

ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ¹

ΧΡΗΣΤΟ ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗ² και ΤΙΜΟΛΕΟΝΤΑ ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗ²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετώνται οι βαθμοημέρες θέρμανσης (HDDs) στην πόλη της Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1946–2000 (55 έτη). Για τον προσδιορισμό των HDDs χρησιμοποιούνται ημερήσιες τιμές της μέσης, της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα, όπως αυτή καταγράφεται στο Μ.Σ. του ΑΠΘ. Μετά από πολλαπλές εφαρμογές ειδικού για το σκοπό αυτό προγράμματος σε ΗΥ, προσδιορίστηκε η «βασική θερμοκρασία» ίση με 13.0 °C. Όταν η ημερήσια θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από τη βασική θερμοκρασία τότε απαιτείται θέρμανση. Προσδιορίζεται η περίοδος θέρμανσης για την πόλη της Θεσσαλονίκης, η οποία και οριοθετείται μεταξύ της 25ης Οκτωβρίου και της 2ας Μαΐου. Υπολογίζονται αθροιστικά οι βαθμοημέρες για κάθε μήνα και προσδιορίζεται η πορεία αυτών. Οι μήνες με τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θέρμανση είναι κατά σειρά ο Ιανουάριος, ο Δεκέμβριος και ο Φεβρουάριος με τιμές που υπερβαίνουν κατά πολύ τις 150 βαθμοημέρες. Αναλύεται επίσης η διαχρονική πορεία των HDDs, για κάθε μήνα της ψυχρής περιόδου, όπου και διαπιστώνεται ότι υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις γύρω από τη μέση τιμή, οι οποίες και χαρακτηρίζουν τις περιόδους που απαιτείται υψηλότερη ή χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση των κατοικιών.

ABSTRACT

The Heating Degree Days, at the city of Thessalonica, have been studied since 1946 to 2000. In order to estimate the HDDs, the maximum, mean and minimum daily air temperature values were used, as they have been recorded at the University Met. Station. The base temperature equal to 13.0 °C, has been set as a constant after many tests, using a computer program. When the mean air temperature is below the base temperature no heat is required. The heating period for the city starts on 20th of October and ends at 2nd of May. The Cumulative HDDs separately for each one of the cold months are estimated and the course of them is illustrated graphically. The months with the greater heating demand are January, December and February with values exceeding the 150 HDDs limit. The interannual course of the HDDs for each month is analyzed and it is ascertained that there are significant fluctuations around the monthly mean values, which characterize the periods of higher or lower consumption of energy in order to stabilize the central heating.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Βαθμοημέρες θέρμανσης, Βασική θερμοκρασία, Περίοδος θέρμανσης
KEY WORDS: Heating Degree-Days, Base Temperature, Heating Period.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση ορυκτών καυσίμων ή ηλεκτρικού ρεύματος, για οικιακή θέρμανση, παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από χρόνο σε χρόνο και σχετίζεται άμεσα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν (Manley, 1957). Όσο χαμηλότερες είναι οι θερμοκρασίες τόσο μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας απαιτείται.

Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου είναι μεγαλύτερη από μια ορισμένη τιμή, οι κατοικίες δεν χρειάζεται θέρμανση. Αυτή η οριακή τιμή ορίζεται ως «βασική θερμοκρασία». Εάν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη βασική θερμοκρασία τότε απαιτείται θέρμανση, και οι ενεργειακές ανάγκες θα είναι ανάλογες με τη διαφορά της θερμοκρασίας, εκφρασμένες σε βαθμούς Κελσίου. Το μέγεθος της διαφοράς που προκύπτει, είναι γνωστό ως βαθμοημέρα θέρμανσης (Hitchen, 1981) και το σύνολο των διαφορών αυτών για κάθε μήνα ή περίοδο δίδει τις λεγόμενες αθροιστικές ημέρες θέρμανσης.

Οι αθροιστικές βαθμοημέρες θέρμανσης είναι εξ' ορισμού ανάλογες με τις ενεργειακές απαιτήσεις για την ίδια χρονική περίοδο (Lyness and Badger, 1970).

