

Β-KLIMA ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Η/Υ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΗΤΩΝ

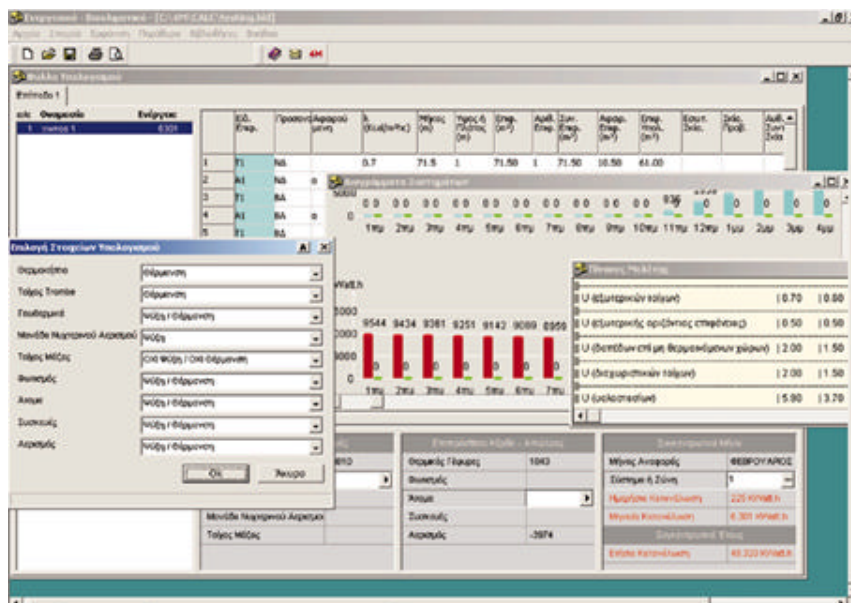
Από τον κ. **Δημοσθένη Καζάκο**, Ηλ/γο Μηχανικό ΕΜΠ,
και την κα **Χριστίνα Κωνσταντινίδου**, Αρχιτέκτονα Μηχανικό

Στο παρόν άρθρο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του νέου περιβάλλοντος εκπόνησης ενεργειακών μελετών Β-KLIMA, ενός σύγχρονου εργαλείου Η/Υ που στοχεύει στην ορθολογική χρήση της ενέργειας στα κτίρια. Προσφέροντας ποικιλία βιοκλιματικών παρεμβάσεων, το Β-KLIMA στοχεύει στη βελτιστοποίηση του ενεργειακού σχεδιασμού, ελαχιστοποιώντας το χρόνο της μελέτης και μεγιστοποιώντας τη δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας.

Το πρόγραμμα, το οποίο έχει εφαρμογή τόσο σε νέα κτίρια όσο και σε υπάρχουσες οικοδομές, είναι αποτέλεσμα της πολύχρονης εμπειρίας και τεχνογνωσίας της 4M στα Ενεργειακά. Υιοθετεί τις πιο σύγχρονες και πρόσφορες μεθόδους ενεργειακής ανάλυσης και βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι οποίες συμβαδίζουν και με το πνεύμα του ΚΟΧΕΕ (Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης & Εξοικονόμησης Ενέργειας), ο οποίος πρόκειται σύντομα να τεθεί σε εφαρμογή.

1. Εισαγωγή

Η σύγχρονη αρχιτεκτονική αντίληψη και η ανάγκη για ορθολογική χρήση της ενέργειας στις κτιριακές κατασκευές οποιασδήποτε κλίμακας, δημιουργούν την ανάγκη επέκτασης και προσαρμογής των κλασικών προγραμμάτων μελετών θέρμανσης & κλιματισμού σε νέες βάσεις, που στη χώρα μας επιχειρεί-



