



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

“Ευφυής Διαχείριση Ανανεώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων”

Γενικό Τμήμα

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Συνδυασμός του Πρωτοκόλλου KNX με ΑΠΕ για Έξυπνα Κτίρια

Υπεύθυνος Καθηγητής

Παναγιώτης Τρακάδας

Ζάγορα Αικατερίνη, ΑΜ 5202208

ΡΟΔΟΣ 2024

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
1. Εισαγωγή	2
2. Έξυπνα Κτίρια και KNX	5
Εισαγωγή στον κτιριακό αυτοματισμό	5
Το πρότυπο KNX.....	6
Παρουσίαση των μέσων επικοινωνίας KNX	10
Τοπολογίας bus	10
IP Network	16
Αισθητήρες Συστήματος KNX	21
3. ΑΠΕ σε Κτίρια	24
Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού - Ηλιακοί Θερμοσίφωνες	26
Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού - Συστήματα combi.....	29
Θέρμανση του Νερού σε Πισίνα με Ηλιακή Ενέργεια	30
Ηλιακοί συλλέκτες αέρα	31
Ηλιακός Κλιματισμός	32
Ηλιακά Φωτοβολταϊκά (PV) πάνελ	35
Ανεμογεννήτριες	37
Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	42
Συστήματα θέρμανσης βιομάζας	44
Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας	44
Συστήματα συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP)	45
Συστήματα αερισμού ανάκτησης θερμότητας (HRV)	45
4. Συνδυασμός KNX με ΑΠΕ	47
Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX	47
Βελτιστοποίηση της χρήσης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας με το KNX.....	48
Σχέδια και μελλοντικοί στόχοι.....	50
5. Ενεργειακή Διαχείριση με KNX	54
Παρακολούθηση και η ανάλυση	54
Ανακεφαλαίωση.....	57
6. Συμπεράσματα	58
Βιβλιογραφία	60

1. Εισαγωγή

Η σύγχρονη τεχνολογία έχει επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούμε με το περιβάλλον μας και διαχειριζόμαστε τις καθημερινές μας λειτουργίες. Ένα παράδειγμα αυτής της εξέλιξης είναι το KNX (Κύριο Δίκτυο Ενιαίου Ελέγχου) [1], ένα σύστημα αυτοματισμού που επιτρέπει τον έξυπνο έλεγχο και τη διαχείριση των συσκευών σε οικιακό περιβάλλον. Ταυτόχρονα, η ανάγκη για βιώσιμες πηγές ενέργειας οδήγησε στην ενσωμάτωση ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) [2] στην καθημερινή ζωή μας, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τον ρόλο του KNX στη διαχείριση των οικιακών λειτουργιών και την ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε αυτό το πλαίσιο. Μέσα από μια ανάλυση της λειτουργίας του KNX και της χρήσης ΑΠΕ σε οικιακές εφαρμογές, ερευνάται πώς η συνδυασμένη χρήση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τη βελτίωση της βιωσιμότητας των κατοικιών μας.

Το KNX (Κύριο Δίκτυο Ενιαίου Ελέγχου) αποτελεί ένα προηγμένο σύστημα αυτοματισμού που επιτρέπει τον έξυπνο έλεγχο και τη διαχείριση διαφόρων λειτουργιών σε οικιακό περιβάλλον. Αποτελείται από ένα δίκτυο συσκευών που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός κοινού πρωτοκόλλου, επιτρέποντας τον έλεγχο των φωτιστικών, της θέρμανσης, του κλιματισμού και άλλων συσκευών στο σπίτι. Όσον αφορά τις ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας), πολλές χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με βιώσιμο τρόπο. Οι κύριες ΑΠΕ [3] που ενσωματώνονται σε οικιακά συστήματα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες, οι ανεμογεννήτριες και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Με τη συνδυασμένη χρήση του KNX και των ΑΠΕ, οι οικιακές εφαρμογές μπορούν να επιτύχουν αυξημένη αποδοτικότητα, οικονομία ενέργειας και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η σημασία του συνδυασμού του KNX με τις ΑΠΕ έγκειται στη δυνατότητα να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση της ενέργειας σε ένα κτίριο. Το KNX επιτρέπει τον έξυπνο έλεγχο και την αυτοματοποίηση διαφόρων λειτουργιών, ενώ οι ΑΠΕ παρέχουν βιώσιμες πηγές ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων. Μέσω της συνεργασίας αυτών των δύο τεχνολογιών, τα έξυπνα κτίρια μπορούν να επιτύχουν τους παρακάτω στόχους:

