

# Ανάπτυξη διαδραστικών συστημάτων κτιριακού αυτοματισμού

**Μαρινάκης Ευάγγελος**  
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

**Δούκας Χάρης**  
Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ

**Ψαρράς Ιωάννης**  
Καθηγητής ΕΜΠ,  
Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων  
& Διοίκησης - ΕΣΑΔ,  
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
& Μηχανικών Υπολογιστών,  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

**Αδαμόπουλος Αλέξιος**  
Διπλ. Ηλεκτρολόγος  
& Πολιτικός Μηχανικός ΔΠΘ,  
Adamsnet LTD

Τα πρότυπα λογισμικά εργαλεία, κατάλληλα σχεδιασμένα για συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και έλεγχο ενεργειακών δεδομένων, μπορούν να ενισχύσουν τη διαδραστικότητα των Συστημάτων Κτιριακού Αυτοματισμού για την Ενεργειακή & Περιβαλλοντική Διαχείριση των κτιρίων, συμβάλλοντας στην εναρμόνιση κτιρίων με τις επιταγές της ΕΕ και των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Στο πλαίσιο της εναρμόνισης των κτιρίων με τις επιταγές και προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των ευρύτερων περιβαλλοντικών προκλήσεων, είναι αναγκαία η ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του υπάρχοντος δομικού ιστού. Στο συγκεκριμένο άρθρο, παρουσιάζονται πρότυπα λογισμικά εργαλεία, κατάλληλα σχεδιασμένα για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και έλεγχο ενεργειακών δεδομένων, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο τη διαδραστικότητα των Συστημάτων Κτιριακού Αυτοματισμού για την Ενεργειακή & Περιβαλλοντική Διαχείριση των κτιρίων. Η εφαρμογή τους επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων κτιρίων του τριτογενή τομέα, μέσω κατάλληλων σεναρίων χρήσης των ηλεκτρικών φορτίων, ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

Τα νέα δεδομένα της τρέχουσας οικονομικής κρίσης και οι ευρύτερες περιβαλλοντικές πιέσεις (κλιματική αλλαγή, ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, κ.λπ.) αποτελούν τους κύριους άξονες πάνω στους οποίους διαμορφώνεται η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Καθοριστικό ρόλο, για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου πλαισίου στρατηγικής έχει ο κτιριακός τομέας, καθώς σύμφωνα με πρόσφατες εκθέσεις και μελέτες, είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας τόσο σε εθνικό, όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ παράλληλα, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου<sup>[1]</sup>.

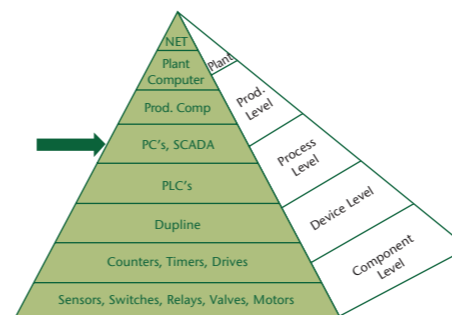
Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ), ακολουθώντας την Πράσινη Βίβλο για την ενεργειακή απόδοση, υιοθέτησε τον Οκτώβριο του 2006 Σχέδιο Δράσης για την Εξοικονόμηση Ενέργειας (2007-2012), που στοχεύει στη μείωση κατά 20% της ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2020<sup>[2]</sup>. Τις πρωτοβουλίες του Σχεδίου Δράσης στηρίζουν διάφορες οδηγίες, κυριότερες εκ των οποίων είναι:

- 2006/32/ΕΚ, “για την ενέργεια κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες”.
- 2002/91/ΕΚ, “για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων”.

Επιπρόσθετα, η νέα ευρωπαϊκή νομοθεσία καθιστά υψηλότερα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια από το τέλος του 2020, τα οποία θα πρέπει να είναι “Σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης”.