1: HEATING DEGREE DAYS IN THESSALONIKH

2: Department of Meteorology and Climatology
Aristotle University of Thessaloniki-54006 GR

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια, να υπολογιστούν- από κλιματική άποψη- οι βαθμοημέρες θέρμανσης (HDDs) στη Θεσσαλονίκη για μια μεγάλη χρονική περίοδο (1946-47 έως 1999-2000) προκειμένου να προσδιοριστεί η πορεία και οι διακυμάνσεις των HDDs για κάθε μήνα της ψυχρής περιόδου. Η συνθήκη αυτή είναι πολύ σημαντική για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για τη θέρμανση των κατοικιών της πόλης (Hyde, 1980) και για τον προσδιορισμό της περιόδου διάθεσης του πετρελαίου θέρμανσης στις προνομιακές μειωμένες τιμές οικιακής χρήσης.

ΥΛΙΚΟ-ΜΕΘΟΔΟΣ

Για την επίτευξη των στόχων της παρούσης χρησιμοποιήθηκαν τα ημερήσια δεδομένα της μέσης, της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα για το ψυχρότερο οκτάμηνο Οκτωβρίου-Μαΐου της περιόδου 1946-2000. Τα δεδομένα ελήφθησαν από το αρχείο του Μετεωρολογικού Σταθμού του ΑΠΘ. Μετά από πολλαπλές δοκιμές ειδικού προγράμματος, που γράφτηκε για το σκοπό αυτό, προσδιορίστηκε, για την πόλη της Θεσσαλονίκης, η καταλληλότερη τιμή της βασικής θερμοκρασίας, η οποία και ορίστηκε ίση με 13,0 °C. Προκειμένου να υπολογιστεί το πλήθος των βαθμοημερών θέρμανσης ελήφθησαν υπόψη ορισμένες προϋποθέσεις που συνδέουν τη βασική θερμοκρασία (T_b), με τη μέση ημερήσια (T_{mean}), την ελάχιστη (T_{min}) και τη μέγιστη θερμοκρασία (T_{max}), της κάθε ημέρας.

Οι σχέσεις αυτές είναι οι εξής (Mc Vicker, 1946):

Αν $T_b > T_{max}$, η εκτίμηση γίνεται από τη σχέση: $HDD = T_b - T_{mean}$, όπου $T_{mean} = (T_{max} + T_{min})/2$, (η σχέση αυτή σημαίνει ότι απαιτείται θέρμανση όλη τη διάρκεια του 24ώρου.)

Αν $T_b < T_{max}$, τότε θα διακρίνονται τρεις περιπτώσεις υπολογισμού των HDD ανάλογα με τη σχέση μεταξύ της T_b και της T_{mean} . Έτσι:

2α) Αν $T_{mean} < T_b$, τότε: $HDD = (T_b - T_{min})/2 - (T_{max} - T_b)/4$

2β) Αν $T_{mean} > T_b$, τότε: $HDD = (T_b - T_{min})/2$, τέλος,

2γ) Αν $T_{mean} = T_b$, τότε: $HDD = 0.0$ °C

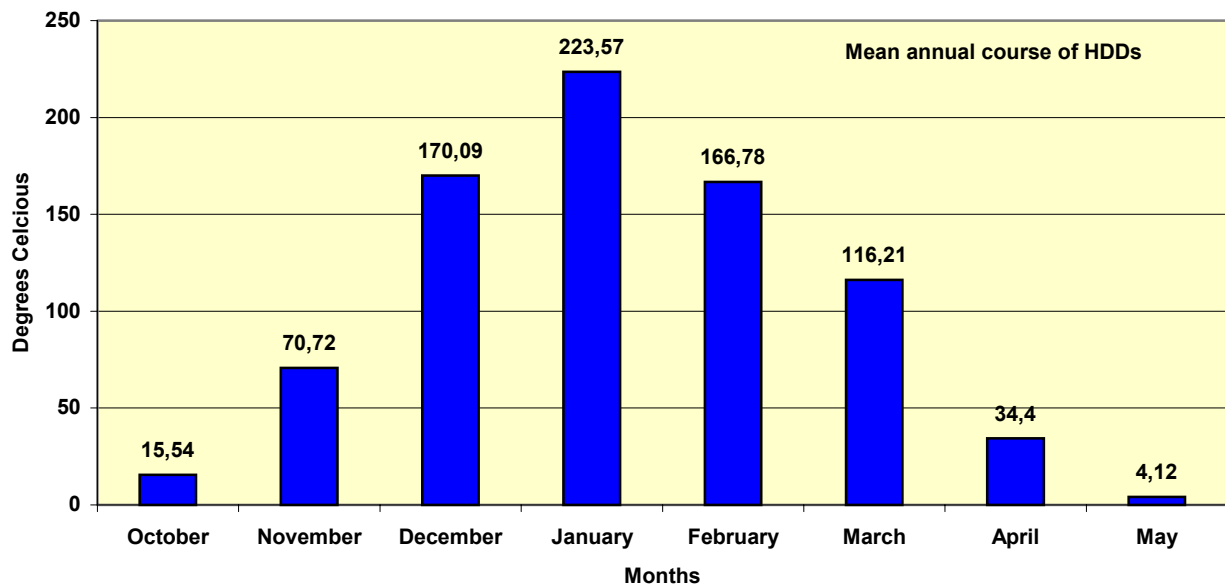
Οι σχέσεις αυτές αποτελούν τις βασικές εξισώσεις του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε, η εφαρμογή του οποίου έδωσε, τελικά, τους πίνακες υπολογισμού των βαθμοημερών θέρμανσης.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι βαθμοημέρες θέρμανσης στη Θεσσαλονίκη παρουσιάζουν μια ενδιαφέρουσα εικόνα η οποία και θα αναλυθεί λεπτομερώς στη συνέχεια.

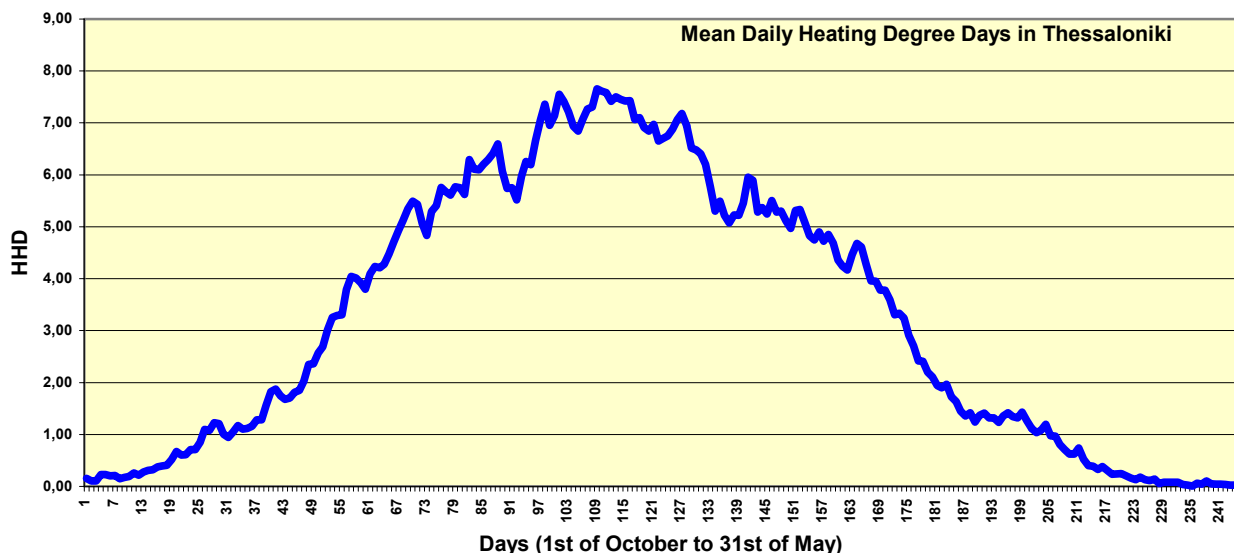
Η μέση μηνιαία πορεία των HDDs παρουσιάζεται στο σχήμα 1, η ανάλυση του οποίου δίδει αξιολογικά συμπεράσματα. Πρώτον, το σύνολο των HDDs, κατά μέσο όρο ανέρχεται στους 801,4 °C.