Ενεργειακή Απόδοση: Ο έξυπνος έλεγχος του KNX μπορεί να βελτιστοποιήσει τη χρήση ενέργειας στο κτίριο, ενώ οι ΑΠΕ μπορούν να παράγουν καθαρή ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του. Η ενεργειακή απόδοση [4] αποτελεί βασικό πυλώνα για τη βελτίωση της λειτουργίας και της αποδοτικότητας των έξυπνων κτιρίων. Ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ παρέχει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση της ενέργειας σε αυτά τα κτίρια, επιτυγχάνοντας βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας με τον έξυπνο έλεγχο των συσκευών και των συστημάτων, όπως των φωτιστικών και του κλιματισμού. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια χρησιμοποιείται με πιο αποδοτικό τρόπο, μειώνοντας την απώλεια ενέργειας και εξοικονομώντας ηλεκτρικό ρεύμα. Ταυτόχρονα, οι ΑΠΕ παρέχουν καθαρή και ανανεώσιμη ενέργεια που μπορεί

να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία των κτιρίων με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο σύστημα διαχείρισης ενέργειας να μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και να μειώσει το κόστος ενέργειας του κτιρίου.

Αυτονομία Ενέργειας: Η αυτονομία ενέργειας [5] είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ στα έξυπνα κτίρια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και οι αιολικοί ανεμογεννήτριες, προσφέρουν τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας ακόμα και όταν η κεντρική παροχή είναι αποκομμένη, κάτι που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις ανάγκης για εφεδρική ενέργεια, όπως κατά τη διάρκεια διακοπών ρεύματος ή σε περιοχές με ανεπαρκή ή ασταθή παροχή ενέργειας από το δίκτυο. Το KNX μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες ή συστήματα αποθήκευσης θερμότητας, προκειμένου να αποθηκεύεται η ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ και να χρησιμοποιείται όταν απαιτείται. Η αυτονομία ενέργειας παρέχει στα έξυπνα κτίρια μεγαλύτερη ευελιξία και αξιοπιστία στην παροχή ενέργειας, καθιστώντας τα πιο ανεξάρτητα από τις εξωτερικές παροχές ενέργειας. Αυτό ενισχύει την ασφάλεια του κτιρίου και εξασφαλίζει την συνεχή λειτουργία των βασικών λειτουργιών, ακόμα και σε περιβάλλοντα με περιορισμένη πρόσβαση σε εξωτερικές πηγές ενέργειας.

Βιωσιμότητα: Η βιωσιμότητα [6] αποτελεί έναν σημαντικό στόχο για τα έξυπνα κτίρια, και ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ συμβάλλει σημαντικά σε αυτόν τον τομέα. Μέσω του KNX, τα έξυπνα κτίρια μπορούν να επιτύχουν βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας και των άλλων πόρων, με τον έξυπνο έλεγχο των συσκευών και των συστημάτων λειτουργίας, οδηγώντας σε μείωση της κατανάλωσης πόρων και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Επιπλέον, οι ΑΠΕ προσφέρουν καθαρή και ανανεώσιμη ενέργεια που μειώνει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, οι οποίες συχνά προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς μέσω της ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στα έξυπνα κτίρια, επιτυγχάνεται η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Συνολικά, η συνδυασμένη χρήση του KNX με τις ΑΠΕ συμβάλλει στη δημιουργία έξυπνων κτιρίων που είναι οικολογικά φιλικά, οικονομικά αποδοτικά και βιώσιμα στο μακροπρόθεσμο.