Συνεπώς, η Ελλάδα, πέραν των επιπτώσεων της τρέχουσας οικονομικής κρίσης, καλείται να αντιμετωπίσει τις πολυάριθμες προκλήσεις που σχετίζονται με την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας υπό το βάρος των υψηλών και ευμετάβλητων τιμών της ενέργειας, έτσι ώστε

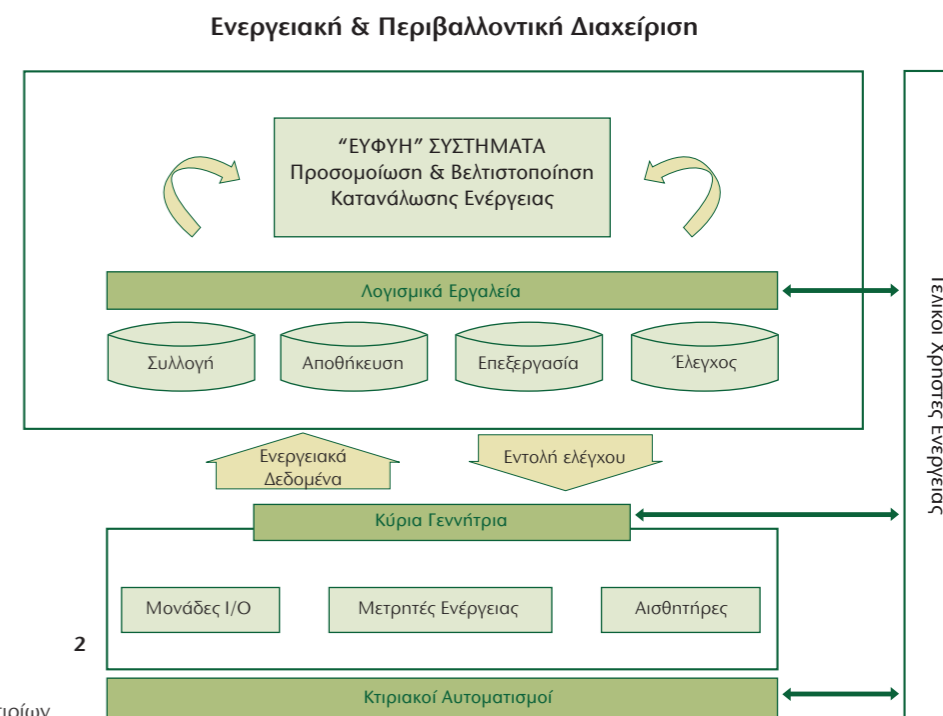
## Διαδραστικά Λογισμικά Εργαλεία



1

Εικ. 1 Πυραμίδα Βιομηχανικού Αυτοματισμού.

Εικ. 2 Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Διαχείριση Κτιρίων.



2

να ανταποκριθεί στο έντονα ανταγωνιστικό ενεργειακό περιβάλλον της εποχής. Στο πλαίσιο αυτό, η Ελλάδα πρόσφατα ενσωμάτωσε στο εθνικό της δίκαιο την οδηγία 2002/91/ΕΚ της ΕΕ, και έχει ξεκινήσει τις διαδικασίες για την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK)<sup>[3]</sup>, προκειμένου να εναρμονιστεί με τις ευρωπαϊκές οδηγίες και δεσμεύσεις. Επομένως, η ανάπτυξη μεθοδολογιών και συστημάτων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως της ηλεκτρικής, με την παράλληλη διάδοση και χρήση εξελιγμένων εργαλείων ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης κτιρίων του οικιακού, τριτογενή και του ευρύτερου δημόσιου τομέα, μπορεί να συμβάλει δραστικά στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του υπάρχοντος δομικού ιστού<sup>[4]</sup>.

Στο συγκεκριμένο άρθρο, παρουσιάζονται πρότυπα λογισμικά εργαλεία, κατάλληλα σχεδιασμένα για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και έλεγχο ενεργειακών δεδομένων, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την διαδραστικότητα των Συστημάτων Κτιριακού Αυτοματισμού για την Ενεργειακή & Περιβαλλοντική Διαχείριση των κτιρίων. Η εφαρμογή τους επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων κτιρίων του τριτογενή τομέα, μέσω κατάλληλων σεναρίων χρήσης των ηλεκτρικών φορτίων, ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Για παράδειγμα, τα συστήματα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού, όπως θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Τα λογισμικά αναπτύχθηκαν σε “Εργαστηριακό Κτιριακό Αυτομα-

τισμό” (υπό μορφή βαλίτσας), με χρήση “Microsoft Excel” και “Visual Basic”.

## Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης

Η ενεργειακή και περιβαλλοντική διαχείριση των κτιρίων έχει στηριχθεί έως σήμερα, στα συστήματα διαχείρισης ενέργειας, η εφαρμογή των οποίων στα σύγχρονα “έξυπνα” κτίρια βρίσκει μεγάλη απήχηση, και έχει κινήσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας γύρω από το συγκεκριμένο θέμα<sup>[5]</sup>.

Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν λιγότερο ευφυή συστήματα, καλύπτοντας κυρίως ανάγκες παρακολούθησης με ελλιπείς λειτουργίες ελέγχου, ενώ ο βαθμός εξάρτησής τους από τον ανθρώπινο παράγοντα ήταν αυξημένος<sup>[6]</sup>. Πλέον, η σύγχρονη τάση των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης βασίζεται στην ανάπτυξη “ευφυών” μοντέλων για την ενεργειακή και περιβαλλοντική διαχείριση των κτιρίων, και στοχεύουν στη διατήρηση του άνετου “εσωκλίματος” αλλά και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας<sup>[7]</sup>.

Σημαντικός λοιπόν κρίνεται και ο ρόλος των Συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management Systems - BEMS), καθώς αυτού του είδους τα συστήματα συμβάλλουν στη συνεχή ενεργειακή διαχείριση και συνεπώς στη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και στην εξοικονόμηση κόστους. Τα BEMS εφαρμόζονται κυρίως σε ενεργά συστήματα, όπως συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation, and Air - Conditioning - HVAC) και ρυθμίζουν το χρόνο λειτουργίας τους. Στις παραπάνω προσπάθειες, η απόδοση των BEMS είναι άμεσα συσχετισμένη με

την ενέργεια που καταναλίσκεται στα κτίρια και με την άνεση που παρέχεται στους ενεργειακούς χρήστες.

Η πλειοψηφία των πρόσφατων εξελίξεων στον τομέα των BEMS ακολουθούν τις αντίστοιχες εξελίξεις στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, των πληροφοριακών συστημάτων και της τεχνολογίας των υπολογιστών. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί σύγχρονες τεχνικές και μέθοδοι για τη βελτιστοποίηση των συγκεκριμένων συστημάτων ελέγχου.

Επίσης, έχουν προταθεί τεχνικές ελέγχου συστημάτων HVAC, αλλά και υπολογιστικές μέθοδοι, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι και τα νευρωνικά δίκτυα για τη βελτιστοποίηση ελέγχου συστημάτων HVAC<sup>[8-11]</sup>. Άλλοι μέθοδοι βελτιστοποίησης ελέγχου συστημάτων που έχουν προταθεί περιλαμβάνουν εμπειρικά μοντέλα, μεθόδους ασαφούς λογικής, προσομοίωσης και βελτιστοποίησης, και προσαρμοστικού αυτομάτου ελέγχου<sup>[12-15]</sup>.

Επίσης έχουν αναπτυχθεί, εφαρμοστεί και ελεγχθεί ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου που χρησιμοποιούν γενετικούς αλγόριθμους, βελτιστοποιημένους ασαφείς ελεγκτές για την εσωτερική περιβαλλοντική διαχείριση και συστήματα πρόβλεψης με βάση την “εμπειρία”<sup>[16-18]</sup>.