Ο Ιανουάριος παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές HDDs, 223,57 °C και ακολουθούν ο Δεκέμβριος και ο Φεβρουάριος με τιμές λίγο μεγαλύτερες των 165 °C. Ο Μάρτιος απαιτεί αρκετά περισσότερη ενέργεια αν συγκριθεί με το Νοέμβριο, καθώς επίσης και ο Απρίλιος αν παραβληθεί με τον Οκτώβριο. Τέλος ο Μάιος παρουσιάζει πολύ μικρές τιμές HDDs.



Σχήμα 1. Η μέση πορεία των HDDs κατά το ψυχρό οκτάμηνο
 Figure 1. Mean course of the heating degree days during the colder period

Προκειμένου να προσδιοριστεί η περίοδος λειτουργίας των κεντρικών θερμάνσεων στη Θεσσαλονίκη, γεγονός το οποίο συνδέεται και με την περίοδο διάθεσης φτηνού πετρελαίου, χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες μέσες τιμές των HDDs, για όλη την περίοδο μελέτης, οι οποίες και παρουσιάζονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Μέση πορεία των βαθμοημερών θέρμανσης κατά την ψυχρή περίοδο.
 Figure 2. Mean course of the heating degree days during the cold period.

Όπως προκύπτει από τη μελέτη του σχήματος αυτού, η θεωρητική διάρκεια της περιόδου θέρμανσης διαρκεί συνολικά 244 ημέρες. Αν όμως από πρακτική άποψη

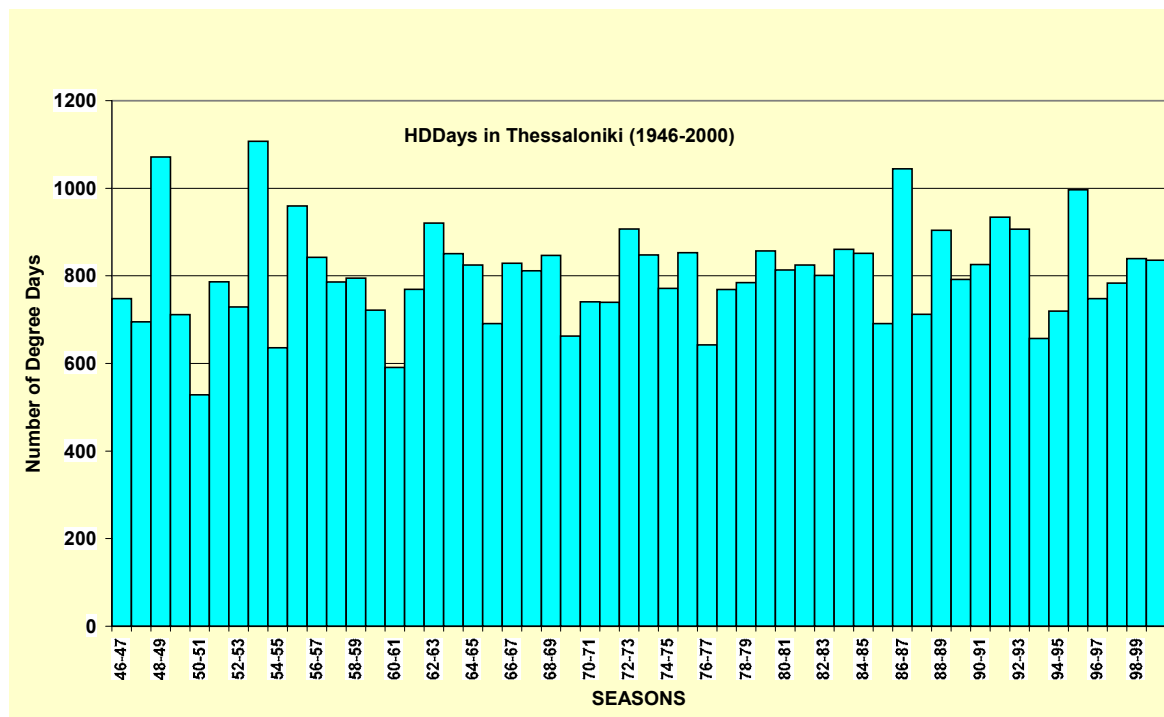
θεωρηθεί ότι θέρμανση απαιτείται εάν και εφόσον οι βαθμοημέρες θέρμανσης υπερβαίνουν τον 1 °C, τότε το συνολικό μήκος της περιόδου θέρμανσης περιορίζεται στις 191 ημέρες, δηλαδή 6 μήνες και 11 ημέρες, όπου οι έξι μήνες καλύπτουν το διάστημα Νοεμβρίου-Απριλίου, και οι έντεκα ημέρες αντιπροσωπεύουν την τελευταία εβδομάδα του Οκτωβρίου και τις δύο πρώτες ημέρες του Μαΐου. Δηλαδή τελικά η περίοδος θέρμανσης οριοθετείται μεταξύ 25^{ης} Οκτωβρίου και 2ας Μαΐου του μέσου έτους.