2. Έξυπνα Κτίρια και KNX

Εισαγωγή στον κτιριακό αυτοματισμό

Ο οικιακός αυτοματισμός [7] βασίζεται στους τομείς της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών για να λειτουργήσει αποτελεσματικά, με τις εφαρμογές τους σε μια οικία να είναι πολλές και χρήσιμες. Μπορούμε να ελέγξουμε των φωτισμό καθώς και το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, ενώ μπορούμε να τον συνδυάσουμε με το σύστημα ασφαλείας και πυρανίχνευσης που είναι εγκατεστημένο στο χώρο, όπως και να ελέγχουμε οικιακές συσκευές ή να χρησιμοποιούμε κεντρικό κλείδωμα όταν λείπουμε. Φυσικά ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί και απομακρυσμένα μέσω εφαρμογής κινητού αλλά και μέσω υπολογιστή με τα βασικά τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας κτιριακός αυτοματισμός να είναι το σύστημα ασφαλείας, ο φωτισμός, η ψύξη και η θέρμανση, έλεγχος οπτικοακουστικών μέσων καθώς και το σύστημα θυροτηλεοράσεις και του δικτύου.

Όσον αφορά το κομμάτι του συνδυασμού του κτιριακού αυτοματισμού και των συστημάτων ασφαλείας και πυρανίχνευσης [8], ένα σημαντικό κομμάτι αναφέρεται στην παρακολούθηση του συστήματος ηλεκτρονικής επιτήρησης από απόσταση καθώς και στον έλεγχο τους συστήματος συναγερμού και των αισθητήρων που το αποτελούν κάθε στιγμή μέσω κινητού ή ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έτσι, κάθε στιγμή μπορούμε να λαμβάνουμε ηλεκτρονικά μηνύματα και ειδοποίησης για το τι συμβαίνει στο σπίτι μας, για παράδειγμα όταν ενεργοποιείται ένας αισθητήρας ή μια κάμερα λόγω κίνησης κάποιου πιθανού διαρρήκτη. Το κομμάτι της πυρανίχνευσης, είτε είναι συνδεδεμένο με το σύστημα συναγερμού είτε όχι, αποτελείται από αισθητήρες και ελεγκτές που και αυτοί με τη σειρά τους όταν ενεργοποιούνται, στέλνουν ειδοποιήσεις στην εφαρμογή απομακρυσμένου ελέγχου και ενεργοποιούν αυτόματα τα συστήματα πυρόσβεσης.

Τα συστήματα ασφαλείας σε ένα οίκημα με εγκατεστημένα συστήματα κτιριακού αυτοματισμού έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικά αυξάνοντας κατακόρυφα την ασφάλεια των ενοίκων και του χώρου. Το σημαντικότερο ίσως κομμάτι του κτιριακού αυτοματισμού σε σχέση με την ασφάλεια είναι το συνολικό αυτόματο κλείδωμα των θυρών και ο έλεγχος κάθε στιγμή των εισόδων και παραθύρων που παραμένουν ή ανοίγουν όταν λείπουμε από τον χώρο. Μέσω απομακρυσμένου ελέγχου μπορούμε να ανοίξουμε κάποια θύρα ή όλες μαζί ή αντίστοιχα να κλειδώσουμε όλες ή μερικές θύρες, ή να αφοπλίσουμε τον συναγερμό και αντίστοιχα να έχουμε συνεχείς ενημέρωση με ειδοποιήσεις για παραβίαση κάποιας θύρας.