ται να θεμελιωθούν μέσα από το νέο Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας. Η ανάγκη ορθολογικού ενεργειακού σχεδιασμού νοείται τόσο για τα νεοαναγειρόμενα κτίρια, όσο και για τα υφιστάμενα, όπου απαιτείται ειδική μελέτη για τις αναγκαίες επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης. Το πρόγραμμα B-KLIMA είναι έξυπνα σχεδιασμένο για να καλύπτει όλες τις παραπάνω ανάγκες και διακρίνεται από τα παρακάτω γενικά χαρακτηριστικά:

- ◆ Μοντέλο πιστής αναπαράστασης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και των μηχανισμών κατανάλωσης ενέργειας.
- ◆ Ποικιλία επεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα (θερμοκήπια, τοίχοι trombe, νυκτερινός αερισμός, γεωθερμία κλπ).
- ◆ Ειδική αντιμετώπιση για Χειμώνα και Καλοκαίρι, αναλυτικά ανά ώρα και μήνα, με συνολική εικόνα ενεργειακής κατανάλωσης σε ετήσια βάση.
- ◆ Χρήση μεθόδων και τεχνικών ακριβείας που έχουν υιοθετηθεί και από τον ΚΟΧΕΕ (Ευρωπαϊκό πρότυπο EN832 για θέρμανση, πρότυπα Ashrae για ψύξη) αποκλείοντας ξεπερασμένες, απλοϊκές μεθόδους που δεν είχαν λάβει υπόψη τους την εξέλιξη των Η/Υ.
- ◆ Αξιόπιστα λεπτομερή Κλιματολογικά Στοιχεία (ΕΜΥ).
- ◆ Παραγωγή δεικτών αξιολόγησης της ενεργειακής ταυτότητας και συμπεριφοράς του κτιρίου.
- ◆ Εύκολη σύγκριση αποτελεσμάτων και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων ενεργειακού σχεδιασμού.
- ◆ Εποπτικές εκτυπώσεις με πίνακες και διαγράμματα για συγκεντρωτική ή αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.
- ◆ Συνεργασία με το IDEA. Έτσι το B-KLIMA επιχειρεί να γεφυρώσει τις θεωρήσεις του αρχιτεκτονικού και του Η-Μ σχεδιασμού, προσφέροντας στον Αρχιτέκτονα πολύτιμη πρόσβαση στις σύγχρονες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.
- ◆ Συνεργασία με το FINE. Έτσι το B-KLIMA προσφέρει στον Μ-Η Μηχανικό μια πιο σφαιρική θεώρηση για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων πέρα από τις γνωστές σε αυτόν συμβατικές τεχνολογίες, επιτρέποντάς του να εφαρμόσει και να αξιοποιήσει βιοκλιματικές τεχνικές και άλλες καινοτόμες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας.

2. Μεθοδολογικό Υπόβαθρο

Το πρόγραμμα εξετάζει την ενεργειακή κατανάλωση σε ετήσια βάση, διακρίνοντας χωριστά και συνολικά τις δύο μεγάλες περιόδους κάλυψης των αναγκών Θέρμανσης και Ψύξης οποιασδήποτε κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα:

2.1 Ετήσια Περίοδος Θέρμανσης

Σε ότι αφορά στην περίοδο της Θέρμανσης, το B-KLIMA εκτιμά με ακρίβεια

την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση ενός κτιρίου χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία του προτύπου EN832. Συγκεκριμένα, υπολογίζει τις απώλειες θερμότητας για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία και την απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας για κάθε μήνα της περιόδου θέρμανσης. Έμμεσα, υποστηρίζει την συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών επιλογών στον σχεδιασμό σε κτίρια όπου σκοπεύεται να γίνουν ειδικές παρεμβάσεις ή να εφαρμοστούν αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, θέματα στα οποία δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα ο νέος κανονισμός. Σε ότι αφορά στο υπολογιστικό υπόβαθρο, πραγματοποιούνται πλήρεις και αναλυτικοί υπολογισμοί, που σε αντίθεση με το -γνωστό στους περισσότερους- πρότυπο DIN 4701, λαμβάνουν υπόψη κάθε ενεργειακό παράγοντα απώλειας ή κερδών. Έτσι, πέρα από τις απώλειες λόγω θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων στις οποίες λαμβάνονται υπόψη και οι θερμογέφυρες, το πρόγραμμα υπολογίζει:

- ◆ Τις Θερμικές απώλειες και τα Ηλιακά Κέρδη για
 - Θερμοκήπια
 - Τοίχους Trombe
 - Τοίχους Μάζας
- ◆ Την παροχή αέρα στο κτίριο από
 - Χαραμάδες
 - Φυσικό αερισμό
 - Συστήματα μηχανικού αερισμού
 - Εναλλάκτες θερμότητας
 - Νυχτερινό Αερισμό
 - Γεωθερμία
- ◆ Τα Εσωτερικά θερμικά κέρδη από
 - Φωτισμό
 - Άτομα
 - Συσκευές
- ◆ Τα Ηλιακά κέρδη
- ◆ Επίδραση της λειτουργίας με διακοπές

Οι συνολικές απώλειες θερμότητας, Q_i , ενός μονοζωνικού κτιρίου για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία, θ_i , κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου t είναι:

$$Q_i = H (\theta_i - \theta_e)t$$

όπου:

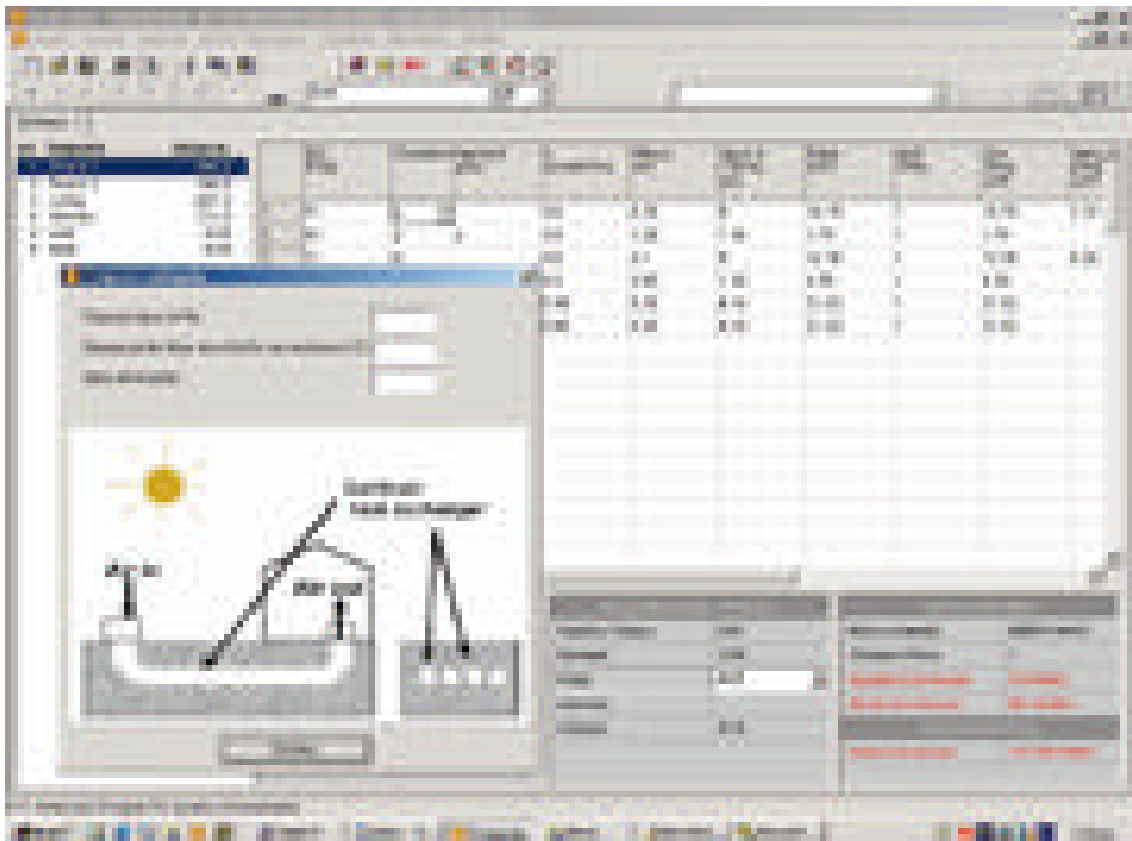
θ_e είναι η μέση εξωτερική θερμοκρασία για την χρονική περίοδο t

