(300),time(18000),s(3)
```

```
real,dimension(5)::k,l
```

```
real,dimension(300)::k_e
```

```
real lt,M_Jan,lepta
```

```
open (1,file='k.txt')
```

```
open (2,file='d.txt')
```

```
open (3,file='cp.txt')
```

```
open (4,file='l.txt')
```

```
open (5,file='S_Jan.txt')
```

```
open (6,file='C_Jan.txt')
```

```
open (7,file='T.dat')
```

```
open (8,file='q.dat')
```

```
open (9,file='To.dat')
```

```
open (10,file='Ti.dat')
```

```
open (11,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (12,file='Thermoroos.dat')
```

```
open (13,file='MegethunsiT_i.dat')
```

```
open (14,file='MegethunsiT_o.dat')
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

write(\*,\*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'

write(\*,\*) 'meres='

read(\*,\*) meres

write(\*,\*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'

read(\*,\*) lepta

write(\*,\*) 'Dwse xwriki diamerisi'

read(\*,\*) n

### !Orismos statherwn

#### !Paxos toixou

lt=0.26

#### !Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

#### !Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

#### !Puknotita aera

da=1.186

#### !Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

#### !Diastaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

yposos=3

#### !Epifaneia toixwn

At=mikos\*yposos

!Ogkos dwmatiou

va=mikos\*platos\*ypsos

!Syntelestis M gia lanouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Arithmos xronikwn komvwn

m=tt/dt+1

!Xwriko vima

dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi twv idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

do 10 j=1,5

read(1,\*) k(j)

read(2,\*) d(j)

read(3,\*) cp(j)

read(4,\*) l(j)

10 enddo

do 20 i=1,n

x=(i-1)\*dx

if (x.ge.0.and.x.le.l(1)) then

k\_e(i)=k(1)

d\_e(i)=d(1)

cp\_e(i)=cp(1)

```
elseif (x.gt.l(1).and.x.le.(l(1)+l(2))) then
k_e(i)=k(2)
d_e(i)=d(2)
cp_e(i)=cp(2)

elseif (x.gt.(l(1)+l(2)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3))) then
k_e(i)=k(3)
d_e(i)=d(3)
cp_e(i)=cp(3)

elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4))) then
k_e(i)=k(4)
d_e(i)=d(4)
cp_e(i)=cp(4)

elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4)).and.x.le.lt) then
k_e(i)=k(5)
d_e(i)=d(5)
cp_e(i)=cp(5)

endif
20 enddo
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 30 i=1,n
xx(i)=(i-1)*dx
30 enddo

do 40 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
40 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
do 50 j=1,m
```



### !Xroniko diastima se sec

t1=(j-1)\*dt

sum1=0

sum2=0

rewind(5)

rewind(6)

do 60 i=1,3

read(6,\*) c(i)

read(5,\*) s(i)

60 enddo

do 70 i=1,3

sum1=sum1+c(i)\*cos(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

sum2=sum2+s(i)\*sin(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

70 enddo

To(j)=M\_Jan+sum1+sum2

write(9,\*) time(j),To(j)

50 enddo

### !Arxiki sunthiki

Ti(1)=20

write(10,\*) time(1),Ti(1)

do 80 i=1,n

T\_toixwn(1,i)=20

write(7,\*) T\_toixwn(1,i)

80 enddo

do 90 i=1,n-1

q\_toixwn(1,i)=0

```
write(8,*) q_toixwn(1,i)
90 enddo
```

### !Broxos xronikou vimatou fainomenou

```
do 100 j=1,m-1
```

### !Oriakes sunthikes

```
Ap(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*(k_e(n-1)))/(k_e(n)+k_e(n-1)))+1
A(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*(k_e(n-1)))/(k_e(n)+k_e(n-1)))*Ti(j)
```

### !Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

### !Broxos xwrikou vimatou eswterikwn simeiwu

```
do 110 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i-1))/(k_e(i)+k_e(i-1)))/dx
Ae(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))/dx
A(i)=(d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt
110 enddo
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

### !Kataxwrisi twu lusewu tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma

```
do 120 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(7,*) T_toixwn(j+1,i)
120 enddo
```

### !Ypologismos thermorown

```
do 130 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1))))*
*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
```

```
write(8,*) q_toixwn(j+1,i)
```

```
130 enddo
```

```
!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera
```

```
Ti(j+1)=(4d0*q_toixwn(j+1,n-1)*At*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
```

```
write(10,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
if (time(j+1).ge.55) then
```

```
write(13,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
write(14,*) time(j+1),To(j+1)
```

```
endif
```

```
100 enddo
```

```
!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis
```

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
do 140 i=1,n
```

```
write(11,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
```

```
140 enddo
```

```
do 150 i=1,n-1
```

```
write(12,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
```

```
150 enddo
```

```
end
```

## 2.5 Κώδικας επίλυσης μέρους 5<sup>ου</sup>

program meros\_5o

!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn,oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina Ianouario) se dwmatio me tesseris  
!toixous,oprofi kai adiatatika monwmeno patwma

implicit double precision (a-h,o-z)

dimension d\_e(2,300),cp\_e(2,300),d\_t(5),cp\_t(5),Ti(18000),To(18000)

dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(18000)

dimension s(3),c(3),T\_toixwn(18000,300),T\_hor(18000,300)

dimension q\_toixwn(18000,300),q\_hor(18000,300),d\_o(6),cp\_o(6)

real,dimension(2,300)::k\_e

real,dimension(6)::k\_o,l\_o

real,dimension(5)::k\_t,l\_t

integer e

real lt,lo,M\_Jan,lepta

open (1,file='k\_t.txt')

open (2,file='d\_t.txt')

open (3,file='cp\_t.txt')

open (4,file='l\_t.txt')

open (5,file='k\_o.txt')

open (6,file='d\_o.txt')

open (7,file='cp\_o.txt')

open (8,file='l\_o.txt')

open (9,file='S\_Jan.txt')

open (10,file='C\_Jan.txt')

```
open (11,file='T_toixwn.dat')
open (12,file='T_hor.dat')
open (13,file='q_toixwn.dat')
open (14,file='q_hor.dat')
open (15,file='To.dat')
open (16,file='Ti.dat')
open (17,file='Thermokrasies.dat')
open (18,file='Thermoroos.dat')
open (19,file='MegethunsiTi.dat')
open (20,file='MegethunsiTo.dat')
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n
```

### !Orismos statherwn

### !Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

### !Paxos orofis

lo=0.365

### !Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

### !Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

!Puknotita aera

da=1.186

!Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

!Diastaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

ypsos=3

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos\*ypsos

!Epifaneia orofis

Ar=mikos\*platos

!Ogkos dwmatiou

va=mikos\*platos\*ypsos

!Syntelestis M gia Ianouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx\_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx\_o=lo/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

```
rewind(1)
```

```
rewind(2)
```

```
rewind(3)
```

```
rewind(4)
```

```
rewind(5)
```

```
rewind(6)
```

```
rewind(7)
```

```
rewind(8)
```

```
do 10 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 20 j=1,6
```

```
read(5,*) k_o(j)
```

```
read(6,*) d_o(j)
```

```
read(7,*) cp_o(j)
```

```
read(8,*) l_o(j)
```

```
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(3)
```

```
d_e(e,i)=d_o(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).
```

```
and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(5)
```

```
d_e(e,i)=d_o(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(5)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(6)
```

```
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
```

```
endif
```

```
30 enddo
```

```
else
```

```
do 40 j=1,5
```

```
read(1,*) k_t(j)
```

```
read(2,*) d_t(j)
```

```
read(3,*) cp_t(j)
```

```
read(4,*) l_t(j)
```

```
40 enddo
```



```
do 50 i=1,n
x=(i-1)*dx_t

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)

elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)

elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)

elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)

elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif
50 enddo
endif
10 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 60 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
60 enddo
```

```
do 70 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 80 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
```

```
80 enddo
```

```
else
```

```
do 90 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
```

```
90 enddo
```

```
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 100 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(9)
```

```
rewind(10)
```

```
do 110 i=1,3
read(10,*) c(i)
read(9,*) s(i)
110 enddo
```

```
do 120 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
120 enddo
```

```
To(j)=M_Jan+sum1+sum2
write(15,*) time(j),To(j)
100 enddo
```

**!Arxiki sunthiki**

```
Ti(1)=20
write(16,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 130 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
T_hor(1,i)=20
write(11,*) T_toixwn(1,i)
write(12,*) T_hor(1,i)
130 enddo
```

```
do 140 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
q_hor(1,i)=0
write(13,*) q_toixwn(1,i)
write(14,*) q_hor(1,i)
140 enddo
```

**!Broxos xronikou vimatos fainomenou**

do 150 j=1,m-1

**!Broxos toixou-orofis**

do 160 e=1,2

if (e.eq.1) then

**!Oriakes sunthikes**

$Ap(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1$

$Ae(1)=-1$

$A(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)$

$Aw(n)=-1$

$Ap(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1$

$A(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)$

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

do 170 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T_hor(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt$

170 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmati**

do 180 i=1,n

$T_hor(j+1,i)=T(i)$

write(12,\*) T\_hor(j+1,i)

180 enddo

**!Ypologismos thermorown**

```
do 190 i=1,n-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
*(T_hor(j+1,i+1)-T_hor(j+1,i))/dx_o
write(14,*) q_hor(j+1,i)
190 enddo
```

else

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1
A(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```
do 200 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
200 enddo
```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

**!Kataxwrisi tw**n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma

```
do 210 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(11,*) T_toixwn(j+1,i)
210 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 220 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*)
*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx_t
write(13,*) q_toixwn(j+1,i)
220 enddo
```

endif

160 enddo

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

```
Ti(j+1)=((4d0*q_toixwn(j+1,n-1)*At+q_hor(j+1,n-1)*Ar)*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(16,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
if (time(j+1).ge.55) then
```

```
write(19,*) time(j+1),Ti(j+1)
write(20,*) time(j+1),To(j+1)
```

endif

150 enddo

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis gia toixo I orofi**

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse toixos i orofi(orofi=1,toixos=2)'
write(*,*) 'e='
read(*,*) e
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 230 i=1,n
```

```
write(17,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
```

```
230 enddo
```

```
do 240 i=1,n-1
```

```
write(18,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
```

```
240 enddo
```

```
else
```

```
do 250 i=1,n
```

```
write(17,*) xx(e,i),T_toixwn(j,i)
```

```
250 enddo
```

```
do 260 i=1,n-1
```

```
write(18,*) xx(e,i+1),q_toixwn(j,i)
```

```
260 enddo
```

```
endif
```

```
end
```