Σημαντικό αποτρεπτικό ρόλο στην προσπάθεια διάρρηξης του χώρου έχει η δυνατότητα που μας δίνει ο κτιριακός αυτοματισμός για έλεγχο ηλεκτρικών συσκευών. Έτσι, μπορούμε να ενεργοποιήσουμε κάποια φώτα ή κάποια συσκευή, όπως την τηλεόραση, δίνοντας έτσι την αίσθηση σε κάποιον που παρακολουθεί τον χώρο ότι κάποιος βρίσκεται μέσα. Συνδυαστικά με το σύστημα συναγερμού λειτουργεί και το σύστημα παρακολούθησης το οποίο μας παρέχει τη δυνατότητα να επιβλέπουμε το χώρο όταν λείπουμε με απομακρυσμένο έλεγχο. Έτσι, μπορούμε

και άμεσα μέσω καμερών να ελέγξουμε τις θύρες του οικήματος ή τον περιβάλλοντα χώρο εάν ενεργοποιηθεί κάποιος αισθητήρας και λάβουμε ειδοποίηση στο κινητό μας. Πολλές κάμερες είναι άμεσα συνδεδεμένες με αισθητήρες ώστε σε περίπτωση ενεργοποίησης του αισθητήρα να έχουμε συγχρόνως με την ειδοποίηση παραβίασης και λήψη βίντεο ή στιγμιότυπου και αποστολή αυτών στο κινητό ή τον υπολογιστή μας.

Ένα σύστημα κτιριακού αυτοματισμού, όπως και κάθε άλλο σύστημα, χρειάζεται κάποια βασικά υλικά για να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Το σημαντικότερο κομμάτι του συστήματος είναι η κεντρική μονάδα ελέγχου [9], η οποία αποτελεί τον εγκέφαλο του συστήματος. Σε αυτήν στέλνονται όλα τα σήματα των αισθητήρων, αυτή τα επεξεργάζεται και αποστέλλει τις εντολές στους ενεργοποιητές. Στην κεντρική μονάδα είναι εγκατεστημένο το λογισμικό διαχείρισης του κτιριακού αυτοματισμού με το οποίο αλληλεπιδρά ο κάθε χρήστης, είτε τοπικά είτε απομακρυσμένα. Το επόμενο σημαντικό κομμάτι του συστήματος είναι οι αισθητήρες που βρίσκονται τοποθετημένοι στο κτίριο και δέχονται τα διάφορα ερεθίσματα, όπως κίνηση ή φωτιά ή υγρασία, και στέλνουν σήματα ενεργοποίησης στην κεντρική μονάδα για επεξεργασία. Το επόμενο κομμάτι είναι οι ενεργοποιητές, οι οποίοι παίρνουν εντολή ενεργοποίησης από την κεντρική μονάδα, αφού πρώτα αυτή έχει επεξεργαστεί τα σήματα από τους αισθητήρες. Το τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό για τη λειτουργία του συστήματος κομμάτι αποτελεί ο τρόπος διασύνδεσης των υποσυστημάτων μεταξύ τους. Υπάρχουν δύο τρόποι, ο ενσύρματος και ο ασύρματος. Με την ενσύρματη διασύνδεση υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια, αντοχή και ελάχιστες παρεμβολές. Με την ασύρματη διασύνδεση, από την άλλη μεριά, γίνεται ευκολότερη η εγκατάσταση λόγω μη ύπαρξης καλωδίων αλλά υπάρχει ο κίνδυνος παρεμβολών στο σύστημα κατά την επικοινωνία των συσκευών.

Για παράδειγμα, σε περίπτωση προσπάθειας παράνομης εισβολής ενός ατόμου σε κάποια φυλασσόμενη είσοδο, θα ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας κίνησης που έχει εγκατασταθεί στο σημείο. Στη συνέχεια, μέσω του συστήματος διασύνδεσης, είτε αυτό είναι ασύρματο είτε ενσύρματο, θα μεταφερθεί η πληροφορία στην κεντρική μονάδα. Η κεντρική μονάδα θα επεξεργαστεί την πληροφορία και θα λάβει την απόφαση για το εάν θα δώσει εντολή ενεργοποίησης ή όχι του συστήματος συναγερμού. Έτσι, εάν δοθεί εντολή ενεργοποίησης του συναγερμού θα μεταφερθεί η εντολή αυτή μέσω του συστήματος διασύνδεσης στις αντίστοιχες συσκευές συναγερμού για να ενεργοποιηθούν.