## Κτιριακό αυτοματισμό, ενεργειακή και περιβαλλοντική διαχείριση κτιρίων

Βασικό κομμάτι των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης αποτελούν οι κτιριακοί αυτοματισμοί. Στο πλαίσιο αυτό, παρουσιάζεται το αποκεντρωμένο σύστημα κτιριακού αυτοματισμού “Dupline”, το οποίο συνδυάζει τον έλεγχο και την παρακολούθηση του φωτισμού, της θέρμανσης, του



κλιματισμού, και των υπόλοιπων λειτουργιών του κτιρίου, παρέχοντας υψηλά επίπεδα άνεσης, ασφάλειας, και δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Συγκεκριμένα, το σύστημα αυτοματισμού “Dupline” είναι σε θέση να μεταδίδει πολλαπλά ψηφιακά και αναλογικά σήματα σε μεγάλες αποστάσεις, μέσω ενός μη-θωρακισμένου, μη-συνεστραμμένου 2σύρματου καλωδίου. Όλες οι επιμέρους μονάδες σε μια εγκατάσταση, όπως οι μονάδες εισόδου-εξόδου, οι μετρητές ενέργειας και οι αισθητήρες, συνδέονται μέσω του 2σύρματου καλωδίου με την Κύρια Γεννήτρια Σήματος “Dupline (Master Generator)”, η οποία επεξεργάζεται τα σήματα από τα διαφορετικά υποδίκτυα του διαύλου. Η νοημοσύνη αυτών των συστημάτων αυτοματισμού, όπως ο κτιριακός αυτοματισμός “Dupline”, είναι περιορισμένη, πράγμα το οποίο οφείλεται αφενός στην καθαρά “μηχανική λογική” που προορίζεται να υποστηρίξουν και αφετέρου στο γεγονός ότι πρωταρχικός στόχος για την ανάπτυξη τέτοιου είδους συστημάτων είναι η απλότητα των απαιτούμενων ενεργειών για τον προγραμματισμό και τη χρήση τους από τον τελικό χρήστη ενέργειας (Εικ. 1).

Ωστόσο, αξιοποιώντας τους διαθέσιμους οδηγούς “DDE” και “Active X”, που παρέχει ο κτιριακός αυτοματισμός “Dupline”, είναι δυνατή η σύνδεση της Κύριας Γεννήτριας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (H/Y), και κατ’ επέκταση η λήψη/αποστολή δεδομένων, ειδικότερα, μέσω προγραμμάτων Microsoft Excel και Visual basic. Συνεπώς, ο τελικός χρήστης μπορεί να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου και να ελέγχει τη λειτουργία των περιφε-

ριακών μονάδων, μέσω κατάλληλων διαδραστικών εργαλείων, χωρίς να είναι απαραίτητη η μετάβασή του στα επιμέρους σημεία της κτιριακής εγκατάστασης. Παράλληλα, το σύστημα επεξεργάζεται τα ενεργειακά δεδομένα που συλλέγει, βάσει κατάλληλων σεναρίων ελέγχου, επιτυγχάνοντας την “ευφυή” διαχείριση των ηλεκτρικών καταναλώσεων του κτιρίου.