2.6.1 Κώδικας υπολογισμού ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος.

```
program Ypologismos_shgf
```

```
!Algorithmos ypologismou tou paragonta iliaku thermikou kerdous  
!xrisimopoiwntas methodo grammikis paremvolis.
```

```
implicit double precision(a-h,o-z)
```

```
dimension SHGF(18000),SHGF_Ianouarios(5,25)
```

```
real lepta
```

```
open(1,file='SHGF_Ianouarios.txt')
```

```
open(2,file='SHGF_NJan.dat')
```

```
open(3,file='SHGF_SJan.dat')
```

```
open(4,file='SHGF_EJan.dat')
```

```
open(5,file='SHGF_WJan.dat')
```

```
open(6,file='SHGF_HORJan.dat')
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
```

```
read(*,*) lepta
```

```
write(*,*) 'Dwse meres ypologismou'
```

```
read(*,*) meres
```

```
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=meres*24*3600
```

```
!Xroniko vima
```

```
dt=lepta*60
```

```
!Arithmos xronikwn komvwn
```

```
m=tt/dt+1
```



```
rewind(1)
```

```
do 10 p=1,5
```

```
do 20 h=1,25
```

```
read(1,*) SHGF_lanouarios(p,h)
```

```
20 enddo
```

```
10 enddo
```

```
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)
```

```
do 30 p=1,5
```

```
counter=0
```

```
!Broxos imerwn
```

```
do 40 k=1,meres
```

```
!Broxos wrwn imeras
```

```
do 50 h=2,25
```

```
!Broxos xronikou vimatos
```

```
do 60 j=1,3600/dt
```

```
counter=counter+1
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
!Pososto tis wras pou exoume dianusei
```

```
f=t1/(3600)
```

```
!Tupos grammikis parremvolis
```

```
SHGF(counter)=f*SHGF_lanouarios(p,h)+(1-f)*SHGF_lanouarios(p,h-1)
```

```
60 enddo
```

50 enddo

40 enddo

**!Kataxwrisi apotelesmatwn**

do 70 j=1,m-1

if (p.eq.1) then

write(2,\*) SHGF(j)

elseif (p.eq.2) then

write(3,\*) SHGF(j)

elseif (p.eq.3) then

write(4,\*) SHGF(j)

elseif (p.eq.4) then

write(5,\*) SHGF(j)

else

write(6,\*) SHGF(j)

endif

70 enddo

30 enddo

SHGF(m)=0

write(2,\*) SHGF(m)

write(3,\*) SHGF(m)

write(4,\*) SHGF(m)

write(5,\*) SHGF(m)

write(6,\*) SHGF(m)

end

## 2.6.2 Κώδικας επίλυσης μέρους 6<sup>ου</sup>

```
program meros_6o
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina lanouario sumperilamvanomenis kai tis  
!hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou  
!voriou,notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi kai adiatatika monwmeno  
!patwma.
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(18000),To(18000)  
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(18000)  
dimension s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000) ,T_n(18000,300)  
dimension T_s(18000,300),T_e(18000,300),T_w(18000,300)  
dimension T_hor(18000,300) ,q_n(18000,300),q_s(18000,300)  
dimension q_e(18000,300),q_w(18000,300),q_hor(18000,300)  
dimension d_o(6),cp_o(6)
```

```
real,dimension(2,300)::k_e
```

```
real,dimension(6)::k_o,l_o
```

```
real,dimension(5)::k_t,l_t
```

```
integer e
```

```
real lt,lo,M_Jan,lepta
```

```
open (1,file='k_t.txt')
```

```
open (2,file='d_t.txt')
```

```
open (3,file='cp_t.txt')
```

```
open (4,file='l_t.txt')
```

```
open (5,file='k_o.txt')
```

```
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='S_Jan.txt')
open (10,file='C_Jan.txt')
open (11,file='SHGF_NJan.dat')
open (12,file='SHGF_SJan.dat')
open (13,file='SHGF_EJan.dat')
open (14,file='SHGF_WJan.dat')
open (15,file='SHGF_HORJan.dat')
open (16,file='T_north.dat')
open (17,file='T_south.dat')
open (18,file='T_east.dat')
open (19,file='T_west.dat')
open (20,file='T_hor.dat')
open (21,file='q_north.dat')
open (22,file='q_south.dat')
open (23,file='q_east.dat')
open (24,file='q_west.dat')
open (25,file='q_hor.dat')
open (26,file='To.dat')
open (27,file='Ti.dat')
open (28,file='Thermokrasies.dat')
open (29,file='Thermoroos.dat')
open (30,file='MegethunsiTi.dat')
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n
```

!Orismos statherwn

!Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

!Paxos orofis

lo=0.365

!Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

!Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

!Puknotita aera

da=1.186

!Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

!Diastaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

ypsos=3

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos\*ypsos

!Epifaneia orofis

Ar=mikos\*platos

!Ogkos dwmatiou

va=mikos\*platos\*ypsos

!Syntelestis M gia Ianouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx\_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx\_o=lo/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

rewind(8)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 20 j=1,6

read(5,\*) k\_o(j)

read(6,\*) d\_o(j)

read(7,\*) cp\_o(j)

read(8,\*) l\_o(j)

```
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(3)
```

```
d_e(e,i)=d_o(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and  
.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(5)
```

```
d_e(e,i)=d_o(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(5)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(6)
```

```
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
```

endif

30 enddo

else

do 40 j=1,5

read(1,\*) k\_t(j)

read(2,\*) d\_t(j)

read(3,\*) cp\_t(j)

read(4,\*) l\_t(j)

40 enddo

do 50 i=1,n

x=(i-1)\*dx\_t

if (x.ge.0.and.x.le.l\_t(1)) then

k\_e(e,i)=k\_t(1)

d\_e(e,i)=d\_t(1)

cp\_e(e,i)=cp\_t(1)

elseif (x.gt.l\_t(1).and.x.le.(l\_t(1)+l\_t(2))) then

k\_e(e,i)=k\_t(2)

d\_e(e,i)=d\_t(2)

cp\_e(e,i)=cp\_t(2)

elseif (x.gt.(l\_t(1)+l\_t(2)).and.x.le.(l\_t(1)+l\_t(2)+l\_t(3))) then

k\_e(e,i)=k\_t(3)

d\_e(e,i)=d\_t(3)

cp\_e(e,i)=cp\_t(3)



```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(4)
```

```
d_e(e,i)=d_t(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(5)
```

```
d_e(e,i)=d_t(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(5)
```

```
endif
```

```
50 enddo
```

```
endif
```

```
10 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 60 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
60 enddo
```

```
do 70 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 80 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
```

```
80 enddo
```

```
else
```

```
do 90 i=1,n
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
90 enddo
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 100 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(9)
```

```
rewind(10)
```

```
do 110 i=1,3
```

```
read(10,*) c(i)
```

```
read(9,*) s(i)
```

```
110 enddo
```

```
do 120 i=1,3
```

```
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
120 enddo
```

```
To(j)=M_Jan+sum1+sum2
```

```
write(26,*) time(j),To(j)
```

```
100 enddo
```

!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros

rewind(11)

rewind(12)

rewind(13)

rewind(14)

rewind(15)

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 130 p=1,5

if (p.eq.1) then

do 140 j=1,m

read(11,\*) SHGF(j)

140 enddo

do 150 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

150 enddo

elseif (p.eq.2) then

do 160 j=1,m

read(12,\*) SHGF(j)

160 enddo

do 170 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

170 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 180 j=1,m

read(13,\*) SHGF(j)

180 enddo

do 190 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

190 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 200 j=1,m

read(14,\*) SHGF(j)

200 enddo

do 210 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

210 enddo

else

do 220 j=1,m

read(15,\*) SHGF(j)

220 enddo

do 230 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)-3.9

230 enddo

endif

130 enddo

!Arxiki sunthiki

Ti(1)=20

write(26,\*) time(1),Ti(1)

```
do 240 i=1,n
T_n(1,i)=20
T_s(1,i)=20
T_e(1,i)=20
T_w(1,i)=20
T_hor(1,i)=20
write(16,*) T_n(1,i)
write(17,*) T_s(1,i)
write(18,*) T_e(1,i)
write(19,*) T_w(1,i)
write(20,*) T_hor(1,i)
240 enddo
```

```
do 250 i=1,n-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
q_hor(1,i)=0
write(21,*) q_n(1,i)
write(22,*) q_s(1,i)
write(23,*) q_e(1,i)
write(24,*) q_w(1,i)
write(25,*) q_hor(1,i)
250 enddo
```

**!Broxos xronikou vimatos fainomenou**

```
do 260 j=1,m-1
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 270 p=1,5
```

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

e=2

**!Oriakes sunthikes**

$A_p(1) = (h_o * dx_t) / ((2 * k_e(e,1) * k_e(e,2)) / (k_e(e,1) + k_e(e,2))) + 1$

$A_e(1) = -1$

$A(1) = (h_o * dx_t) / ((2 * k_e(e,1) * k_e(e,2)) / (k_e(e,1) + k_e(e,2))) * T_e(p,j)$

$A_w(n) = -1$

$A_p(n) = (dx_t * h_i) / ((2 * k_e(e,n) * k_e(e,n-1)) / (k_e(e,n) + k_e(e,n-1))) + 1$

$A(n) = (dx_t * h_i) / ((2 * k_e(e,n) * k_e(e,n-1)) / (k_e(e,n) + k_e(e,n-1))) * T_i(j)$

if (p.eq.1) then

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw**

do 280 i=2,n-1

$A_w(i) = -((2 * k_e(e,i) * k_e(e,i-1)) / (k_e(e,i) + k_e(e,i-1))) / dx_t$

$A_e(i) = -((2 * k_e(e,i) * k_e(e,i+1)) / (k_e(e,i) + k_e(e,i+1))) / dx_t$

$A(i) = (d_e(e,i) * cp_e(e,i) * dx_t / dt) * T_n(j,i)$

$A_p(i) = -A_e(i) - A_w(i) + d_e(e,i) * cp_e(e,i) * dx_t / dt$

280 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.2) then

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw**

do 290 i=2,n-1

$A_w(i) = -((2 * k_e(e,i) * k_e(e,i-1)) / (k_e(e,i) + k_e(e,i-1))) / dx_t$

$A_e(i) = -((2 * k_e(e,i) * k_e(e,i+1)) / (k_e(e,i) + k_e(e,i+1))) / dx_t$

$A(i) = (d_e(e,i) * cp_e(e,i) * dx_t / dt) * T_s(j,i)$

$A_p(i) = -A_e(i) - A_w(i) + d_e(e,i) * cp_e(e,i) * dx_t / dt$

290 enddo

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 300 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_e(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
300 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
else
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 310 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_w(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
310 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
endif
```

```
!Kataxwrisi tw
```

```
do 320 i=1,n
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
  T_n(j+1,i)=T(i)
```

```
  write(16,*) T_n(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
  T_s(j+1,i)=T(i)
```

```
  write(17,*) T_s(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
  T_e(j+1,i)=T(i)
```

```
  write(18,*) T_e(j+1,i)
```

```
else
```

```
  T_w(j+1,i)=T(i)
```

```
  write(19,*) T_w(j+1,i)
```

```
endif
```

```
320 enddo
```

```
!Ypologismos thermorown
```

```
do 330 i=1,n-1
```

```
  if (p.eq.1) then
```

```
    q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))  
    *(T_n(j+1,i+1)-T_n(j+1,i)))/dx_t
```

```
    write(21,*) q_n(j+1,i)
```

```
  q1=q_n(j+1,n-1)
```

```
  elseif (p.eq.2) then
```



```
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_s(j+1,i+1)-T_s(j+1,i)))/dx_t  
write(22,*) q_s(j+1,i)
```

```
q2=q_s(j+1,n-1)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_e(j+1,i+1)-T_e(j+1,i)))/dx_t  
write(23,*) q_e(j+1,i)
```

```
q3=q_e(j+1,n-1)
```

```
else
```

```
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_w(j+1,i+1)-T_w(j+1,i)))/dx_t  
write(24,*) q_w(j+1,i)
```

```
q4=q_w(j+1,n-1)
```

```
endif
```

```
330 enddo
```

```
else
```

```
e=1
```

```
!Oriakes sunthikes
```

```
Ap(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1
A(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw**

```
do 340 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T_hor(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt
```

```
340 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm**