Ακόμη πολύ σημαντική είναι η διαπίστωση, ότι περί την 92η και περί την 137η ημέρα, δηλαδή γύρω στις 31 Δεκεμβρίου και 14 Φεβρουαρίου υπάρχει μια σχετική μείωση της θερμαντικής απαίτησης. Η πρώτη περίοδος συμπίπτει κατά κανόνα με την εμφάνιση των Αλκυσονίδων, ενώ η δεύτερη απαιτεί παραπέρα μελέτη για να προσδιοριστεί το αίτιο της μείωσης αυτών.

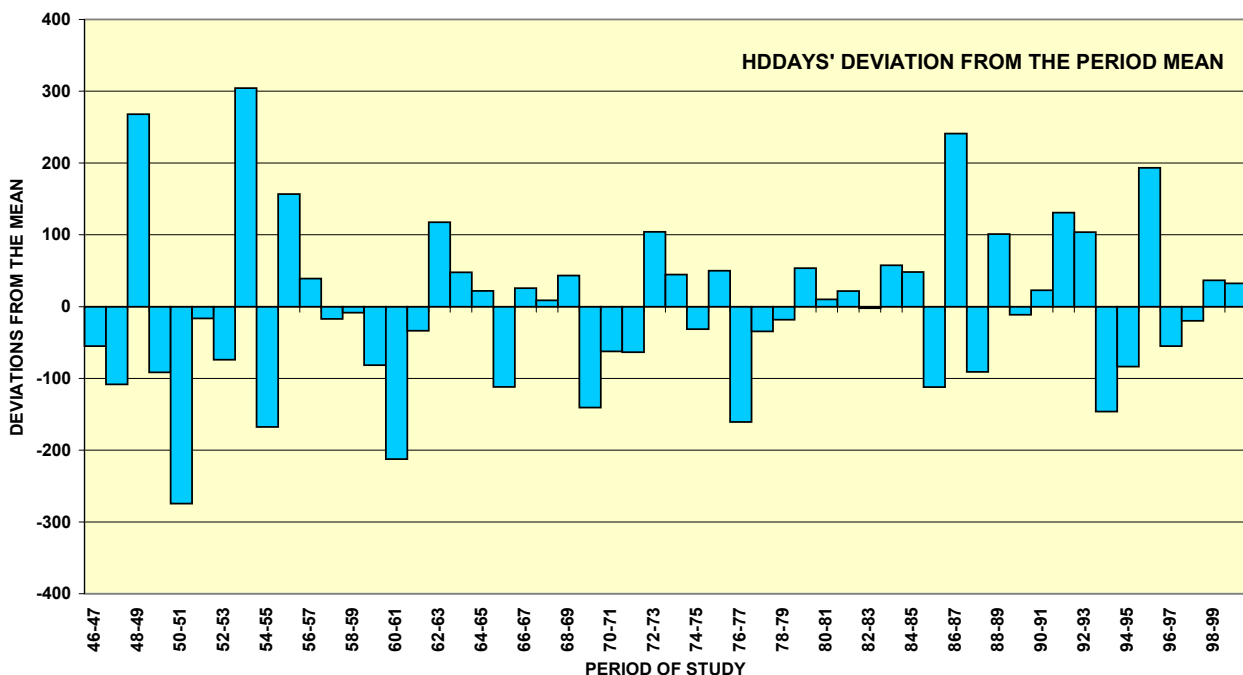
Οι HDDs παρουσιάζουν διακυμάνσεις των τιμών τους από τη μια περίοδο θέρμανσης στην άλλη οι οποίες είναι πολύ σημαντικές, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 3. Η ανάλυση του σχήματος αυτού δείχνει ότι ο χειμώνας με τις λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις ήταν του 1950-51 με λιγότερους από 600°C, ενώ του 1953-54 υπερέβη τους 1000 °C. Τα περισσότερα έτη οι HDDs κυμαίνονται μεταξύ 600 και 800 °C.