H είναι ο συντελεστής θερμικής ροής του κτιρίου και ισχύει

$$H = H_T + H_V \text{ όπου}$$

H_T είναι ο συντελεστής θερμικής ροής μετάδοσης που υπολογίζεται με βάση το πρότυπο EN13789 και

H_V είναι ο συντελεστής θερμικής ροής αερισμού που γενικότερα υπολογί-



Οθόνη 2

ζεται από τη σχέση $H_v = V \rho_a c_a$ με

V = η παροχική ροή αέρα στο κτίριο και

$\rho_a c_a$ = η θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά όγκο.

Τα συνολικά θερμικά κέρδη, Q_g , είναι το άθροισμα των εσωτερικών, Q_i , και των ηλιακών, Q_s , κερδών:

$$Q_g = Q_i + Q_s$$

Τα ηλιακά κέρδη γενικά υπολογίζονται από τα αθροίσματα:

$$Q_s = \sum_j (I_{sj} \sum_n (A_{snj}))$$

για κάθε προσανατολισμό j και για κάθε επιφάνεια n .

I_{sj} είναι η συνολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας κατά τον προσανατολισμό j κατά τη διάρκεια της περιόδου υπολογισμού και

A_{snj} είναι η δρώσα συλλεκτική επιφάνεια n με προσανατολισμό j .

Τέλος, υπολογίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου Q_h :

$$Q_h = Q_i - \eta Q_g$$

όπου η είναι ο παράγοντας χρησιμοποίησης που ελαττώνει την συμβολή των ενεργειακών κερδών και εισάγει την έννοια της δυναμικής συμπεριφοράς του κτιρίου στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Για περισσότερες λεπτομέρειες, ο αναγνώστης παραπέμπεται στα πρότυπα prEN832 και ISO EN13789.

2.2 Ετήσια Περίοδος Κλιματισμού

Σε ό,τι αφορά στην περίοδο του Κλιματισμού, το B-KLIMA υπολογίζει την κατανάλωση για την ψύξη του κτιρίου με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια, σύμφωνα με την μεθοδολογία της Ashrae (CLTD ή TFM), η οποία άλλωστε προτείνεται και από τον ΚΟΧΕΕ. Ειδικότερα, υπολογίζει την καταναλισκόμενη ενέργεια που απαιτείται λόγω απωλειών από:

- ◆ Θερμοπερατότητες και θερμογέφυρες
- ◆ Ηλιακά Φορτία
- ◆ Εσωτερικά Φορτία
 - Φωτισμό
 - Άτομα
 - Συσκευές
- ◆ Συστήματα Αερισμού
 - Φυσικός Αερισμός
 - Μηχανικός Αερισμός
 - Νυχτερινός Αερισμός
 - Γεωθερμία
- ◆ Επίδραση της λειτουργίας με διακοπές

Για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τη θερινή περίοδο, το πρόγραμμα ακολουθεί το προτεινόμενο μοντέλο Ashrae αθροίζοντας τις ωριαίες καταναλώσεις ενέργειας. Ενδεικτικά, αναφέρεται, ότι για τους εξωτερικούς τοίχους ο υπολογισμός των φορτίων προκύπτει για κάθε ώρα από την σχέση:

$$Q_r(\tau, \pi) = U_w \times A_w \times CLTD_{w_cor}(\tau, \pi)$$

όπου:

U_w : Συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου

A_w : Επιφάνεια τοίχου

$CLTD_{w_cor}(\tau, \pi)$: Διορθωμένη Θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου τοίχου η οποία προκύπτει με τη βοήθεια της σχέσης:

$$CLTD_{w_cor}(\tau, \pi) = (CLTD_{w(\tau, \pi)} + LM) \times k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)$$

όπου:

$CLTD_{w(\tau, \pi)}$: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά του τοίχου που παίρνεται από πίνακες και εξαρτάται από τον τύπο του τοίχου και τον προσανατολισμό του.