```
do 350 i=1,n
```

```
T_hor(j+1,i)=T(i)
```

```
write(20,*) T_hor(j+1,i)
```

```
350 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 360 i=1,n-1
```

```
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
```

```
*(T_hor(j+1,i+1)-T_hor(j+1,i))/dx_o
```

```
write(25,*) q_hor(j+1,i)
```

```
360 enddo
```

```
q5=q_hor(j,n-1)
```

```
endif
```

```
270 enddo
```

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

$T_i(j+1) = (((q_1 + q_2 + q_3 + q_4) \cdot A_t + q_5 \cdot A_r) \cdot dt) / (v_a \cdot d_a \cdot c_{pa}) + T_i(j)$

write(27,\*) time(j+1),Ti(j+1)

if (time(j+1).ge.45) then

write(30,\*) time(j+1),Ti(j+1)

endif

260 enddo

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
!prosanatolismou**

write(\*,\*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'

write(\*,\*) 'wra='

read(\*,\*) wra

write(\*,\*) 'mera='

read(\*,\*) mera

write(\*,\*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)'

write(\*,\*) 'pros='

read(\*,\*) p

$j = ((\text{mera} - 1) \cdot 24 \cdot 3600 + \text{wra} \cdot 3600) / dt + 1$

if (p.eq.1) then

e=2

do 370 i=1,n

write(28,\*) xx(e,i),T\_n(j,i)

370 enddo

do 380 i=1,n-1

```
write(29,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
```

```
380 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
e=2
```

```
do 390 i=1,n
```

```
write(28,*) xx(e,i),T_s(j,i)
```

```
390 enddo
```

```
do 400 i=1,n-1
```

```
write(29,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
```

```
400 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
e=2
```

```
do 410 i=1,n
```

```
write(28,*) xx(e,i),T_e(j,i)
```

```
410 enddo
```

```
do 420 i=1,n-1
```

```
write(29,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
```

```
420 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
e=2
```

```
do 430 i=1,n
```

```
write(28,*) xx(e,i),T_w(j,i)
```

```
430 enddo
```

```
do 440 i=1,n-1
write(29,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
440 enddo

else

e=1

do 450 i=1,n
write(28,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
450 enddo

do 460 i=1,n-1
write(29,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
460 enddo

endif

end
```

### 2.6.3 Κώδικας υπολογισμού μεταβολής της μέσης ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου αέρος.

```
program Metavoli_isdynamis_hliou_aeros
```

```
!Υπολογισμος mesis metavolis isodynamis hliou-aeros
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension To(18000),s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000),Tisodinami(18000)
```

```
dimension time(18000)
```

```
real M_Jan
```

```
open (1,file='S_Jan.txt')
```

```
open (2,file='C_Jan.txt')
```

```
open (3,file='SHGF_NJan.dat')
```

```
open (4,file='SHGF_SJan.dat')
```

```
open (5,file='SHGF_EJan.dat')
```

```
open (6,file='SHGF_WJan.dat')
```

```
open (7,file='SHGF_HORJan.dat')
```

```
open (8,file='Te.dat')
```

```
open (9,file='Megethunsite.dat')
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
```

```
write(*,*) 'meres='
```

```
read(*,*) meres
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
```

```
read(*,*) lepta
```

```
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=24*3600*meres
```

```
!Syntelestis M gia Ianouario
```

```
M_Jan=9.384
```

```
!Xroniko vima
```

```
dt=lepta*60
```

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi xronou

do 10 j=1,m

time(j)=((j-1)\*dt)/(24\*3600)

10 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 20 j=1,m

!Xroniko diastima se sec

t1=(j-1)\*dt

sum1=0

sum2=0

rewind(1)

rewind(2)

do 30 i=1,3

read(2,\*) c(i)

read(1,\*) s(i)

30 enddo

do 40 i=1,3

sum1=sum1+c(i)\*cos(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

sum2=sum2+s(i)\*sin(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

40 enddo

To(j)=M\_Jan+sum1+sum2

20 enddo

!Ypologismos isodynamis iliou-aeros

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 50 p=1,5

if (p.eq.1) then

do 60 j=1,m

read(3,\*) SHGF(j)

60 enddo

do 70 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

70 enddo

elseif (p.eq.2) then

do 80 j=1,m

read(4,\*) SHGF(j)

80 enddo

do 90 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

90 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 100 j=1,m

read(5,\*) SHGF(j)

100 enddo



```
do 110 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
110 enddo

elseif (p.eq.4) then
do 120 j=1,m
read(6,*) SHGF(j)
120 enddo

do 130 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
130 enddo

else
do 140 j=1,m
read(7,*) SHGF(j)
140 enddo
do 150 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
150 enddo

endif

50 enddo

do 160 j=1,m
Tisodinami(j)=(Te(1,j)+Te(2,j)+Te(3,j)+Te(4,j)+Te(5,j))/5
write(8,*) time(j),Tisodinami(j)

if (time(j).ge.20.and.time(j).le.30) then
write(9,*) time(j),Tisodinami(j)
endif
160 enddo
end
```

## 2.7 Κώδικας επίλυσης μέρους 7<sup>ου</sup>

```
program meros_7o
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina lanouario sumperilamvanomenis kai tis  
!hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou voriou,  
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno patwma kai  
!eswterikous toixous sunolikou mikous 20 metrwn.
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(18000),To(18000)  
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(18000)  
dimension s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000),d_p(300),cp_p(300)  
dimension T_n(18000,300),T_s(18000,300),T_e(18000,300),T_w(18000,300)  
dimension T_hor(18000,300),T_eswt(18000,300),q_n(18000,300)  
dimension q_s(18000,300),q_e(18000,300),q_w(18000,300)  
dimension q_hor(18000,300),q_eswt(18000,300),d_o(6),cp_o(6)
```

```
real,dimension(2,300)::k_e  
real,dimension(300)::k_p  
real,dimension(6)::k_o,l_o  
real,dimension(5)::k_t,l_t
```

```
integer e
```

```
real lt,lo,M_Jan,lp,lepta
```

```
open (1,file='k_t.txt')  
open (2,file='d_t.txt')  
open (3,file='cp_t.txt')  
open (4,file='l_t.txt')
```

open (5,file='k\_o.txt')  
open (6,file='d\_o.txt')  
open (7,file='cp\_o.txt')  
open (8,file='l\_o.txt')  
open (9,file='k\_p.txt')  
open (10,file='d\_p.txt')  
open (11,file='cp\_p.txt')  
open (12,file='l\_p.txt')  
open (13,file='S\_Jan.txt')  
open (14,file='C\_Jan.txt')  
open (15,file='SHGF\_NJan.dat')  
open (16,file='SHGF\_SJan.dat')  
open (17,file='SHGF\_EJan.dat')  
open (18,file='SHGF\_WJan.dat')  
open (19,file='SHGF\_HORJan.dat')  
open (20,file='T\_north.dat')  
open (21,file='T\_south.dat')  
open (22,file='T\_east.dat')  
open (23,file='T\_west.dat')  
open (24,file='T\_hor.dat')  
open (25,file='T\_eswterikwn.dat')  
open (26,file='q\_north.dat')  
open (27,file='q\_south.dat')  
open (28,file='q\_east.dat')  
open (29,file='q\_west.dat')  
open (30,file='q\_hor.dat')  
open (31,file='q\_eswt.dat')  
open (32,file='To.dat')  
open (33,file='Ti.dat')  
open (34,file='Thermokrasies.dat')  
open (35,file='Thermoroos.dat')  
open (36,file='MegethunsiTi.dat')

### !Epilogi diastasewn plegmatos

write(\*,\*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'

write(\*,\*) 'meres='

read(\*,\*) meres

write(\*,\*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'

read(\*,\*) lepta

write(\*,\*) 'Dwse xwriki diamerisi'

read(\*,\*) n

### !Orismos statherwn

#### !Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

#### !Paxos orofis

lo=0.365

#### !Paxos eswterikwn toixwn

lp=0.13

#### !Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

#### !Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

hp=8

#### !Puknotita aera

da=1.186

#### !Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

!Diastaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

ypsos=3

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos\*ypsos

!Epifaneia eswterikwn toixwn

A\_p=60

!Epifaneia orofis

Ar=mikos\*platos

!Ogkos dwmatiou

va=mikos\*platos\*ypsos

!Syntelestis M gia Ianouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx\_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx\_o=lo/(n-1)

!Eswterikwn toixwn

dx\_p=lp/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi twv idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

rewind(8)

rewind(9)

rewind(10)

rewind(11)

rewind(12)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 20 j=1,6

read(5,\*) k\_o(j)

read(6,\*) d\_o(j)

read(7,\*) cp\_o(j)

read(8,\*) l\_o(j)

20 enddo

do 30 i=1,n

x=(i-1)\*dx\_o

if (x.ge.0.and.x.le.l\_o(1)) then

k\_e(e,i)=k\_o(1)

d\_e(e,i)=d\_o(1)

cp\_e(e,i)=cp\_o(1)

elseif (x.gt.l\_o(1).and.x.le.(l\_o(1)+l\_o(2))) then

k\_e(e,i)=k\_o(2)

d\_e(e,i)=d\_o(2)

cp\_e(e,i)=cp\_o(2)

elseif (x.gt.(l\_o(1)+l\_o(2)).and.x.le.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3))) then

k\_e(e,i)=k\_o(3)

d\_e(e,i)=d\_o(3)

cp\_e(e,i)=cp\_o(3)

elseif (x.gt.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3)).and.x.le.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3)+l\_o(4))) then

k\_e(e,i)=k\_o(4)

d\_e(e,i)=d\_o(4)

cp\_e(e,i)=cp\_o(4)

elseif (x.gt.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3)+l\_o(4)).

and.x.le.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3)+l\_o(4)+l\_o(5))) then

k\_e(e,i)=k\_o(5)

d\_e(e,i)=d\_o(5)

cp\_e(e,i)=cp\_o(5)

elseif (x.gt.(l\_o(1)+l\_o(2)+l\_o(3)+l\_o(4)+l\_o(5)).and.x.le.lo) then

k\_e(e,i)=k\_o(6)

d\_e(e,i)=d\_o(6)

cp\_e(e,i)=cp\_o(6)

endif

30 enddo

else

```
do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo
```

```
do 50 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_t
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(1)
```

```
d_e(e,i)=d_t(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(2)
```

```
d_e(e,i)=d_t(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(3)
```

```
d_e(e,i)=d_t(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(4)
```

```
d_e(e,i)=d_t(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(5)
```

```
d_e(e,i)=d_t(5)
```



```
cp_e(e,i)=cp_t(5)
```

```
endif
```

```
50 enddo
```

```
endif
```

```
10 enddo
```

```
do 60 j=1,3
```

```
read(9,*) k_t(j)
```

```
read(10,*) d_t(j)
```

```
read(11,*) cp_t(j)
```

```
read(12,*) l_t(j)
```

```
60 enddo
```

```
do 70 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_p(i)=k_t(1)
```

```
d_p(i)=d_t(1)
```

```
cp_p(i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_p(i)=k_t(2)
```

```
d_p(i)=d_t(2)
```

```
cp_p(i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
```

```
k_p(i)=k_t(3)
```

```
d_p(i)=d_t(3)
```

```
cp_p(i)=cp_t(3)
```

```
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 80 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
80 enddo
```

```
do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 100 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
```