Από το ίδιο σχήμα διαπιστώνεται ακόμη η ύπαρξη ακολουθιών μεγάλων ενεργειακών αναγκών, δύο από αυτές παρατηρούνται στη δεκαετία του 50, αλλά μία στη δεκαετία του 60 και 3-4 κατά την τελευταία 20ετία. Η τελευταία διαπίστωση έρχεται σε αντίθεση με την κρατούσα θεωρία περί θερμοκηπίου. Οι διαπιστώσεις αυτές επιβεβαιώνονται από τις σχετικές μελέτες οι οποίες δείχνουν ότι η θερμοκρασία στη Θεσσαλονίκη ακολουθεί πτωτική τάση (Makrogiannis et al., 2001).

Η συνθήκη της αύξησης των ενεργειακών απαιτήσεων φαίνεται περισσότερο παραστατικά στο σχήμα 4, όπου δίνονται οι αποκλίσεις των βαθμοημερών θέρμανσης από τη μέση τιμή της περιόδου. Πράγματι τα περισσότερα από τα τελευταία έτη παρουσιάζουν θετικές αποκλίσεις, ενώ στις δεκαετίες 60 και 70 οι αποκλίσεις είναι άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές.



Σχήμα 3. Διαχρονική πορεία των βαθμοημερών θέρμανσης στη Θεσσαλονίκη
 Figure 3. Interannual course of the heating degree days in Thessaloniki



Σχήμα 4. Διαχρονική ανωμαλία των βαθμοημερών θέρμανσης από τη μέση τιμή.
Figure 4. Interannual anomalies of the heating degree days in Thessaloniki

Ακόμη από το σχήμα 4 προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες θετικές ή αρνητικές αποκλίσεις έχουν σημειωθεί κατά τη δεκαετία του 50.

Αναλυτικότερα η εικόνα των αποκλίσεων των βαθμοημερών θέρμανσης για κάθε μήνα ξεχωριστά, δίνεται στο σχήμα 5, που ακολουθεί. Από η μελέτη του σχήματος αυτού διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

Ο Οκτώβριος του 1997 ήταν ο πλέον ενεργοβόρος Οκτώβριος, ακολουθούμενος από δύο κατά τα έτη 1971 και 1972 διαδοχικά.

Ο Νοέμβριος παρουσιάζει περισσότερες ενεργειακές απαιτήσεις κατά το δεύτερο ήμισυ της περιόδου μελέτης, με πλέον ενεργοβόρο το Νοέμβριο του 1988.

Το Δεκέμβριο του 1948 εκδηλώνεται η μεγαλύτερη ενεργειακή απαίτηση, αλλά η δεκαετία του 80 είναι η πλέον ενεργοβόρος.