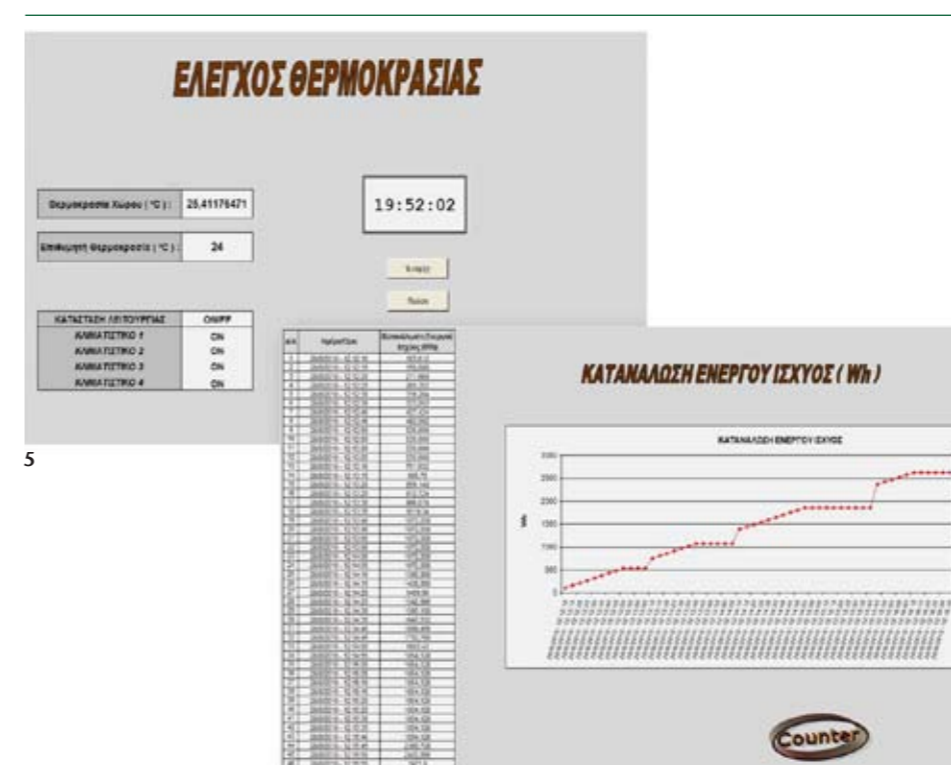
Επομένως, γίνεται σαφές, ότι ο περιορισμός της λογικής του αυτοματισμού αίρεται, ενώ παρέχονται πλέον περισσότερες δυνατότητες, όπως η καταγραφή ιστορικού καταναλώσεων, ο έλεγχος φορτίων με βάση απλά ή σύνθετα λογικά σενάρια, η σύγκριση ενεργειακού προφίλ διαφορετικών περιόδων ή διαφορετικών καταναλωτών, η πρόβλεψη καταναλώσεων σε περίπτωση τοποθέτησης επιπρόσθετων φορτίων, και άλλων επιμέρους λειτουργιών, οι οποίες συμβάλλουν στην ενεργειακή και περιβαλλοντική διαχείριση του κτιρίου (Εικ. 2).

**Διαδραστικά λογισμικά βελτιστοποίησης**

Τα δύο λογισμικά εργαλεία που αναπτύχθηκαν και παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα, υλοποιήθηκαν με χρήση του προγράμματος “Microsoft Excel” και της γλώσσας προγραμματισμού “Visual Basic” και σε πρώτο στάδιο, αναπτύχθηκαν στον “Εργαστηριακό Κτιριακό Αυτοματισμό” (Εικ. 3). Ουσιαστικά, ο “Εργαστηριακός Κτιριακός Αυτοματισμός” αποτελεί προσομοίωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτόματου ελέγχου για εξοικονόμηση ενέργειας και έλεγχο καταναλώσεων μεγάλων κτιριακών εγκαταστάσεων, καθώς περιλαμβάνει την Κύρια Γεννήτρια, μονάδες εισόδου / εξόδου (relays, dimmers, κ.λπ.), αισθητήρες (εσωτερικό θερμόμετρο, ανιχνευτή κίνησης, αισθητήρα φωτεινότητας), πρίζες και διακόπτες για τον έλεγχο των φορτίων, καθώς και έναν αναλυτή ενέργειας (EM24 DIN).

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των προτεινόμενων εργαλείων, για την προσομοίωση της λειτουργίας των κλιματιστικών χρησιμοποιήθηκαν μικρότερα φορτία, όπως οι λαμπτήρες φωτισμού. Κοινό γνώρισμα των δύο λογισμικών εργαλείων είναι η δυνατότητα λήψης και αποθήκευσης των ενεργειακών δεδομένων από την Κύρια Γεννήτρια, όπως η συνολική κατανάλωση, η τάση, η ένταση, η ενεργός/άεργος ισχύς, ο συντελεστής ισχύος και η συχνότητα, καθώς και η απεικόνισή τους σε καμπύλες, για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων από τον τελικό χρήστη ενέργειας.