```
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
```

```
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 120 j=1,m
```

!Xroniko diastima se sec

t1=(j-1)\*dt

sum1=0

sum2=0

rewind(13)

rewind(14)

do 130 i=1,3

read(14,\*) c(i)

read(13,\*) s(i)

130 enddo

do 140 i=1,3

sum1=sum1+c(i)\*cos(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

sum2=sum2+s(i)\*sin(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

140 enddo

To(j)=M\_Jan+sum1+sum2

write(32,\*) time(j),To(j)

120 enddo

!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros

rewind(15)

rewind(16)

rewind(17)

rewind(18)

rewind(19)

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 150 p=1,5

if (p.eq.1) then

```
do 160 j=1,m  
read(15,*) SHGF(j)  
160 enddo
```

```
do 170 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
170 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
do 180 j=1,m  
read(16,*) SHGF(j)  
180 enddo
```

```
do 190 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
do 200 j=1,m  
read(17,*) SHGF(j)  
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
210 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
do 220 j=1,m  
read(18,*) SHGF(j)  
220 enddo
```

```
do 230 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
230 enddo
```

else

```
do 240 j=1,m  
read(19,*) SHGF(j)  
240 enddo
```

```
do 250 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9  
250 enddo
```

endif

150 enddo

**!Arxiki sunthiki**

```
Ti(1)=20  
write(33,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 260 i=1,n  
T_n(1,i)=20  
T_s(1,i)=20  
T_e(1,i)=20  
T_w(1,i)=20  
T_hor(1,i)=20  
T_eswt(1,i)=20  
write(20,*) T_n(1,i)  
write(21,*) T_s(1,i)  
write(22,*) T_e(1,i)  
write(23,*) T_w(1,i)  
write(24,*) T_hor(1,i)
```

```
write(25,*) T_eswt(1,i)
260 enddo
```

```
do 270 i=1,n-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
q_hor(1,i)=0
q_eswt(1,i)=0
write(26,*) q_n(1,i)
write(27,*) q_s(1,i)
write(28,*) q_e(1,i)
write(29,*) q_w(1,i)
write(30,*) q_hor(1,i)
write(31,*) q_eswt(1,i)
270 enddo
```

**!Broxos xronikou vimatos fainomenou**

```
do 280 j=1,m-1
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 290 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
e=2
```

**!Oriakes sunthikes**

$$Ap(1)=(ho*dx\_t)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))+1$$
$$Ae(1)=-1$$
$$A(1)=(ho*dx\_t)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))*Te(p,j)$$
$$Aw(n)=-1$$
$$Ap(n)=(dx\_t*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))+1$$
$$A(n)=(dx\_t*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))*Ti(j)$$

if (p.eq.1) then

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw**

do 300 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_n(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

300 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.2) then

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw**

do 310 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_s(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

310 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.3) then

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw**

do 320 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_e(j,i)$

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
320 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
else
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 330 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_w(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
330 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
endif
```

```
!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm
```

```
do 340 i=1,n
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
T_n(j+1,i)=T(i)
```

```
write(20,*) T_n(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
T_s(j+1,i)=T(i)
```

```
write(21,*) T_s(j+1,i)
```



elseif (p.eq.3) then

T\_e(j+1,i)=T(i)

write(22,\*) T\_e(j+1,i)

else

T\_w(j+1,i)=T(i)

write(23,\*) T\_w(j+1,i)

endif

340 enddo

!Ypologismos thermorown

do 350 i=1,n-1

if (p.eq.1) then

q\_n(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))  
\*(T\_n(j+1,i+1)-T\_n(j+1,i)))/dx\_t

write(26,\*) q\_n(j+1,i)

q1=q\_n(j+1,n-1)

elseif (p.eq.2) then

q\_s(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))  
\*(T\_s(j+1,i+1)-T\_s(j+1,i)))/dx\_t

write(27,\*) q\_s(j+1,i)

q2=q\_s(j+1,n-1)

elseif (p.eq.3) then

```
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_e(j+1,i+1)-T_e(j+1,i)))/dx_t  
write(28,*) q_e(j+1,i)
```

```
q3=q_e(j+1,n-1)
```

else

```
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_w(j+1,i+1)-T_w(j+1,i)))/dx_t  
write(29,*) q_w(j+1,i)
```

```
q4=q_w(j+1,n-1)
```

endif

350 enddo

else

e=1

**!Oriakes sunthikes**

Ap(1)=(ho\*dx\_o)/((2\*k\_e(e,1)\*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))+1

Ae(1)=-1

A(1)=(ho\*dx\_o)/((2\*k\_e(e,1)\*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))\*Te(p,j)

Aw(n)=-1

Ap(n)=(dx\_o\*hi)/((2\*k\_e(e,n)\*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))+1

A(n)=(dx\_o\*hi)/((2\*k\_e(e,n)\*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))\*Ti(j)

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv**

do 360 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T\_hor(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt$

360 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

**!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma**

do 370 i=1,n

$T\_hor(j+1,i)=T(i)$

write(24,\*) T\\_hor(j+1,i)

370 enddo

**!Ypologismos thermorown**

do 380 i=1,n-1

$q\_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))* \\ *(T\_hor(j+1,i+1)-T\_hor(j+1,i))/dx_o$

write(30,\*) q\\_hor(j+1,i)

380 enddo

$q5=q\_hor(j,n-1)$

endif

290 enddo

**!Eswterikoi toixoi**

**!Oriakes sunthikes**

$Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1$

$Ae(1)=-1$

```
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```
do 390 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
```

```
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
```

```
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
```

```
390 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
do 400 i=1,n
```

```
T_eswt(j+1,i)=T(i)
```

```
write(25,*) T_eswt(j+1,i)
```

```
400 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 410 i=1,n-1
```

```
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1))))*
```

```
*(T_eswt(j+1,i+1)-T_eswt(j+1,i))/dx_p
```

```
write(31,*) q_eswt(j+1,i)
```

```
410 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)
```

```
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

if (q6.le.0) then

$Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A\_p*(abs(q6)+q7))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)$

write(33,\*) time(j+1),Ti(j+1)

elseif (q7.le.0) then

$Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A\_p*(-abs(q6)+q7))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)$

write(33,\*) time(j+1),Ti(j+1)

endif

if (time(j+1).ge.45) then

write(36,\*) time(j+1),Ti(j+1)

endif

280 enddo

**!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
!prosanatolismou**

write(\*,\*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'

write(\*,\*) 'wra='

read(\*,\*) wra

write(\*,\*) 'mera='

read(\*,\*) mera

write(\*,\*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,  
p=5 hor,p=6 eswterikoi)'

write(\*,\*) 'pros='

read(\*,\*) p

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
  e=2
```

```
  do 420 i=1,n
```

```
    write(34,*) xx(e,i),T_n(j,i)
```

```
  420 enddo
```

```
  do 430 i=1,n-1
```

```
    write(35,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
```

```
  430 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
  e=2
```

```
  do 440 i=1,n
```

```
    write(34,*) xx(e,i),T_s(j,i)
```

```
  440 enddo
```

```
  do 450 i=1,n-1
```

```
    write(35,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
```

```
  450 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
  e=2
```

```
  do 460 i=1,n
```

```
    write(34,*) xx(e,i),T_e(j,i)
```

```
  460 enddo
```

```
do 470 i=1,n-1  
write(35,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)  
470 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
e=2
```

```
do 480 i=1,n  
write(34,*) xx(e,i),T_w(j,i)  
480 enddo
```

```
do 490 i=1,n-1  
write(35,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)  
490 enddo
```

```
elseif (p.eq.5) then
```

```
e=1
```

```
do 500 i=1,n  
write(34,*) xx(e,i),T_hor(j,i)  
500 enddo
```

```
do 510 i=1,n-1  
write(35,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)  
510 enddo
```

```
else
```

```
do 520 i=1,n  
x=(i-1)*dx_p  
write(34,*) x,T_eswt(j,i)  
520 enddo
```

```
if (q_eswt(m,n-1).ge.0) then
```

```
do 530 i=1,n-1
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
write(35,*) x,abs(q_eswt(j,i))
```

```
530 enddo
```

```
else
```

```
do 540 i=1,n-1
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
write(35,*) x,-abs(q_eswt(j,i))
```

```
540 enddo
```

```
endif
```

```
endif
```

```
end
```



## 2.8 Κώδικας επίλυσης μέρους 8<sup>ου</sup>

```
program meros_8o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn,oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina lanouario sumperilamvanomenis kai tis  
!hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou  
!voriou,notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno  
!patwma,eswterikous toixous sunolikou mikous 20 metrwn kai isodunami plaka  
!epiplwsis paxous 5 ekatostwn kai epifaneia isi me auti tw n eswterikwn toixwn.
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(18000),To(18000)  
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(18000)  
dimension s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000),d_p(300),cp_p(300)  
dimension T_n(18000,300),T_s(18000,300),T_e(18000,300)  
dimension T_w(18000,300),T_hor(18000,300),T_eswt(18000,300)  
dimension q_n(18000,300),q_s(18000,300),q_e(18000,300),q_w(18000,300)  
dimension q_hor(18000,300),q_eswt(18000,300),T_plakas(18000,300)  
dimension q_plakas(18000,300),d_o(6),cp_o(6)
```

```
real,dimension(2,300)::k_e  
real,dimension(300)::k_p  
real,dimension(6)::k_o,l_o  
real,dimension(5)::k_t,l_t
```

```
integer e
```

```
real lt,lo,M_Jan,lp,lf,kf,lepta
```

```
open (1,file='k_t.txt')
```

```
open (2,file='d_t.txt')
```

```
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (13,file='S_Jan.txt')
open (14,file='C_Jan.txt')
open (15,file='SHGF_NJan.dat')
open (16,file='SHGF_SJan.dat')
open (17,file='SHGF_EJan.dat')
open (18,file='SHGF_WJan.dat')
open (19,file='SHGF_HORJan.dat')
open (20,file='T_north.dat')
open (21,file='T_south.dat')
open (22,file='T_east.dat')
open (23,file='T_west.dat')
open (24,file='T_hor.dat')
open (25,file='T_eswterikwn.dat')
open (26,file='T_plakas.dat')
open (27,file='q_north.dat')
open (28,file='q_south.dat')
open (29,file='q_east.dat')
open (30,file='q_west.dat')
open (31,file='q_hor.dat')
open (32,file='q_eswt.dat')
open (33,file='q_plakas.dat')
open (34,file='To.dat')
open (35,file='Ti.dat')
open (36,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (37,file='Thermoroos.dat')  
open (38,file='MegethunsiTi.dat')
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'  
write(*,*) 'meres='  
read(*,*) meres  
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'  
read(*,*) lepta  
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'  
read(*,*) n
```

### !Orismos statherwn

#### !Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

#### !Paxos orofis

lo=0.365

#### !Paxos eswterikwn toixwn

lp=0.13

#### !Paxos isodunamis plakas epiplwsis

lf=0.05

#### !Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

#### !Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

hp=8

hf=8

!Suntelestis thermikis agwgimotitos isodunamis plakas epiplwsis

$k_f=0.116$

!Puknotita aera

$d_a=1.186$

!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis

$d_f=592$

!Eidiki thermoxwritikotita aera

$c_{pa}=1024$

!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis

$c_{pf}=699$

!Diastaseis dwmatiou

$m_{ikos}=10$

$p_{latos}=10$

$y_{psos}=3$

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

$A_t=m_{ikos}*y_{psos}$

!Epifaneia eswterikwn toixwn

$A_p=60$

!Epifaneia orofis

$A_r=m_{ikos}*p_{latos}$

!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis

$A_f=60$

!Ogkos dwmatiou

$v_a=m_{ikos}*p_{latos}*y_{psos}$

!Syntelestis M gia Ianouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx\_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx\_o=lo/(n-1)