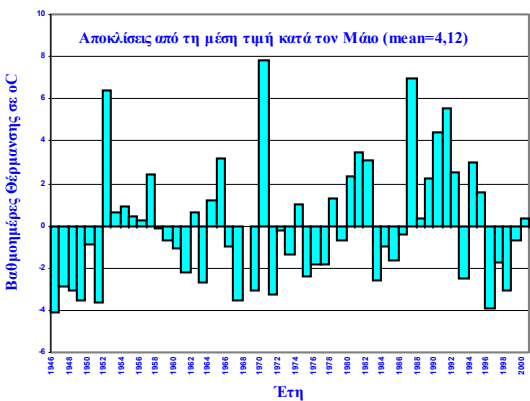
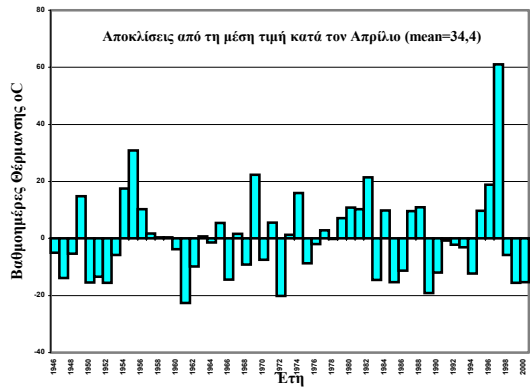
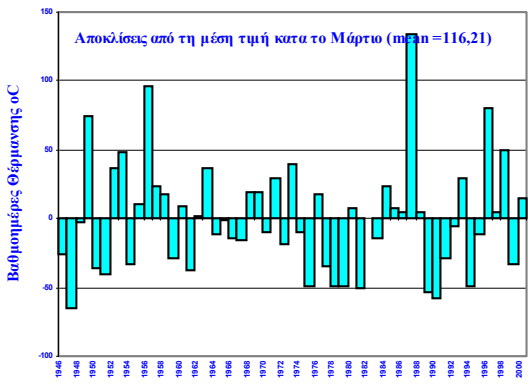
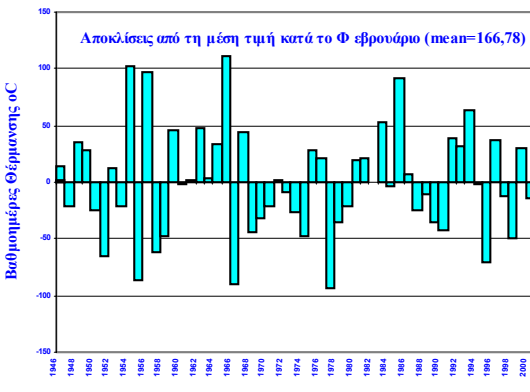
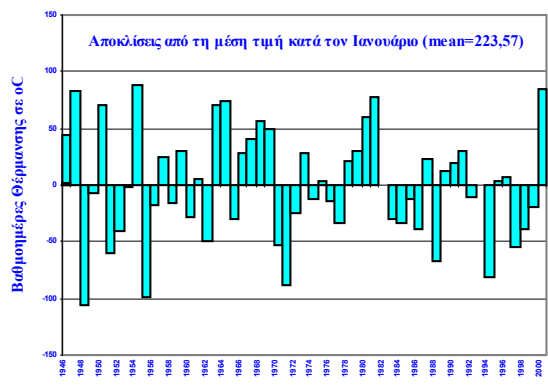
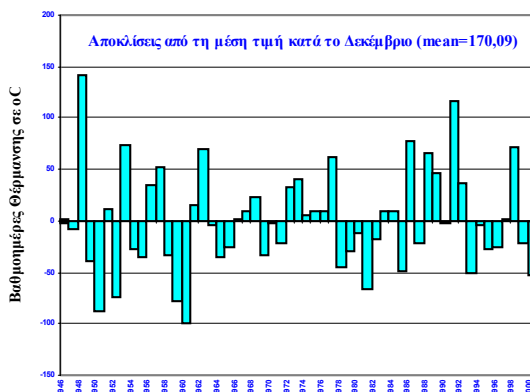
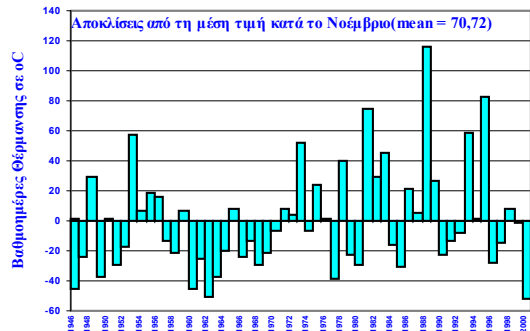
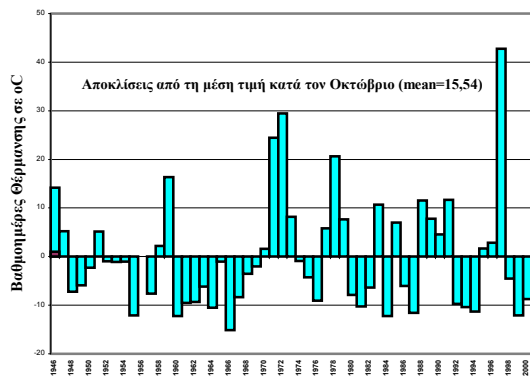
Ο Ιανουάριος κατά την τελευταία 20ετία παρουσιάζεται περισσότερο ήπιος, αλλά κατά το έτος 2000 έχει τη μεγαλύτερη τιμή, μετά το 1954.