Όσον αφορά την επεξεργασία των ενεργειακών δεδομένων, ο σχεδιασμός των δύο λογισμικών βασίζεται σε πρόσφατες οδηγίες και αποφάσεις, σύμφωνα με τις οποίες, πελάτες υψηλών καταναλώσεων της ΔΕΗ που επιτυγχάνουν στις ώρες αιχμής (11:00-14:00) και κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών μείωση της συνολικής τους κατανάλωσης κάτω από συγκεκριμένα όρια, λαμβάνουν έκπτωση στο τιμολόγιο το οποίο τελικά καλούνται να πληρώσουν. Συγκεκριμένα, η επεξεργασία και ο έλεγχος που επιτυγχάνεται από τα συγκεκριμένα εργαλεία, περιλαμβάνει την πραγματοποίηση ελεγχόμενων και προγραμματισμένων μικροδιακοπών της λειτουργίας των κλιματιστικών, ειδικότερα κατά τις ώρες αιχμής. Οι διακοπές είναι τόσο μικρές που, αφενός δεν τις αντιλαμβάνεται ο χρήστης, και αφετέρου δεν επηρεάζουν την αποδοτικότητα και την ορθή λειτουργία των συσκευών.



**Εικ. 3** Εργαστηριακός Κτιριακός Αυτοματισμός.  
**Εικ. 4** 1<sup>ο</sup> Λογισμικό Εργαλείο.  
**Εικ. 5** 2<sup>ο</sup> Λογισμικό Εργαλείο.

**Πιλοτική Εφαρμογή**

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται τα δύο σενάρια που αναπτύχθηκαν για την πιλοτική εφαρμογή των διαδραστικών συστημάτων σε δύο διαφορετικούς τύπους κτιρίων του τριτογενή τομέα.

**1<sup>ο</sup> Λογισμικό Εργαλείο**

Η πιλοτική εφαρμογή του πρώτου λογισμικού έχει ξεκινήσει να διενεργείται σε ένα κτίριο που λειτουργεί ως υπεραγορά (“supermarket”), το οποίο αποτελείται από πέντε ορόφους και σε κάθε όροφο υπάρχουν τέσσερα κλιματιστικά. Ύστερα από την καταγραφή του εβδο-

μαδιαίου προφίλ με φορτίο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, παρατηρήθηκε ότι η Καταγραφέα Μείωση Ζήτηση (ΚΜΖ) είναι 400 kW, εκ των οποίων, τα 100 kW αφορούσαν το σύστημα κλιματισμού (ο κλιματισμός ουσιαστικά λειτουργεί το θερινό επτάμηνο επικουρικά της ψύξης). Στόχος είναι στις ώρες αιχμής η μείωση της ζήτησης σε κλιματισμό στα 90kW (μέγιστο) μέσω προκαθορισμένων σεναρίων. Σημειώνεται, ότι οι κλιματιστικές μονάδες διαθέτουν είσοδο ξηρής επαφής “remote control”.

Στο πλαίσιο της εφαρμογής, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας θα ελέγχει τα τέσσερα κλιματιστικά κάθε ορόφου, ενώ ένας αναλυτής ενέργειας θα μετράει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Διακρίνει δύο χρονικές περιόδους:

Ώρες αιχμής

Στην περίπτωση αυτή, η ενεργοποίηση / απενεργοποίηση των κλιματιστικών βασίζεται στον έλεγχο του συνολικού φορτίου του κτιρίου και της θερμοκρασίας κάθε ορόφου. Συγκεκριμένα, τα θερμοκρασιόμετρα κάθε ορόφου έχουν μέσω H/Y προκαθορισμένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές, χωρίς ο χρήστης να μπορεί να τις ελέγξει. Όσον αφορά το συνολικό φορτίο του κτιρίου, διακρίνονται τέσσερις ζώνες, οι οποίες υπολογίζονται βάσει των ορίων που θέτει η ΔΕΗ, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται ακολούθως:

- Ζώνη Α: >90 kW: Σταματάει αυτομάτως η λειτουργία όλων των κλιματιστικών, ανεξαρτήτως ένδειξης των αισθητήρων θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου. Ο έλεγχος επαναλαμβάνεται κάθε 5 λεπτά, οπότε, ορισμένα κλιματιστικά να τεθούν ξανά σε λειτουργία, εξαιτίας της μείωσης του συνολικού φορτίου, διασφαλίζοντας τις συνθήκες άνεσης των χώρων του κτιρίου.
- Ζώνη Β: 82-90 kW: Σταματάει η λειτουργία όλων των κλιματιστικών, εξαιρουμένων των τεσσάρων του τελευταίου ορόφου, τα οποία ελέγχονται από τον θερμοστάτη.
- Ζώνη Γ: 74-82 kW: Σταματάει η λειτουργία όλων των κλιματιστικών, εξαιρουμένων των τεσσάρων του τελευταίου ορόφου και του δεύτερου ορόφου, τα οποία ελέγχονται από τον θερμοστάτη.
- Ζώνη Δ: <82 kW: Όλα τα κλιματιστικά λειτουργούν με βάση τις προκαθορισμένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Παράλληλα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί τα κλιματιστικά, ή αυτόματα από τον ανιχνευτή κίνησης.