!Eswterikwn toixwn

dx\_p=lp/(n-1)

!Isodunamis plakas epiplwsis

dx\_f=lf/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

rewind(8)

rewind(9)

rewind(10)

```
rewind(11)
```

```
rewind(12)
```

```
do 10 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 20 j=1,6
```

```
read(5,*) k_o(j)
```

```
read(6,*) d_o(j)
```

```
read(7,*) cp_o(j)
```

```
read(8,*) l_o(j)
```

```
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(3)
```

```
d_e(e,i)=d_o(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).
```

```
and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(5)
```

```
d_e(e,i)=d_o(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(5)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(6)
```

```
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
```

```
endif
```

```
30 enddo
```

```
else
```

```
do 40 j=1,5
```

```
read(1,*) k_t(j)
```

```
read(2,*) d_t(j)
```

```
read(3,*) cp_t(j)
```

```
read(4,*) l_t(j)
```

```
40 enddo
```

```
do 50 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_t
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(1)
```

```
d_e(e,i)=d_t(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(2)
```

```
d_e(e,i)=d_t(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(3)
```

```
d_e(e,i)=d_t(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(4)
```

```
d_e(e,i)=d_t(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(5)
```

```
d_e(e,i)=d_t(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(5)
```

```
endif
```

```
50 enddo
```

```
endif
```

```
10 enddo
```



```
do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo
```

```
do 70 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_p(i)=k_t(1)
```

```
d_p(i)=d_t(1)
```

```
cp_p(i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_p(i)=k_t(2)
```

```
d_p(i)=d_t(2)
```

```
cp_p(i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
```

```
k_p(i)=k_t(3)
```

```
d_p(i)=d_t(3)
```

```
cp_p(i)=cp_t(3)
```

```
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 80 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
80 enddo
```

```
do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 100 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
```

```
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
```

```
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 120 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(13)
```

```
rewind(14)
```

```
do 130 i=1,3
```

```
read(14,*) c(i)
```

```
read(13,*) s(i)
```

```
130 enddo
```

```
do 140 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00))/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600)
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00))/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600)
140 enddo
```

```
To(j)=M_Jan+sum1+sum2
write(34,*) time(j),To(j)
```

```
120 enddo
```

**!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros**

```
rewind(15)
```

```
rewind(16)
```

```
rewind(17)
```

```
rewind(18)
```

```
rewind(19)
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 150 p=1,5
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
do 160 j=1,m
```

```
read(15,*) SHGF(j)
```

```
160 enddo
```

```
do 170 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
170 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
do 180 j=1,m
```

```
read(16,*) SHGF(j)
```

```
180 enddo
```

```
do 190 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
do 200 j=1,m  
read(17,*) SHGF(j)  
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
210 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
do 220 j=1,m  
read(18,*) SHGF(j)  
220 enddo
```

```
do 230 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)  
230 enddo
```

```
else
```

```
do 240 j=1,m  
read(19,*) SHGF(j)  
240 enddo
```

```
do 250 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9  
250 enddo
```

endif

150 enddo

**!Arxiki sunthiki**

Ti(1)=20

write(35,\*) time(1),Ti(1)

do 260 i=1,n

T\_n(1,i)=20

T\_s(1,i)=20

T\_e(1,i)=20

T\_w(1,i)=20

T\_hor(1,i)=20

T\_eswt(1,i)=20

T\_plakas(1,i)=20

write(20,\*) T\_n(1,i)

write(21,\*) T\_s(1,i)

write(22,\*) T\_e(1,i)

write(23,\*) T\_w(1,i)

write(24,\*) T\_hor(1,i)

write(25,\*) T\_eswt(1,i)

write(26,\*) T\_plakas(1,i)

260 enddo

do 270 i=1,n-1

q\_n(1,i)=0

q\_s(1,i)=0

q\_e(1,i)=0

q\_w(1,i)=0

q\_hor(1,i)=0

q\_eswt(1,i)=0

q\_plakas(1,i)=0

write(27,\*) q\_n(1,i)

```
write(28,*) q_s(1,i)
write(29,*) q_e(1,i)
write(30,*) q_w(1,i)
write(31,*) q_hor(1,i)
write(32,*) q_eswt(1,i)
write(33,*) q_plakas(1,i)
270 enddo
```

**!Broxos xronikou vimatos fainomenou**

```
do 280 j=1,m-1
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 290 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
e=2
```

**!Oriakes sunthikes**

$$Ap(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1$$
$$Ae(1)=-1$$
$$A(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)$$
$$Aw(n)=-1$$
$$Ap(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1$$
$$A(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)$$

```
if (p.eq.1) then
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```
do 300 i=2,n-1
```

$$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$$
$$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$$
$$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_n(j,i)$$

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
300 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 310 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_s(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
310 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 320 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_e(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
320 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
else
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv**

do 330 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_w(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

330 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

endif

**!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh**

do 340 i=1,n

if (p.eq.1) then

$T_n(j+1,i)=T(i)$

write(20,\*) T\_n(j+1,i)

elseif (p.eq.2) then

$T_s(j+1,i)=T(i)$

write(21,\*) T\_s(j+1,i)

elseif (p.eq.3) then

$T_e(j+1,i)=T(i)$

write(22,\*) T\_e(j+1,i)

else



```
T_w(j+1,i)=T(i)
write(23,*) T_w(j+1,i)
```

```
endif
340 enddo
```

!Ypologismos thermorown

```
do 350 i=1,n-1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
*(T_n(j+1,i+1)-T_n(j+1,i))/dx_t
write(27,*) q_n(j+1,i)
```

```
q1=q_n(j+1,n-1)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
*(T_s(j+1,i+1)-T_s(j+1,i))/dx_t
write(28,*) q_s(j+1,i)
```

```
q2=q_s(j+1,n-1)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
*(T_e(j+1,i+1)-T_e(j+1,i))/dx_t
write(29,*) q_e(j+1,i)
```

```
q3=q_e(j+1,n-1)
```

else

```
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*)  
*(T_w(j+1,i+1)-T_w(j+1,i))/dx_t  
write(30,*) q_w(j+1,i)
```

```
q4=q_w(j+1,n-1)
```

endif

350 enddo

else

e=1

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
```

```
Aw(n)=-1
```

```
Ap(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1
```

```
A(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```
do 360 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T_hor(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt
```

```
360 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw'n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmati**

do 370 i=1,n

T\_hor(j+1,i)=T(i)

write(24,\*) T\_hor(j+1,i)

370 enddo

**!Ypologismos thermorown**

do 380 i=1,n-1

q\_hor(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_hor(j+1,i+1)-T\_hor(j+1,i))/dx\_o

write(31,\*) q\_hor(j+1,i)

380 enddo

q5=q\_hor(j,n-1)

endif

290 enddo

**!Eswterikoi toixoi**

**!Oriakes sunthikes**

Ap(1)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(1)\*k\_p(2))/(k\_p(1)+k\_p(2)))+1

Ae(1)=-1

A(1)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(1)\*k\_p(2))/(k\_p(1)+k\_p(2)))\*Ti(j)

Aw(n)=-1

Ap(n)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(n-1)\*k\_p(n))/(k\_p(n-1)+k\_p(n)))+1

A(n)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(n-1)\*k\_p(n))/(k\_p(n-1)+k\_p(n)))\*Ti(j)

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw'n**

do 390 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_p(i)\*k\_p(i-1))/(k\_p(i)+k\_p(i-1)))/dx\_p

Ae(i)=-((2\*k\_p(i)\*k\_p(i+1))/(k\_p(i)+k\_p(i+1)))/dx\_p

A(i)=(d\_p(i)\*cp\_p(i)\*dx\_p/dt)\*T\_eswt(j,i)

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt  
390 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm**

```
do 400 i=1,n  
T_eswt(j+1,i)=T(i)  
write(25,*) T_eswt(j+1,i)  
400 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 410 i=1,n-1  
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1))))*  
(T_eswt(j+1,i+1)-T_eswt(j+1,i)))/dx_p  
write(32,*) q_eswt(j+1,i)  
410 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)  
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

**!Isodunami plaka epiplwsis**

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(hf*dx_f)/kf+1  
Ae(1)=-1  
A(1)=(hf*dx_f)/kf*Ti(j)  
Aw(n)=-1  
Ap(n)=(hf*dx_f)/kf+1  
A(n)=(hf*dx_f)/kf*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw n**

```
do 420 i=2,n-1  
Aw(i)=-kf/dx_f
```

```
Ae(i)=-kf/dx_f  
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)  
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt  
420 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigni**

```
do 430 i=1,n  
T_plakas(j+1,i)=T(i)  
write(26,*) T_plakas(j+1,i)  
430 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 440 i=1,n-1  
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f  
write(33,*) q_plakas(j+1,i)  
440 enddo
```

```
q8=q_plakas(j+1,1)  
q9=q_plakas(j+1,n-1)
```

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

```
if (q6.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))*dt)/  
(va*da*cpa)+Ti(j)  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9))*dt)/  
/(va*da*cpa)+Ti(j)  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
elseif (q7.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))*dt)/  
/(va*da*cpa)+Ti(j)  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9))*dt)/  
/(va*da*cpa)+Ti(j)  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
endif
```

```
if (time(j+1).ge.45) then
```

```
write(38,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
280 enddo
```

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
!prosanatolismou

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,
```

```
p=5 hor,p=6 eswterikoi,p=7 plaka)'
```

```
write(*,*) 'pros='
```

```
read(*,*) p
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
e=2
```

```
do 450 i=1,n
```

```
write(36,*) xx(e,i),T_n(j,i)
```

```
450 enddo
```

```
do 460 i=1,n-1
```

```
write(37,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
```

```
460 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
e=2
```

```
do 470 i=1,n
```

```
write(36,*) xx(e,i),T_s(j,i)
```

```
470 enddo
```

```
do 480 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)  
480 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
e=2
```

```
do 490 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_e(j,i)  
490 enddo
```

```
do 500 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)  
500 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
e=2
```

```
do 510 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_w(j,i)  
510 enddo
```

```
do 520 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)  
520 enddo
```

```
elseif (p.eq.5) then
```

```
e=1
```

```
do 530 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
```



```
530 enddo
```

```
do 540 i=1,n-1
```

```
write(37,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
```

```
540 enddo
```

```
elseif (p.eq.6) then
```

```
do 550 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
write(36,*) x,T_eswt(j,i)
```

```
550 enddo
```

```
if (q_eswt(m,n-1).ge.0) then
```

```
do 560 i=1,n-1
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
write(37,*) x,abs(q_eswt(j,i))
```

```
560 enddo
```

```
else
```

```
do 570 i=1,n-1
```

```
x=(i-1)*dx_p
```

```
write(37,*) x,-abs(q_eswt(j,i))
```

```
570 enddo
```

```
endif
```

```
else
```

```
do 580 i=1,n
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,T_plakas(j,i)
580 enddo

if (q_plakas(m,n-1).ge.0) then

do 590 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,abs(q_plakas(j,i))
590 enddo

else

do 600 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,-abs(q_plakas(j,i))
600 enddo

endif

endif

end
```

## 2.9 Κώδικας επίλυσης μέρους 9<sup>ου</sup>

```
program meros_9o
```

```
!Metavatiki monodiastati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn,oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina lanouario sumperilamvanomenis kai tis  
!hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou  
!voriou,notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno  
!patwma,eswterikous toixous sunolikou mikous 2 0 metrwn kai ualopinakes  
!emvadou 4.5 tetragwnikwn metrwn se kathe enan apo tous tesseris toixous.
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(18000),To(18000)  
dimension qwindow(18000),Teisod(18000),A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300)  
dimension T(300),xx(2,300),time(18000),s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000)  
dimension d_p(300),cp_p(300),T_n(18000,300),T_s(18000,300)  
dimension T_e(18000,300),T_w(18000,300),T_hor(18000,300),cp_o(6)  
dimension T_eswt(18000,300),q_n(18000,300),q_s(18000,300)  
dimension q_e(18000,300),q_w(18000,300),q_hor(18000,300),d_o(6)  
dimension q_eswt(18000,300),T_plakas(18000,300),q_plakas(18000,300)
```