LM : Διορθωτική διαφορά Θερμοκρασίας για γεωγραφικό πλάτος, μήνα και προσανατολισμό

k : Συντελεστής χρώματος τοίχου

T_r : Εσωτερική θερμοκρασία

T_0 : Μέση εξωτερική θερμοκρασία

Για περισσότερες λεπτομέρειες, ο αναγνώστης παραπέμπεται στις αντίστοιχες εκδόσεις της Ahsrae.

2.3 Σύνθεση των περιόδων σε ετήσια βάση

Τα επιμέρους αποτελέσματα συντίθενται για να μας δώσουν το αποτέλεσμα της ενεργειακής κατανάλωσης σε ετήσια βάση. Δεδομένης της λεπτομέρειας με την οποία τα μοντέλα προσομοιώνουν την πραγματικότητα και χρησιμοποιώντας αξιόπιστα δεδομένα τόσο σε επίπεδο δομικών στοιχείων (πχ. συμπεριφορά τοίχων και ανοιγμάτων), όσο και σε κλιματολογικά δεδομένα, το πρόγραμμα παράγει αποτελέσματα που προσεγγίζουν με ακρίβεια την συμπεριφορά του κτιρίου. Η εξέταση και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού αναφορικά με την ποικιλία των παρεμβάσεων (συμβατικών και βιοκλιματικών) γίνεται εύκολα και αποτελεσματικά χάρη στην φιλικότητα του προγράμματος, την παραμετρικότητά του και την ευελιξία και ταχύτητα με την οποία επιλύεται κάθε νέο σενάριο. Στην επόμενη ενότητα μπορεί κανείς να αποκτήσει μια γεύση σχετικά με την προηγμένη αυτή λειτουργικότητα, γεγονός που κάνει το B-KLIMA να ξεχωρίζει από πολλά αξιόλογα μεν αλλά «βαριά» μοντέλα, τα οποία ως επί το πλείστον έχουν αναπτυχθεί από εκπαιδευτικά ιδρύματα και ενεργειακά ινστιτούτα.

3. Λειτουργικότητα

Το B-KLIMA ακολουθεί τα γενικά χαρακτηριστικά της γνωστής σειράς ADAPT. Καλώντας το πρόγραμμα βλέπουμε (**οθόνη 1**) το κεντρικό menu με τις ομάδες επιλογών «Αρχεία», «Στοιχεία», «Παράθυρα», «Βιβλιοθήκες» και «Βοήθεια».

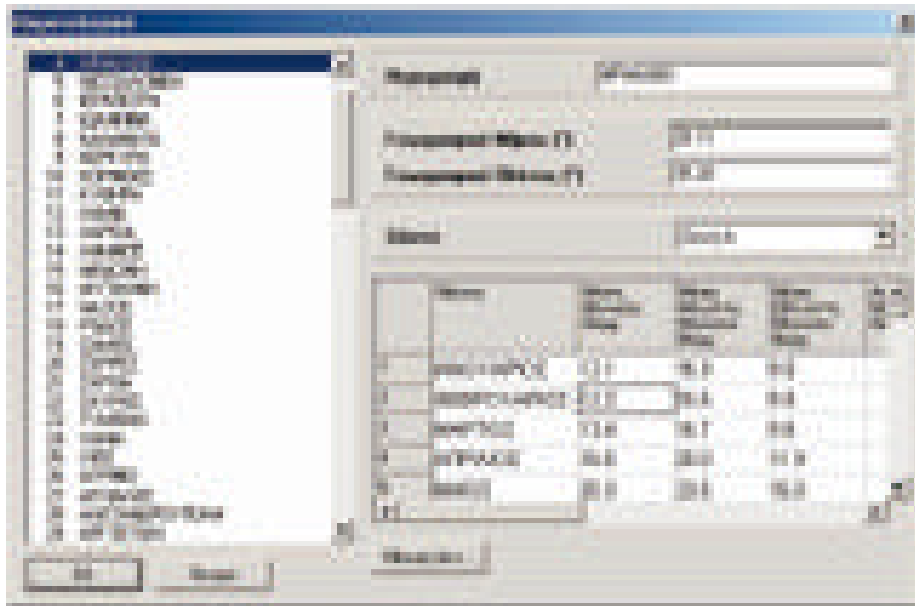
Καρδιά των υπολογισμών αποτελεί το φύλλο ενέργειας χώρων, το οποίο έχει την γενική μορφή της **οθόνης 2**.