Για να λειτουργήσουν όλα αυτά τα συστήματα σωστά και αποδοτικά πρέπει να υπακούνε σε κάποιους κανόνες και κάποια διεθνή πρότυπα και πρωτόκολλα. Τα πρότυπα αυτά καθορίζουν τον τρόπο παραγωγής διασύνδεσης και χρήσης αυτών των συστημάτων και κάθε εγκαταστάτης πρέπει να τα ακολουθεί αυστηρά.

Το πρότυπο KNX

Το πρότυπο KNX, γνωστό επίσης ως KNX standard [10], αντιπροσωπεύει ένα διεθνώς αποδεκτό πρότυπο για τον αυτοματισμό κτιρίων. Καλύπτει τον έλεγχο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, των οικιακών συσκευών και των αισθητήρων που αφορούν τη θέρμανση, την

ψύξη και άλλες λειτουργίες, ενώ ενσωματώνει επίσης συστήματα ασφαλείας σε μια κτιριακή εγκατάσταση. Αυτό συμβαίνει μέσω της σύγκλισης πρωτοκόλλων όπως το EIB (Ευρωπαϊκό Πρότυπο για τις Ηλεκτρονικές Εγκαταστάσεις), το EHS (Σύστημα Αυτοματοποίησης Οικιακών Συσκευών) και το BatiBus (Σύστημα Θέρμανσης και Κλιματισμού).

Το πρωτόκολλο KNX διακρίνεται για την ανοιχτή του φύση και προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς επιτρέπει τη συνεργασία και τη σωστή λειτουργία διαφόρων συσκευών, ανεξαρτήτως κατασκευαστή. Με υποστήριξη από περισσότερους από 340 κατασκευαστές παγκοσμίως, αποτελεί πλέον την πιο διαδεδομένη και αποτελεσματική λύση για κτιριακό αυτοματισμό, παρέχοντας στους χρήστες την ευελιξία να επιλέξουν τα προϊόντα που ταιριάζουν στις ανάγκες τους, ακόμη και αν προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Επιπλέον, σε περίπτωση βλάβης, η αντικατάσταση μιας συσκευής είναι εύκολη λόγω της ευρείας γκάμας προμηθευτών και κατασκευαστών.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του KNX είναι η δυνατότητα ολοκλήρωσης όλων των λειτουργιών ενός κτιρίου μέσω ενός κοινού περιβάλλοντος λογισμικού, επιτρέποντας τη συγκέντρωση και τη διαχείριση λειτουργιών όπως θέρμανση, ψύξη, ασφάλεια και φωτισμός από ένα μόνο σημείο. Επιπλέον, όλες οι συσκευές και οι διασυνδέσεις που πληρούν τα πρότυπα του KNX είναι συμβατές μεταξύ τους, εξασφαλίζοντας ομαλή λειτουργία. Τέλος, οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τεχνολογία KNX παρέχουν τη δυνατότητα μελλοντικής διασύνδεσης σε ένα κοινό δίκτυο, όπως μια έξυπνη πόλη.

Η χρήση της τεχνολογίας KNX προσφέρει πληθώρα οφελών, καθιστώντας την αναπόσπαστη στη μελέτη και εγκατάσταση σύγχρονων κτιρίων και πόλεων. Παρέχει ασφάλεια στον χρήστη διότι επιτρέπει τον έλεγχο και την παρακολούθηση διαφόρων χώρων από οποιοδήποτε σημείο και μέσω επιθυμεί. Επιπλέον, παρέχει ευελιξία στην επιλογή του χρόνου και της διάρκειας λειτουργίας συσκευών και μηχανισμών εντός της εγκατάστασης. Τέλος, συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της συνεχούς ελέγχου των συστημάτων ενέργειας που είναι ενεργοποιημένα.

Όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει ευρύ φάσμα κατασκευαστών που συμμορφώνονται με το πρότυπο KNX, γεγονός που διευκολύνει την ενσωμάτωση του συστήματος με χιλιάδες συσκευές σε μία εγκατάσταση. Αυτές οι συσκευές ποικίλουν από αισθητήρες κίνησης, θερμοκρασίας και υγρασίας έως ψηφιακές και αναλογικές συσκευές εισόδου και εξόδου. Επιπλέον, συνεργάζεται με συσκευές τηλεχειρισμού, περιλαμβανομένων πομπών, δεκτών και αποκωδικοποιητών. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ένα τέτοιο σύστημα είναι πολλά και ποικίλα. Συμβαδίζει με όλα τα πρότυπα, είτε ευρωπαϊκά είτε διεθνή, και υποστηρίζεται από πολλούς κατασκευαστές, κάτι που το καθιστά εξαιρετικά αποδοτικό. Οι διάφορες συσκευές και τα επιμέρους συστήματα μπορούν να ελεγχθούν με πολλούς τρόπους, προσφέροντας ευελιξία και ευκολία στο χειρισμό. Αυτός ο χειρισμός μπορεί να γίνει είτε συμβατικά, με μπουτόν και διακόπτες, είτε απομακρυσμένα μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου. Όλα τα συστήματα επικοινωνούν μεταξύ τους, επιτρέποντας τον έλεγχο και την προγραμματισμένη λειτουργία της κατανάλωσης ενέργειας, αποτρέποντας την άσκοπη χρήση αυτής, συμβάλλοντας σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, το συγκεκριμένο σύστημα αυτοματισμού προσφέρει εξαιρετικές δυνατότητες στον

τομέα της ασφάλειας [11], ενσωματώνοντας έλεγχο των ανιχνευτών κίνησης, θραύσεως, καπνού, καθώς και των ρόλων στα παράθυρα και στις πόρτες.

Τα συστήματα ήχου ελέγχονται απομακρυσμένα και επιτρέπουν την επιλογή διαφορετικών ήχων σε κάθε χώρο. Σημαντικό στοιχείο του πρωτοκόλλου είναι το σύστημα ασφαλείας, που προσφέρει δυνατότητα αναφοράς για οποιαδήποτε απόπειρα διάρρηξης ή προσπάθεια παραβίασης της ακεραιότητας του χώρου. Αυτό, σε συνδυασμό με το σύστημα ηλεκτρονικής επιτήρησης, επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση του χώρου σε πραγματικό χρόνο μέσω κινητού τηλεφώνου ή υπολογιστή. Έτσι, εξασφαλίζεται όχι μόνο η ασφάλεια αλλά και η άμεση αντίδραση σε ενδεχόμενες απειλές ή παραβάσεις.

Για να είναι αποτελεσματική η εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος κτιριακού αυτοματισμού, απαιτείται αρχικά μια σωστή και αναλυτική τεχνική μελέτη. Αυτή η μελέτη πρέπει να γίνει σε συνεργασία με τους ιδιοκτήτες και τους χρήστες του χώρου, προκειμένου να καλυφθούν όλες οι απαραίτητες ανάγκες με το σύστημα που θα εγκατασταθεί. Αρχικά, πρέπει να συζητηθούν οι καθημερινές ανάγκες και ασχολίες των χρηστών του χώρου, ώστε να κατανοηθεί ο τρόπος ζωής τους και να καλυφθούν όλες οι σχετικές ανάγκες. Στη συνέχεια, με βάση αυτές τις πληροφορίες, ξεκινά ο σχεδιασμός του συστήματος και του κτιρίου, ώστε να είναι συμβατά και να λειτουργούν αποτελεσματικά. Κατόπιν, επιλέγονται οι κατάλληλες συσκευές και τα συστήματα από κατασκευαστές που συμμορφώνονται με τα πρότυπα KNX, και καθορίζεται ο χρόνος εγκατάστασης και δικτύωσης του κάθε συστήματος, τόσο ατομικά όσο και ως σύνολο. Αφού πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες εργασίες εγκατάστασης, γίνεται η διασύνδεση των διάφορων συσκευών μεταξύ τους και με την κεντρική μονάδα, προκειμένου να επιτευχθεί άμεση επικοινωνία και συνεργασία. Τέλος, πραγματοποιείται η παραμετροποίηση και ο προγραμματισμός του συστήματος, ενώ παράλληλα παρέχεται εκπαίδευση στους χρήστες των εφαρμογών αυτοματισμού, προκειμένου να χρησιμοποιούν το σύστημα με ευκολία και αποτελεσματικότητα.