Ώρες μη αιχμής

Σε αυτή την περίπτωση, τα κλιματιστικά ενεργοποιούνται / απενεργοποιούνται ανάλογα με τη θερμοκρασία κάθε ορόφου, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των οποίων ελέγχονται από τον χρήστη. Συ-

γκεκριμένα μπορούμε να πούμε ότι, όταν η θερμοκρασία του ορόφου είναι:

- Μεγαλύτερη του μέγιστου ορίου που έχει οριστεί, τα κλιματιστικά του ορόφου ενεργοποιούνται.
- Μικρότερη του ελάχιστου ορίου, τα κλιματιστικά του ορόφου απενεργοποιούνται.
- Ανάμεσα στο ελάχιστο και μέγιστο όριο, η λειτουργία των κλιματιστικών του ορόφου εξαρτάται ελέγχεται από τον χρήστη.

## 2° Λογισμικό Εργαλείο

Αντίστοιχα, η πιλοτική εφαρμογή του δεύτερου λογισμικού έχει ξεκινήσει να διενεργείται σε ένα εμπορικό μαγαζί, στο οποίο ελέγχεται η λειτουργία τεσσάρων κλιματιστικών. Συγκεκριμένα, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας θα ελέγχει τη λειτουργία των κλιματιστικών του χώρου, και ένας αναλυτής ενέργειας θα μετράει τη συνολική κατανάλωση κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Η εφαρμογή διακρίνει δύο χρονικές περιόδους:

Ώρες αιχμής

Η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου ελέγχεται από τον χρήστη, ωστόσο η λειτουργία των κλιματιστικών βασίζεται στο ακόλουθο σενάριο:

- Όταν η θερμοκρασία του χώρου υπερβαίνει την επιθυμητή θερμοκρασία, διε-

ξάγεται κυκλική λειτουργία κάθε κλιματιστικού ανά είκοσάλεπτο. Δηλαδή, αρχικά ενεργοποιείται το πρώτο κλιματιστικό και στη συνέχεια, μετά το πέρασμα 20 λεπτών, σταματάει η λειτουργία του και ενεργοποιείται το επόμενο, κ.λπ.

- Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία ελέγχου, όλα τα κλιματιστικά απενεργοποιούνται.

Ώρες μη αιχμής

Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία που θέτει ο χρήστης, όλα τα κλιματιστικά ενεργοποιούνται, ενώ όταν είναι μικρότερη, όλα τα κλιματιστικά απενεργοποιούνται.

## Συμπεράσματα

Όπως διαφαίνεται από την προηγούμενη ανάλυση, η ανάπτυξη κατάλληλων διαδραστικών εργαλείων σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των κτιριακών αυτοματισμών, επιτυγχάνει:

- Καταγραφή του ιστορικού καταναλώσεων ενός κτιρίου και ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων μέσω των γραφικών αναπαραστάσεων.
- Παρακολούθηση ενεργειακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Επισήμανση των αιχμών του φορτίου

και αναγνώριση των ενεργοβόρων λειτουργιών του κτιρίου.

- Σύγκριση του ενεργειακού προφίλ διαφορετικών περιόδων ή διαφορετικών καταναλωτών.

• Πρόβλεψη καταναλώσεων σε περίπτωση τοποθέτησης επιπρόσθετων φορτίων.

- Βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας με βάση κάποια απλά ή και σύνθετα λογικά σενάρια.