```
real,dimension(2,300)::k_e
```

```
real,dimension(300)::k_p
```

```
real,dimension(6)::k_o,l_o
```

```
real,dimension(5)::k_t,l_t
```

```
integer e
```

```
real lt,lo,M_Jan,lp,lf,kf,lepta
```

```
open (1,file='k_t.txt')
```

```
open (2,file='d_t.txt')
```

```
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (13,file='S_Jan.txt')
open (14,file='C_Jan.txt')
open (15,file='SHGF_NJan.dat')
open (16,file='SHGF_SJan.dat')
open (17,file='SHGF_EJan.dat')
open (18,file='SHGF_WJan.dat')
open (19,file='SHGF_HORJan.dat')
open (20,file='T_north.dat')
open (21,file='T_south.dat')
open (22,file='T_east.dat')
open (23,file='T_west.dat')
open (24,file='T_hor.dat')
open (25,file='T_eswterikwn.dat')
open (26,file='T_plakas.dat')
open (27,file='q_north.dat')
open (28,file='q_south.dat')
open (29,file='q_east.dat')
open (30,file='q_west.dat')
open (31,file='q_hor.dat')
open (32,file='q_eswt.dat')
open (33,file='q_plakas.dat')
open (34,file='To.dat')
open (35,file='Ti.dat')
open (36,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (37,file='Thermoro.es.dat')
open (38,file='Megethunsiti.dat')
open (39,file='Teisod.dat')
open (40,file='qwindows.dat')
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n
```

### !Orismos statherwn

#### !Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

#### !Paxos orofis

lo=0.365

#### !Paxos eswterikwn toixwn

lp=0.13

#### !Paxos isodunamis plakas epiplwsis

lf=0.05

#### !Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24\*3600\*meres

#### !Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

hp=8

hf=8

!Suntelestis thermikis agwgimotitos isopdunamis plakas epiplwsis

kf=0.116

!Olikos suntelestis thermoperatotitas ualopianakwn

U=4

!Puknotita aera

da=1.186

!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis

df=592

!Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis

cpf=699

!Diastaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

ypsos=3

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos\*ypsos

!Epifaneia eswterikwn toixwn

A\_p=60

!Epifaneia orofis

Ar=mikos\*platos

!Epifaneia ualopinakwn

A\_w=4.5

!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis

Af=60

!Ogkos dwmatiou

va=mikos\*platos\*ypsos

!Syntelestis M gia lanouario

M\_Jan=9.384

!Xroniko vima

dt=lepta\*60

! Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx\_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx\_o=lo/(n-1)

!Eswterikwn toixwn

dx\_p=lp/(n-1)

!Isodunamis plakas epiplwsis

dx\_f=lf/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Kataxwrisi twv idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

```
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)
rewind(9)
rewind(10)
rewind(11)
rewind(12)
```

```
do 10 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 20 j=1,6
```

```
read(5,*) k_o(j)
```

```
read(6,*) d_o(j)
```

```
read(7,*) cp_o(j)
```

```
read(8,*) l_o(j)
```

```
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```



```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(3)
```

```
d_e(e,i)=d_o(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).
```

```
and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(5)
```

```
d_e(e,i)=d_o(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(5)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(6)
```

```
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
```

```
endif
```

```
30 enddo
```

```
else
```

```
do 40 j=1,5
```

```
read(1,*) k_t(j)
```

```
read(2,*) d_t(j)
```

```
read(3,*) cp_t(j)
```

```
read(4,*) l_t(j)
```

```
40 enddo
```

```
do 50 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_t
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(1)
```

```
d_e(e,i)=d_t(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(2)
```

```
d_e(e,i)=d_t(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(3)
```

```
d_e(e,i)=d_t(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(4)
```

```
d_e(e,i)=d_t(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(5)
```

```
d_e(e,i)=d_t(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(5)
```

```
endif
```

```
50 enddo
```

```
endif

10 enddo

do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n

x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)

elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
d_p(i)=d_t(2)
cp_p(i)=cp_t(2)

elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
k_p(i)=k_t(3)
d_p(i)=d_t(3)
cp_p(i)=cp_t(3)

endif

70 enddo
```

**!Kataxwrisi xwrou kai xronou**

do 80 j=1,m

time(j)=((j-1)\*dt)/(24\*3600)

80 enddo

do 90 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 100 i=1,n

xx(e,i)=(i-1)\*dx\_o

100 enddo

else

do 110 i=1,n

xx(e,i)=(i-1)\*dx\_t

110 enddo

endif

90 enddo

**!Metavoli ekswterikis thermokrasias To**

do 120 j=1,m

**!Xroniko diastima se sec**

t1=(j-1)\*dt

sum1=0

sum2=0

rewind(13)

rewind(14)

```
do 130 i=1,3  
read(14,*) c(i)  
read(13,*) s(i)  
130 enddo
```

```
do 140 i=1,3  
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))  
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))  
140 enddo
```

```
To(j)=M_Jan+sum1+sum2  
write(34,*) time(j),To(j)
```

```
120 enddo
```

**!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros**

```
rewind(15)  
rewind(16)  
rewind(17)  
rewind(18)  
rewind(19)
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 150 p=1,5  
if (p.eq.1) then
```

```
do 160 j=1,m
```

```
read(15,*) SHGF(j)
```

```
160 enddo
```

```
do 170 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
170 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
do 180 j=1,m
```

```
read(16,*) SHGF(j)
```

```
180 enddo
```

```
do 190 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
do 200 j=1,m
```

```
read(17,*) SHGF(j)
```

```
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
210 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
do 220 j=1,m
```

```
read(18,*) SHGF(j)
```

```
220 enddo
```

```
do 230 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
230 enddo
```

```
else
```

```
do 240 j=1,m  
read(19,*) SHGF(j)  
240 enddo
```

```
do 250 j=1,m  
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9  
250 enddo
```

```
endif
```

```
150 enddo
```

```
!Arxiki sunthiki
```

```
Ti(1)=20  
write(35,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 260 i=1,n  
T_n(1,i)=20  
T_s(1,i)=20  
T_e(1,i)=20  
T_w(1,i)=20  
T_hor(1,i)=20  
T_eswt(1,i)=20  
T_plakas(1,i)=20  
write(20,*) T_n(1,i)  
write(21,*) T_s(1,i)  
write(22,*) T_e(1,i)  
write(23,*) T_w(1,i)  
write(24,*) T_hor(1,i)  
write(25,*) T_eswt(1,i)  
write(26,*) T_plakas(1,i)  
260 enddo
```

```
do 270 i=1,n-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
q_hor(1,i)=0
q_eswt(1,i)=0
q_plakas(1,i)=0
write(27,*) q_n(1,i)
write(28,*) q_s(1,i)
write(29,*) q_e(1,i)
write(30,*) q_w(1,i)
write(31,*) q_hor(1,i)
write(32,*) q_eswt(1,i)
write(33,*) q_plakas(1,i)
270 enddo
```

**!Broxos xronikou vimatos fainomenou**

```
do 280 j=1,m-1
```

**!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)**

```
do 290 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
e=2
```

**!Oriakes sunthikes**

$$Ap(1)=(ho*dx\_t)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))+1$$
$$Ae(1)=-1$$
$$A(1)=(ho*dx\_t)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))*Te(p,j)$$
$$Aw(n)=-1$$
$$Ap(n)=(dx\_t*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))+1$$
$$A(n)=(dx\_t*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))*Ti(j)$$



if (p.eq.1) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw

do 300 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i-1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i-1)))/dx\_t

Ae(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))/dx\_t

A(i)=(d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt)\*T\_n(j,i)

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt

300 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw

do 310 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i-1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i-1)))/dx\_t

Ae(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))/dx\_t

A(i)=(d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt)\*T\_s(j,i)

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt

310 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.3) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw

do 320 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i-1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i-1)))/dx\_t

Ae(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))/dx\_t

A(i)=(d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt)\*T\_e(j,i)

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt

320 enddo

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
else
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 330 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_w(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
```

```
330 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
endif
```

```
!Kataxwrisi tw
```

```
do 340 i=1,n
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
T_n(j+1,i)=T(i)
```

```
write(20,*) T_n(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
T_s(j+1,i)=T(i)
```

```
write(21,*) T_s(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
T_e(j+1,i)=T(i)
```

```
write(22,*) T_e(j+1,i)
```

```
else
```

```
T_w(j+1,i)=T(i)
```

```
write(23,*) T_w(j+1,i)
```

```
endif
```

```
340 enddo
```

```
!Ypologismos thermorown
```

```
do 350 i=1,n-1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_n(j+1,i+1)-T_n(j+1,i))/dx_t
```

```
write(27,*) q_n(j+1,i)
```

```
q1=q_n(j+1,n-1)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_s(j+1,i+1)-T_s(j+1,i))/dx_t
```

```
write(28,*) q_s(j+1,i)
```

```
q2=q_s(j+1,n-1)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_e(j+1,i+1)-T_e(j+1,i))/dx_t
```

```
write(29,*) q_e(j+1,i)
```

```
q3=q_e(j+1,n-1)
```

```
else
```

```
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*  
*(T_w(j+1,i+1)-T_w(j+1,i))/dx_t
```

```
write(30,*) q_w(j+1,i)
```

```
q4=q_w(j+1,n-1)
```

```
endif
```

```
350 enddo
```

```
else
```

```
e=1
```

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
```

```
Aw(n)=-1
```

```
Ap(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))+1
```

```
A(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,n-1))/(k_e(e,n)+k_e(e,n-1)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```
do 360 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T_hor(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt
```

```
360 enddo
```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm**

do 370 i=1,n

T\_hor(j+1,i)=T(i)

write(24,\*) T\_hor(j+1,i)

370 enddo

**!Ypologismos thermorown**

do 380 i=1,n-1

q\_hor(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_hor(j+1,i+1)-T\_hor(j+1,i))/dx\_o

write(31,\*) q\_hor(j+1,i)

380 enddo

q5=q\_hor(j,n-1)

endif

290 enddo

**!Eswterikoi toixoi**

**!Oriakes sunthikes**

Ap(1)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(1)\*k\_p(2))/(k\_p(1)+k\_p(2)))+1

Ae(1)=-1

A(1)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(1)\*k\_p(2))/(k\_p(1)+k\_p(2)))\*Ti(j)

Aw(n)=-1

Ap(n)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(n-1)\*k\_p(n))/(k\_p(n-1)+k\_p(n)))+1

A(n)=(hp\*dx\_p)/((2\*k\_p(n-1)\*k\_p(n))/(k\_p(n-1)+k\_p(n)))\*Ti(j)

**!Ypologismos suntelestw n tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimat**

do 390 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_p(i)\*k\_p(i-1))/(k\_p(i)+k\_p(i-1)))/dx\_p