Για να είναι λειτουργικό ένα σύστημα αυτοματισμού, είναι απαραίτητο να είναι πιστοποιημένο και να συμμορφώνεται με τα διεθνή πρότυπα [12] με ένα από τα δημοφιλή συστήματα να είναι το KNX/EIB Instabus, το οποίο χρησιμοποιείται για τον ηλεκτρικό έλεγχο εφαρμογών και λειτουργιών από πολλαπλές θέσεις. Αυτό το πρωτόκολλο υποστηρίζεται από κορυφαίες εταιρείες στον χώρο του αυτοματισμού, όπως η Siemens, η ABB και η Schneider Electric. Το σύστημα KNX/EIB Instabus [13] αποτελείται από τον συνδυασμό τριών τεχνολογιών: το EIB, το EHS και το Bati bus, με την λειτουργία του EIB να βασίζεται σε αισθητήρια και έξυπνους ελεγκτές, τα οποία συνδέονται σε έναν κεντρικό δίαυλο επικοινωνίας. Αυτές οι συσκευές, όπως αισθητήρες κίνησης και φωτεινότητας, τοποθετούνται σε ειδικούς προσαρμογείς που ονομάζονται BCU. Μετά τη λήψη σήματος από τα αισθητήρια και την ενεργοποίησή τους, δίνεται εντολή στους ενεργοποιητές να εκτελέσουν μια λειτουργία. Οι εντολές αυτές μεταφέρονται μέσω του δικτύου 230/400 V στους επιμέρους ενεργοποιητές. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δύο διαφορετικά δίκτυα καλωδίωσης: το ένα είναι το κύκλωμα ισχύος 230/400 V στο οποίο συνδέονται συμβατικές συσκευές, και το άλλο είναι το κύκλωμα επικοινωνίας 24 V όπου συνδέονται οι συσκευές αυτόματου ελέγχου. Το δίκτυο επικοινωνίας τοποθετείται παράλληλα με το κύκλωμα ισχύος σε

μια επιτρεπτή απόσταση για να μην υπάρχουν παρεμβολές. Το bus τροφοδοτείται με 24 V και χρησιμοποιείται καλώδιο YCYM 2X2X0.8 mm² ή απλό τηλεφωνικό καλώδιο. Η σειριακή επικοινωνία πραγματοποιείται βάσει του πρωτοκόλλου OSI.

Η επιτυχημένη λειτουργία ενός συστήματος αυτοματισμού εξαρτάται σημαντικά από τη σωστή επιλογή και εγκατάσταση των βασικών εξαρτημάτων και συσκευών. Ένα βασικό στοιχείο είναι η τροφοδοσία συνεχούς τάσης, η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του συστήματος. Επίσης, η ύπαρξη του προσαρμογέα bus είναι ουσιαστική, καθώς διαθέτει μικροεπεξεργαστή προγραμματιζόμενο και πομποδέκτη για την κωδικοποίηση και λήψη σημάτων από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες. Επιπλέον, απαιτούνται ενισχυτές σήματος και θύρες σύνδεσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς και διάφορα εξαρτήματα όπως αισθητήρια κίνησης, θερμότητας, διακόπτες και συσκευές αναλογικών εισόδων. Η εύκολη προσθήκη και αφαίρεση συσκευών στο δίκτυο, μαζί με τη γρήγορη προγραμματισμό και παραμετροποίησή τους, προσφέρει ευελιξία στη χρήση και τη συντήρηση του συστήματος. Το KNX/EIB αποτελεί μια σύγχρονη λύση που εξαλείφει την ανάγκη για ξεχωριστή καλωδίωση και τροφοδοσία για κάθε σύστημα ελέγχου, επιτρέποντας έτσι εύκολη εγκατάσταση και επέκταση στο μέλλον χωρίς μεγάλες παρεμβάσεις.