Πράγματι, λοιπόν, τα διαδραστικά συστήματα που παρουσιάστηκαν μπορούν να επιτύχουν σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για την ψύξη των χώρων του κτιρίου, ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής, η οποία σύμφωνα με υπολογισμούς εκτιμάται στο 12%.

Η πιλοτική εφαρμογή των συστημάτων θα συμβάλει στην αξιολόγηση των προβλεπόμενων αποτελεσμάτων, ενώ τα συγκεκριμένα σενάρια θα επανεξεταστούν μέσα από την εισαγωγή των σχετιζόμενων δεδομένων. Παράλληλα, η διενέργεια κατάλληλων τροποποιήσεων θα έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση κατάλληλων σεναρίων τα οποία θα εφαρμοστούν σε διαφορετικούς τύπους κτιρίων και να ελέγχουν τη λειτουργία επιπλέον φορτίων, όπως το σύστημα φωτισμού, θέρμανσης

## Βιβλιογραφία

- [1]. Commission of the European Communities. Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council, on the Energy Performance of Buildings. Brussels, 2008.
- [2]. Commission of the European Communities. Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential. Brussels, 2006.
- [3]. Υπουργείο Ανάπτυξης, Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων - KENAK. Νόμος 3661 - Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, Αθήνα, 2008.
- [4]. Doukas H, Nychtis C, Psarras J. Assessing Energy Saving Measures in Buildings through an Intelligent Decision Support Model, *Building and Environment* 44 (2), pp. 290-298.
- [5]. Wong JKW, Li H, Wang SW. Intelligent building research: a review. *Automation in Construction* 2005; 14: 143-159.
- [6]. Laudon K, Laudon J. Management information systems. Organization and technology in the networked enterprise. Sixth edition. Prentice-Hall 2000; 28 January.
- [7]. Doukas H, Patlitzianas K, Iatropoulos K, Psarras J. Intelligent Building Energy Management System Using Rule Sets. *Building and Environment* 2007; 42(10): 3562-3569.
- [8]. Zaheer-Uddin M. Optimal, Sub-optimal and Adaptive Control Methods for the Design of Temperature Controllers for Intelligent Buildings. *Building and Environment* 1993; 28(3): 311-322.
- [9]. Zaheer-Uddin M. Intelligent Control Strategies for HVAC Processes in Buildings. *Energy* 1994; 19(1): 67-79.
- [10]. Huang W, Lam HN. Using genetic algorithms to optimize controller parameters for HVAC systems. *Energy and Buildings* 1997; 26: 277-282.
- [11]. Kanarachos A, Germanis K. Multivariable Control of Single Zone Hydronic Heating Systems with Neural Networks. *Energy Conversion and Management* 1998; 39(13): 1317-1336.
- [12]. Yao Y, Lian Z, Hou Z, Zhou X. Optimal operation of a large cooling system based on an empirical model. *Applied Thermal Energy* 2004; 24: 2303-2321.
- [13]. Kaminaris SD, Tsoutsos TD, Agoris D, Machias AV. Assessing renewables-to-electricity systems: a fuzzy expert system model, *Energy Policy*, Volume 34, Issue 12, August 2006, Pages 1357-1366
- [14]. Fong KF, Hanby VI, Chow TT. HVAC system optimization for energy management by evolutionary programming. *Energy and Buildings* 2006; 38: 220-231.
- [15]. Wang S, Burnett J. Online adaptive control for optimizing variable-speed pumps of indirect water - cooled systems. *Applied Thermal Energy* 2001; 21: 1083-1103.
- [16]. Kolokotsa D, Stavrakakis GS, Kalaitzakis K, Agoris D. Genetic algorithms optimized fuzzy controller for the indoor environmental management in buildings implemented using PLC and local operating networks. *Artificial Intelligence* 2002; 15:417-428.
- [17]. Kolokotsa D, Kalaitzakis K, Antonidakis E, Stavrakakis GS. Interconnecting smart card system with PLC controller in a local operating network to form a distributed energy management and control system for buildings. *Energy Conversion and Management* 2002; 43:119-134.
- [18]. Clark G, Mehta P. Artificial intelligence and networking in integrated building management systems. *Automation in Construction* 1997; 6: 481-498.