Ae(i)=-((2\*k\_p(i)\*k\_p(i+1))/(k\_p(i)+k\_p(i+1)))/dx\_p

A(i)=(d\_p(i)\*cp\_p(i)\*dx\_p/dt)\*T\_eswt(j,i)

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt  
390 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm**

```
do 400 i=1,n  
T_eswt(j+1,i)=T(i)  
write(25,*) T_eswt(j+1,i)  
400 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 410 i=1,n-1  
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1))))*  
(T_eswt(j+1,i+1)-T_eswt(j+1,i)))/dx_p  
write(32,*) q_eswt(j+1,i)  
410 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)  
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

**!Isodunami plaka epiplwsis**

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(hf*dx_f)/kf+1  
Ae(1)=-1  
A(1)=(hf*dx_f)/kf+Ti(j)  
Aw(n)=-1  
Ap(n)=(hf*dx_f)/kf+1  
A(n)=(hf*dx_f)/kf+Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw n**

```
do 420 i=2,n-1  
Aw(i)=-kf/dx_f
```

```
Ae(i)=-kf/dx_f  
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)  
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt  
420 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigni**

```
do 430 i=1,n  
T_plakas(j+1,i)=T(i)  
write(26,*) T_plakas(j+1,i)  
430 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 440 i=1,n-1  
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f  
write(33,*) q_plakas(j+1,i)  
440 enddo
```

```
q8=q_plakas(j+1,1)  
q9=q_plakas(j+1,n-1)
```

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

```
var1=((da*va*cpa)/dt)+U*A_w*4d0  
var2=(da*va*cpa)/dt  
var3=A_w*U
```

```
if (q6.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9))+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
elseif (q7.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9))+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
endif
```

```
if (time(j+1).ge.45) then
```

```
write(38,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
280 enddo
```



!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
!prosanatolismou

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,
```

```
p=5 hor,p=6 eswterikoi,p=7 plaka)'
```

```
write(*,*) 'pros='
```

```
read(*,*) p
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
e=2
```

```
do 450 i=1,n
```

```
write(36,*) xx(e,i),T_n(j,i)
```

```
450 enddo
```

```
do 460 i=1,n-1
```

```
write(37,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
```

```
460 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
e=2
```

```
do 470 i=1,n
```

```
write(36,*) xx(e,i),T_s(j,i)
```

```
470 enddo
```

```
do 480 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)  
480 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
e=2
```

```
do 490 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_e(j,i)  
490 enddo
```

```
do 500 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)  
500 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
e=2
```

```
do 510 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_w(j,i)  
510 enddo
```

```
do 520 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)  
520 enddo
```

```
elseif (p.eq.5) then
```

```
e=1
```

```
do 530 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_hor(j,i)  
530 enddo
```

```
do 540 i=1,n-1
write(37,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
540 enddo
```

```
elseif (p.eq.6) then
```

```
do 550 i=1,n
x=(i-1)*dx_p
write(36,*) x,T_eswt(j,i)
550 enddo
```

```
if (q_eswt(m,n-1).ge.0) then
```

```
do 560 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_p
write(37,*) x,abs(q_eswt(j,i))
560 enddo
```

```
else
```

```
do 570 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_p
write(37,*) x,-abs(q_eswt(j,i))
570 enddo
```

```
endif
```

```
else
```

```
do 580 i=1,n
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,T_plakas(j,i)
580 enddo
```

```
if (q_plakas(m,n-1).ge.0) then

do 590 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,abs(q_plakas(j,i))
590 enddo

else

do 600 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,-abs(q_plakas(j,i))
600 enddo

endif

endif

rewind(39)

do 610 j=1,m
read(39,*) Teisod(j)
610 enddo

do 620 j=1,m
qwindow(j)=U*A_w*(Teisod(j)-Ti(j))
write(40,*) time(j),qwindow(j)
620 enddo

end
```

### 3 Κώδικας επίλυσης κλιματισμού χώρου

program Meleti\_klimatismou\_xwrou

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn,oriakes  
!sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia  
!(thermokrasia Athinas gia to mina Ianouario sumperilamvanomenis kai tis hliakis  
!aktinovolias) se dwmatio me tesseractois toixous(prosanatolismou voriou,notiou,  
!anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno patwma,eswterikous  
!toixous sunolikou mikous 20 metrwn kai ualopinakes emvadou 4.5 tetragwnikwn  
!metrwn se kathe enan apo tous tesseractois toixous.

!Meleti klimatismou xwrou.

implicit double precision (a-h,o-z)

dimension d\_e(2,300),cp\_e(2,300),d\_t(5),cp\_t(5),Ti(18000),To(18000)  
dimension qwindow(18000),Teisod(18000),A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300)  
dimension T(300),xx(2,300),time(18000),s(3),c(3),SHGF(18000),Te(5,18000)  
dimension d\_p(300),cp\_p(300),T\_n(18000,300),T\_s(18000,300)  
dimension T\_e(18000,300),T\_w(18000,300),T\_hor(18000,300),cp\_o(6)  
dimension T\_eswt(18000,300),q\_n(18000,300),q\_s(18000,300)  
dimension q\_e(18000,300),q\_w(18000,300),q\_hor(18000,300),d\_o(6)  
dimension q\_eswt(18000,300),T\_plakas(18000,300),q\_plakas(18000,300)

real,dimension(2,300)::k\_e

real,dimension(300)::k\_p

real,dimension(6)::k\_o,l\_o

real,dimension(5)::k\_t,l\_t

integer e

real lt,lo,M\_Jan,lp,lf,kf,lepta

open (1,file='k\_t.txt')  
open (2,file='d\_t.txt')  
open (3,file='cp\_t.txt')  
open (4,file='l\_t.txt')  
open (5,file='k\_o.txt')  
open (6,file='d\_o.txt')  
open (7,file='cp\_o.txt')  
open (8,file='l\_o.txt')  
open (9,file='k\_p.txt')  
open (10,file='d\_p.txt')  
open (11,file='cp\_p.txt')  
open (12,file='l\_p.txt')  
open (13,file='S\_Jan.txt')  
open (14,file='C\_Jan.txt')  
open (15,file='SHGF\_NJan.dat')  
open (16,file='SHGF\_SJan.dat')  
open (17,file='SHGF\_EJan.dat')  
open (18,file='SHGF\_WJan.dat')  
open (19,file='SHGF\_HORJan.dat')  
open (20,file='T\_north.dat')  
open (21,file='T\_south.dat')  
open (22,file='T\_east.dat')  
open (23,file='T\_west.dat')  
open (24,file='T\_hor.dat')  
open (25,file='T\_eswterikwn.dat')  
open (26,file='T\_plakas.dat')  
open (27,file='q\_north.dat')  
open (28,file='q\_south.dat')  
open (29,file='q\_east.dat')  
open (30,file='q\_west.dat')  
open (31,file='q\_hor.dat')  
open (32,file='q\_eswt.dat')  
open (33,file='q\_plakas.dat')  
open (34,file='To.dat')

```
open (35,file='Ti.dat')
open (36,file='Thermokrasies.dat')
open (37,file='Thermoroos.dat')
open (38,file='MegethunsiTi.dat')
open (39,file='Teisod.dat')
open (40,file='qwindows.dat')
```

```
write(*,*) 'Dwse epithimiti thermokrasia eswterikou xwrou'
write(*,*) 'Teswteriki='
read(*,*) Teswteriki
```

### !Epilogi diastasewn plegmatos

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n
```

### !Orismos statherwn

#### !Paxos ekswterikwn toixwn

lt=0.26

#### !Paxos orofis

lo=0.365

#### !Paxos eswterikwn toixwn

lp=0.13

#### !Paxos isodunamis plakas epiplwsis

lf=0.05

!Xroniki diarkeia fainomenou

$$tt=24*3600*meres$$

!Suntelestes sunagwgis

$$ho=16$$

$$hi=8$$

$$hp=8$$

$$hf=8$$

!Suntelestis thermikis agwgimotitos isopdunamis plakas epiplwsis

$$kf=0.116$$

!Olikos suntelestis thermoperatotitas ualopianakwn

$$U=4$$

!Puknotita aera

$$da=1.186$$

!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis

$$df=592$$

!Eidiki thermoxwritikotita aera

$$cpa=1024$$

!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis

$$cpf=699$$

!Diastaseis dwmatiou

$$mikos=10$$

$$platos=10$$

$$ypsos=3$$

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

$$At=mikos*ypsos$$



!Epifaneia eswterikwn toixwn

$$A_p=60$$

!Epifaneia orofis

$$Ar=\text{mikos}*\text{platos}$$

!Epifaneia ualopinakwn

$$A_w=4.5$$

!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis

$$Af=60$$

!Sunoliki epifaneia sunalagis

$$A_{\text{total}}=4d_0*At+Ar$$

!Syntelestis thermikis diaperatotitas ktiriou

$$U_m=0.841$$

!Ogkos dwmatiou

$$v_a=\text{mikos}*\text{platos}*\text{ypsos}$$

!Syntelestis M gia Ianouario

$$M_{\text{Jan}}=9.384$$

!Xroniko vima

$$dt=\text{lepta}*60$$

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

$$dx_t=lt/(n-1)$$

!Orofis

$$dx_o=lo/(n-1)$$

!Eswterikwn toixwn

$dx_p = lp / (n-1)$

!Isodunamis plakas epiplwsis

$dx_f = lf / (n-1)$

!Arithmos xronikwm komvwn

$m = tt / dt + 1$

!Kataxwrisi twn idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

rewind(8)

rewind(9)

rewind(10)

rewind(11)

rewind(12)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 20 j=1,6

read(5,\*) k\_o(j)

read(6,\*) d\_o(j)

read(7,\*) cp\_o(j)

read(8,\*) l\_o(j)

20 enddo

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(3)
```

```
d_e(e,i)=d_o(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(4)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).
```

```
and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5))) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(5)
```

```
d_e(e,i)=d_o(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(5)
```

```
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(6)
```

```
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
```

```
endif
```

```
30 enddo
```

```
else
```

```
do 40 j=1,5
```

```
read(1,*) k_t(j)
```

```
read(2,*) d_t(j)
```

```
read(3,*) cp_t(j)
```

```
read(4,*) l_t(j)
```

```
40 enddo
```

```
do 50 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_t
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(1)
```

```
d_e(e,i)=d_t(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(2)
```

```
d_e(e,i)=d_t(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(3)
```

```
d_e(e,i)=d_t(3)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(3)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(4)
```

```
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)

elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)

endif

50 enddo

endif

10 enddo

do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n
x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)

elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
```

```
d_p(i)=d_t(2)
```

```
cp_p(i)=cp_t(2)
```

```
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
```

```
k_p(i)=k_t(3)
```

```
d_p(i)=d_t(3)
```

```
cp_p(i)=cp_t(3)
```

```
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 80 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
80 enddo
```

```
do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 100 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
```

```
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=1,n
```

```
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
```

```
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
```

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 120 j=1,m

!Xroniko diastima se sec

t1=(j-1)\*dt

sum1=0

sum2=0

rewind(13)

rewind(14)

do 130 i=1,3

read(14,\*) c(i)

read(13,\*) s(i)

130 enddo

do 140 i=1,3

sum1=sum1+c(i)\*cos(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

sum2=sum2+s(i)\*sin(i\*4\*atan(4.00)/(24\*3600)\*(t1-0.5d0\*3600))

140 enddo

To(j)=M\_Jan+sum1+sum2

write(34,\*) time(j),To(j)

120 enddo

!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros

sum=0

rewind(15)

rewind(16)

rewind(17)

rewind(18)

rewind(19)

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 150 p=1,5

if (p.eq.1) then

do 160 j=1,m

read(15,\*) SHGF(j)

160 enddo

do 170 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

sum=sum+Te(p,j)

170 enddo

elseif (p.eq.2) then

do 180 j=1,m

read(16,\*) SHGF(j)

180 enddo

do 190 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

sum=sum+Te(p,j)

190 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 200 j=1,m

read(17,\*) SHGF(j)

200 enddo

do 210 j=1,m

Te(p,j)=To(j)+0.026\*1.15\*SHGF(j)

sum=sum+Te(p,j)

210 enddo