Ο Φεβρουάριος παρουσιάζει μια ομοιόμορφη σχεδόν διακύμανση των HDDs καθόλη τη διάρκεια της περιόδου, με τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις κατά τη δεκαετία του 1950.

Ο Μάρτιος έχει παρουσιάσει μια πολύ μεγάλη θετική απόκλιση κατά το 1987, ο οποίος ως γνωστό είναι και ο ψυχρότερος Μάρτιος που έχει καταγραφεί στη Θεσσαλονίκη. Ενώ, σχετικά έντονες διακυμάνσεις εντοπίζονται στην αρχή και το τέλος της περιόδου.

Τον Απρίλιο υπάρχει μια χαρακτηριστική και σημαντική θετική απόκλιση κατά το έτος 1997. Ακόμη τον Απρίλιο εμφανίστηκαν ακολουθίες αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων στις δεκαετίες του 50, του 70 και του 90.

Σε ότι αφορά στον Μάιο οι αποκλίσεις είναι σημαντικές από έτος σε έτος δείχνοντας το μεταβατικό χαρακτήρα του μήνα αυτού, με μια πολύ μεγάλη θετική απόκλιση κατά το 1970. Βέβαια οι τιμές του Μαΐου αφορούν και τις 31 ημέρες αυτού. Στην πράξη όμως ο Μάιος δεν συμμετέχει στις διαδικασίες θέρμανσης, παρά μόνο με τις δύο πρώτες ημέρες του.



Σχήμα 5. Διαχρονική πορεία των βαθμομερών θέρμανσης για τους μήνες της ψυχρής περιόδου

Figure 5. Interannual course of the heating degree days for all the colder months

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλιματολογική ανάλυση των βαθμοημερών θέρμανσης στην πόλη της Θεσσαλονίκης για μια συνεχή περίοδο 54 χειμώνων οδήγησε σε αξιολογικά συμπεράσματα, τα οποία συνοψίζονται ως ακολούθως:

Ως καταλληλότερη βασική θερμοκρασία για τον υπολογισμό των βαθμοημερών θέρμανσης θεωρήθηκε αυτή των 13.0 °C.

Η περίοδος θέρμανσης διαρκεί κατά μέσο όρο 191 ημέρες με έναρξη την 25η Οκτωβρίου και λήξη την 2α Μαΐου, με τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις να εντοπίζονται κατά το μήνα Ιανουάριο, και να έπεται ο Δεκέμβριος, με πολύ μικρή διαφορά από το Φεβρουάριο. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική επίσης, είναι η ηπιότητα του Νοεμβρίου σε σχέση με το Μάρτιο, ο οποίος και έχει σημαντικά περισσότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Ακόμη, ο Απρίλιος παρουσιάζει λιγότερες από το 50% των ενεργειακών απαιτήσεων του Νοεμβρίου, φυσικά κατά μέσο όρο.

Τέλος, εξάρσεις ενεργειακών απαιτήσεων εκδηλώθηκαν σε όλους τους μήνες με τις πλέον χαρακτηριστικές τον Οκτώβριο του 97, το Νοέμβριο του 88, το Μάρτιο του 87 και τον Απρίλιο του 98.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Hitchen, E.R. (1981) *Degree days in Britain Build. Serv. Eng. Res. Tech.*, 2(2), 73-82
- [2] Hyde, A.J. (1980) *Degree days for energy calculations. Bldg. Serv. And Env. Eng. 2*, (6), 18-24.
- [3] Lyness, F.F. and Badger, E..H.M. (1970) *A measure of winter severity. Jnl. Roy. Stat.Soc. 'C'* 19 (2), 119-134.
- [4] Makrogiannis T., Bora-Senta E., and Th. Filandras, (2001) Stochastic ARIMA models. An Application to the air temperature time series in Thessaloniki-Greece, ECAM 2001, Budapest 25-28 Sep 2001, Proc. In CD
- [5] Manley, G. (1957) *Climatic fluctuations on fuel requirements. Advancement of Science.*, 13, 324-326.
- [6] Mc Vicher, T.F.G. (1946) *The calculation and use of degree-days. J.I.H.V.E.*, 14, 252-299