Το φύλλο αυτό συνδυάζει σε μια οθόνη τους υπολογισμούς για κάθε στοιχείο (Δομικά στοιχεία, Θερμοκήπιο, Τοίχο Trombe, Γεωθερμία, Τοίχο Μάζας, Θερμικές Γέφυρες, Φωτισμό, Άτομα, Συσκευές, Αερισμό Φυσικό - Μηχανικό - Νυχτερινό) του επιλεγμένου χώρου ανεξάρτητα για κάθε ώρα της ημέρας, για μια συγκεκριμένη μέρα του μήνα συγκεντρωτικά, για τον επιλεγόμενο μήνα αναφοράς συγκεντρωτικά ανά χώρο και την ετήσια απαίτηση ενέργειας ανά ζώνη.

Για την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται τα λεπτομερή κλιματολογικά στοιχεία που αντιστοιχούν στην πόλη που επιθυμούμε (οθόνη 3), τα οποία προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). Ο χρήστης απλά επιλέγει την τοποθεσία του κτιρίου ενώ μπορεί να μετατρέψει τις τιμές των κλιματολογικών στοιχείων από τη βιβλιοθήκη των κλιματολογικών.

Τυχόν αναλυτικότερη περιγραφή του B-KLIMA, όπως και η εφαρμογή του σε ένα κατατοπιστικό παράδειγμα μελέτης, προσκρούει στην αναγκαστικά περιορισμένη έκταση του παρόντος άρθρου. Ετσι, η γενική ιδέα που αποκτάει ο αναγνώστης για το B-KLIMA μπορεί να συμπληρωθεί μέσα από την παρατιθέ-

μενη βιβλιογραφία, αλλά και με μιά ζωντανή επίδειξη του προγράμματος και των δυνατοτήτων του.



Οθόνη 3

4. Συμπεράσματα

Το B-KLIMA είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων με ουσιαστικές δυνατότητες:

- ◆ Αποτελεί ένα μοντέλο πιστής αναπαράστασης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και των μηχανισμών κατανάλωσης ενέργειας.
- ◆ Επιδέχεται ποικιλία επεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα (θερμοκήπια, τοίχοι trombe, νυκτερινός αερισμός, γεωθερμία κλπ).
- ◆ Αντιμετωπίζει διαφορετικά τις περιόδους Θέρος και Χειμώνα και αναλυτικά ανά ώρα και μήνα, με συνολική εικόνα ενεργειακής κατανάλωσης σε ετήσια βάση.
- ◆ Χρησιμοποιεί μεθόδους και τεχνικές ακριβείας που έχουν υιοθετηθεί και από τον ΚΟΧΕΕ (Ευρωπαϊκό πρότυπο EN832 για θέρμανση, πρότυπα Ashrae για ψύξη) αποκλείοντας ξεπερασμένες, απλοϊκές μεθόδους που δεν είχαν λάβει υπόψη τους την εξέλιξη των Η/Υ.
- ◆ Χρησιμοποιεί αξιόπιστα λεπτομερή Κλιματολογικά Στοιχεία (Ε.Μ.Υ.) για τις περισσότερες Ελληνικές Πόλεις.
- ◆ Παράγει δείκτες αξιολόγησης της ενεργειακής ταυτότητας και συμπεριφοράς του κτιρίου που βοηθούν στην μελέτη εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού.
- ◆ Επιτρέπει την εύκολη σύγκριση αποτελεσμάτων και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων ενεργειακού σχεδιασμού.
- ◆ Προσφέρει εποπτικές εκτυπώσεις με πίνακες και διαγράμματα για συγκεκριμένη ή αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το B-KLIMA μπορεί να λειτουργήσει είτε ανεξάρτη-