```
elseif (p.eq.4) then
```

```
do 220 j=1,m
```

```
read(18,*) SHGF(j)
```

```
220 enddo
```

```
do 230 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
sum=sum+Te(p,j)
```

```
230 enddo
```

```
else
```

```
do 240 j=1,m
```

```
read(19,*) SHGF(j)
```

```
240 enddo
```

```
do 250 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
```

```
sum=sum+Te(p,j)
```

```
250 enddo
```

```
endif
```

```
150 enddo
```

```
Tavg=sum/(5d0*m)
```

```
!Isxus klimatistikis siskevis
```

```
Pkl=Atotal*Um*(Tswteriki-Tavg)
```

```
!Arxiki sunthiki
```

```
Ti(1)=20
```

```
write(35,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 260 i=1,n
T_n(1,i)=20
T_s(1,i)=20
T_e(1,i)=20
T_w(1,i)=20
T_hor(1,i)=20
T_eswt(1,i)=20
T_plakas(1,i)=20
write(20,*) T_n(1,i)
write(21,*) T_s(1,i)
write(22,*) T_e(1,i)
write(23,*) T_w(1,i)
write(24,*) T_hor(1,i)
write(25,*) T_eswt(1,i)
write(26,*) T_plakas(1,i)
260 enddo
```

```
do 270 i=1,n-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
q_hor(1,i)=0
q_eswt(1,i)=0
q_plakas(1,i)=0
write(27,*) q_n(1,i)
write(28,*) q_s(1,i)
write(29,*) q_e(1,i)
write(30,*) q_w(1,i)
write(31,*) q_hor(1,i)
write(32,*) q_eswt(1,i)
write(33,*) q_plakas(1,i)
270 enddo
```

!Broxos xronikou vimatos fainomenou

do 280 j=1,m-1

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 290 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

e=2

!Oriakes sunthikes

Ap(1)=(ho\*dx\_t)/((2\*k\_e(e,1)\*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))+1

Ae(1)=-1

A(1)=(ho\*dx\_t)/((2\*k\_e(e,1)\*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))\*Te(p,j)

Aw(n)=-1

Ap(n)=(dx\_t\*hi)/((2\*k\_e(e,n)\*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))+1

A(n)=(dx\_t\*hi)/((2\*k\_e(e,n)\*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))\*Ti(j)

if (p.eq.1) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw

do 300 i=2,n-1

Aw(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i-1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i-1)))/dx\_t

Ae(i)=-((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))/dx\_t

A(i)=(d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt)\*T\_n(j,i)

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d\_e(e,i)\*cp\_e(e,i)\*dx\_t/dt

300 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw

do 310 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_s(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

310 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

elseif (p.eq.3) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw

do 320 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_e(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

320 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

else

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw

do 330 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_w(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt$

330 enddo

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
endif
```

```
!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmati
```

```
do 340 i=1,n
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
T_n(j+1,i)=T(i)
```

```
write(20,*) T_n(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
T_s(j+1,i)=T(i)
```

```
write(21,*) T_s(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
T_e(j+1,i)=T(i)
```

```
write(22,*) T_e(j+1,i)
```

```
else
```

```
T_w(j+1,i)=T(i)
```

```
write(23,*) T_w(j+1,i)
```

```
endif
```

```
340 enddo
```

### !Ypologismos thermorown

do 350 i=1,n-1

if (p.eq.1) then

q\_n(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_n(j+1,i+1)-T\_n(j+1,i)))/dx\_t  
write(27,\*) q\_n(j+1,i)

q1=q\_n(j+1,n-1)

elseif (p.eq.2) then

q\_s(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_s(j+1,i+1)-T\_s(j+1,i)))/dx\_t  
write(28,\*) q\_s(j+1,i)

q2=q\_s(j+1,n-1)

elseif (p.eq.3) then

q\_e(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_e(j+1,i+1)-T\_e(j+1,i)))/dx\_t  
write(29,\*) q\_e(j+1,i)

q3=q\_e(j+1,n-1)

else

q\_w(j+1,i)=-(((2\*k\_e(e,i)\*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1))))\*  
\*(T\_w(j+1,i+1)-T\_w(j+1,i)))/dx\_t  
write(30,\*) q\_w(j+1,i)

q4=q\_w(j+1,n-1)

endif

350 enddo

else

e=1

**!Oriakes sunthikes**

$Ap(1)=(ho*dx\_o)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))+1$

$Ae(1)=-1$

$A(1)=(ho*dx\_o)/((2*k\_e(e,1)*k\_e(e,2))/(k\_e(e,1)+k\_e(e,2)))*Te(p,j)$

$Aw(n)=-1$

$Ap(n)=(dx\_o*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))+1$

$A(n)=(dx\_o*hi)/((2*k\_e(e,n)*k\_e(e,n-1))/(k\_e(e,n)+k\_e(e,n-1)))*Ti(j)$

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw**

do 360 i=2,n-1

$Aw(i)=-((2*k\_e(e,i)*k\_e(e,i-1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i-1)))/dx\_o$

$Ae(i)=-((2*k\_e(e,i)*k\_e(e,i+1))/(k\_e(e,i)+k\_e(e,i+1)))/dx\_o$

$A(i)=(d\_e(e,i)*cp\_e(e,i)*dx\_o/dt)*T\_hor(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d\_e(e,i)*cp\_e(e,i)*dx\_o/dt$

360 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma**

do 370 i=1,n

$T\_hor(j+1,i)=T(i)$

write(24,\*) T\\_hor(j+1,i)

370 enddo

**!Ypologismos thermorown**

```
do 380 i=1,n-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1))))*
*(T_hor(j+1,i+1)-T_hor(j+1,i))/dx_o
write(31,*) q_hor(j+1,i)
380 enddo
```

q5=q\_hor(j,n-1)

endif

290 enddo

**!Eswterikoi toixoi**

**!Oriakes sunthikes**

```
Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)
```

**!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos**

**!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw**

```
do 390 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
390 enddo
```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)



!Kataxwrisi tw'n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma

```
do 400 i=1,n
T_eswt(j+1,i)=T(i)
write(25,*) T_eswt(j+1,i)
400 enddo
```

!Ypologismos thermorown

```
do 410 i=1,n-1
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1))))*
*(T_eswt(j+1,i+1)-T_eswt(j+1,i))/dx_p
write(32,*) q_eswt(j+1,i)
410 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

!Isodunami plaka epiplwsis

!Oriakes sunthikes

```
Ap(1)=(hf*dx_f)/kf+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hf*dx_f)/kf*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hf*dx_f)/kf+1
A(n)=(hf*dx_f)/kf*Ti(j)
```

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw'n

```
do 420 i=2,n-1
Aw(i)=-kf/dx_f
Ae(i)=-kf/dx_f
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt
420 enddo
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

**!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma**

```
do 430 i=1,n
T_plakas(j+1,i)=T(i)
write(26,*) T_plakas(j+1,i)
430 enddo
```

**!Ypologismos thermorown**

```
do 440 i=1,n-1
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f
write(33,*) q_plakas(j+1,i)
440 enddo
```

```
q8=q_plakas(j+1,1)
q9=q_plakas(j+1,n-1)
```

**!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera**

```
var1=((da*va*cpa)/dt)+U*A_w*4d0
var2=(da*va*cpa)/dt
var3=A_w*U
```

```
if (q6.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9)+Pkl)+
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9)+Pkl)+
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
elseif (q7.le.0) then
```

```
if (q8.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9)+Pkl)+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q9.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(-abs(q8)+q9)+Pkl)+  
+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1  
write(35,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
endif
```

```
if (time(j+1).ge.45) then
```

```
write(38,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
280 enddo
```

```
!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
!prosanatolismou
```

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,
```

```
p=5 hor,p=6 eswterikoi,p=7 plaka)
```

```
write(*,*)'pros='
```

```
read(*,*) p
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
  e=2
```

```
  do 450 i=1,n
```

```
    write(36,*) xx(e,i),T_n(j,i)
```

```
  450 enddo
```

```
  do 460 i=1,n-1
```

```
    write(37,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
```

```
  460 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
  e=2
```

```
  do 470 i=1,n
```

```
    write(36,*) xx(e,i),T_s(j,i)
```

```
  470 enddo
```

```
  do 480 i=1,n-1
```

```
    write(37,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
```

```
  480 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
  e=2
```

```
do 490 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_e(j,i)  
490 enddo
```

```
do 500 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)  
500 enddo
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
e=2
```

```
do 510 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_w(j,i)  
510 enddo
```

```
do 520 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)  
520 enddo
```

```
elseif (p.eq.5) then
```

```
e=1
```

```
do 530 i=1,n  
write(36,*) xx(e,i),T_hor(j,i)  
530 enddo
```

```
do 540 i=1,n-1  
write(37,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)  
540 enddo
```

```
elseif (p.eq.6) then
```

```
do 550 i=1,n
x=(i-1)*dx_p
write(36,*) x,T_eswt(j,i)
550 enddo

if (q_eswt(m,n-1).ge.0) then

do 560 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_p
write(37,*) x,abs(q_eswt(j,i))
560 enddo

else

do 570 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_p
write(37,*) x,-abs(q_eswt(j,i))
570 enddo

endif

else

do 580 i=1,n
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,T_plakas(j,i)
580 enddo

if (q_plakas(m,n-1).ge.0) then

do 590 i=1,n-1
x=(i-1)*dx_f
write(37,*) x,abs(q_plakas(j,i))
590 enddo
```

else

do 600 i=1,n-1

x=(i-1)\*dx\_f

write(37,\*) x,-abs(q\_plakas(j,i))

600 enddo

endif

endif

rewind(39)

do 610 j=1,m

read(39,\*) Teisod(j)

610 enddo

do 620 j=1,m

qwindow(j)=U\*A\_w\*(Teisod(j)-Ti(j))

write(40,\*) time(j),qwindow(j)

620 enddo

end

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Κίμωνας Α. Αντωνόπουλος, “Υπολογιστικές Μέθοδοι Φαινομένων Μεταφοράς Μέρος Πρώτο”, 2005
2. Γεώργιος Μπεργελές, “Υπολογιστική Ρευστομηχανική”, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, 2006
3. Κ.Χ. Γιαννάκογλου, Ι. Αναγνωστόπουλος, Γ. Μπεργελές, “Αριθμητική Ανάλυση για Μηχανικούς”, 2003
4. Ξενοφών Κακάτσιος, “Αρχές Μεταφοράς Θερμότητας και Μάζης”, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ 2006
5. Κίμωνας Α. Αντωνόπουλος, “Κλιματισμός Μέρος Πρώτο”, 2007
6. ASHRAE, “Fundamentals Handbook”, 2001

## **ΔΙΚΤΥΑΚΟΪ ΤΌΠΟΙ**

1. [www.spitia.gr](http://www.spitia.gr)
2. [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
3. [europa.eu/legislation\\_summaries/energy](http://europa.eu/legislation_summaries/energy)