τα, είτε σε συνεργασία με τα γνωστά πακέτα FINE και IDEA, δημιουργώντας έτσι τους δύο συνδυασμούς:

- ◆ FINE - B-KLIMA (Ενεργειακός-Βιοκλιματικός Σχεδιασμός από την σκοπιά του Μηχανολόγου), και
- ◆ IDEA - B-KLIMA (Βιοκλιματικός-Ενεργειακός Σχεδιασμός από την σκοπιά του Αρχιτέκτονα).

Έτσι, σε κάθε περίπτωση το B-KLIMA αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο που συνδυάζει σε ενιαίο περιβάλλον, μεθόδους και τεχνικές διεθνούς εμβέλειας και μοναδικής απόδοσης. Για περισσότερες λεπτομέρειες, μπορεί κανείς να απευθυνθεί στην κατασκευάστρια εταιρεία 4M A.E. (τηλ. 210-68572000 και www.4m.gr).

5. Βιβλιογραφία

- [1] EUROPEAN STANDARD prEN 832 (February 1998) "Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating - Residential buildings"
- [2] EN ISO 13789:1999 "Thermal performance of buildings - Transmission heat loss coefficient - Calculation method"
- [3] INTERNATIONAL STANDARD ISO 9164: 1989 "Thermal insulation - Calculation of space heating requirements for residential buildings"
- [4] Α. Μοσχάτος "Ηλιακή Ενέργεια - Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας"
- [5] Κ.Καγκαράκης (1992) "Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία"
- [6] ASHRAE Handbook of Fundamentals
- [7] ASHRAE Handbook of Applications
- [8] ASHRAE Handbook of Systems
- [9] ASHRAE Handbook of Equipment
- [10] ASHRAE Standards for Natural and Mechanical Ventilation
- [11] ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual GRP 158
- [12] Carrier Handbook of Air Conditioning System Design
- [13] Αερισμός και Κλιματισμός Κ. Λέφα
- [14] ΕΟΚ - γενική διεύθυνση XII επιστήμη - έρευνα - ανάπτυξη "Μελέτη παθητικών ηλιακών κτιρίων ΙΙΙ. μέθοδοι υπολογισμού"
- [15] Ε. Ανδρεαδάκη - Χρονάκη (1985) "Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική"
- [16] ΤΕΕ «Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας» (10/2000) "Κανονισμός Ορθολογικής χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας - Συμβολή στην Ενεργειακή Πολιτική για τον Κτιριακό Τομέα και στον Μηχανικό"
- [17] ΤΕΕ «Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας» (10/2000) "Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Πιστοποίηση Κτιρίων"
- [18] ΤΕΕ «Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας» (10/2000) "Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κτίρια με Ορθολογικό Σχεδιασμό και Επεμβά-

σεις στο Κτιριακό Κέλυφος"

[19] Commonwealth of Pennsylvania Department of Environmental Resources "Ground Source Heat Pump Manual"

[20] Rainer Wagner, Stefan Beisel, Astrid Spieler, Klaus Vajen (2000) "MEASUREMENT, MODELING AND SIMULATION OF AN EARTH-TO-AIR HEAT EXCHANGER IN MARBURG (GERMANY)"

[21] M.Santamouris "Simplified Methods for Passive Cooling Applications" Passive Cooling of Buildings

Δημοσιεύθηκε στο περιοδικό ΤΕΧΝΙΚΑ (τ. 190, 2/2003)