Για την επιτυχημένη παράδοση και λειτουργία του συστήματος αυτοματισμού, η προγραμματιστική διαδικασία αποτελεί ουσιαστικό βήμα. Το λογισμικό ETS [14] χρησιμοποιείται για την παραμετροποίηση και ρύθμιση του συστήματος, σύμφωνα με τις ανάγκες του χώρου και των χρηστών, καθώς μετά την αρχική εγκατάσταση, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να προβούν σε αλλαγές στο σύστημα, προσφέροντας έτσι επιπλέον ευελιξία. Το ETS επιτρέπει τον προγραμματισμό οποιασδήποτε συσκευής που είναι πιστοποιημένη με το KNX, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή της. Η διαθέσιμη άδεια χρήσης του λογισμικού καθορίζει τις λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει ο προγραμματιστής. Η demo έκδοση προσφέρεται δωρεάν, αλλά περιορίζει τον αριθμό των συσκευών προγραμματισμού bus ανά εγκατάσταση. Η έκδοση Lite προσφέρει πλήρη λειτουργικότητα αλλά περιορίζει τον προγραμματισμό έως 20 bus ανά εγκατάσταση. Από την άλλη, η professional έκδοση επιτρέπει πλήρη λειτουργία χωρίς περιορισμούς στις συσκευές bus και τέλος, η έκδοση supplementary παρέχει μια επιπλέον άδεια για χρήση σε άλλον υπολογιστή. Ο προγραμματισμός συνήθως γίνεται με χρήση φορητού υπολογιστή, ο οποίος συνδέεται μια φορά στο σύστημα για προγραμματισμό και στη συνέχεια αφαιρείται, ενώ το σύστημα λειτουργεί αυτόνομα. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει ευελιξία και ευκολία στη διαχείριση και τη συντήρηση του συστήματος.

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα προσομοίωσης ολόκληρης της εγκατάστασης, από το στάδιο του σχεδιασμού μέχρι τον προγραμματισμό. Αρχικά, οι καθημερινές ανάγκες καλύπτονται με τη σχεδίαση του κτιρίου στο λογισμικό, συμπεριλαμβανομένων των κύριων μερών του. Στη συνέχεια, τοποθετούνται οι συσκευές σε κάθε σημείο του χώρου εγκατάστασης, όπως αισθητήρια και ενεργοποιητές. Στο επόμενο στάδιο, πραγματοποιείται η διευθυνσιοδότηση των συσκευών για την αμοιβαία τους επικοινωνία. Αυτή η σύνδεση είναι απαραίτητη για τη μεταφορά σημάτων από τους αισθητήρες στην κεντρική μονάδα και στη συνέχεια στους ενεργοποιητές, οι οποίοι εκτελούν τις αντίστοιχες λειτουργίες. Μετά τον προγραμματισμό και την παραμετροποίηση στο λογισμικό,

οι ρυθμίσεις μεταφέρονται στο bus ή τα bus της εγκατάστασης, εξασφαλίζοντας τη λειτουργικότητα του συστήματος και τη συμβατότητά του με τις απαιτήσεις του χώρου.

Σε αντίθεση με μία συμβατική ηλεκτρολογική εγκατάσταση, δεν υπάρχει καλωδιακή σύνδεση μεταξύ των μονάδων ελέγχου και της τροφοδοσίας. Για παράδειγμα, ένας διακόπτης φωτισμού δεν είναι άμεσα συνδεδεμένος με το αντίστοιχο φωτιστικό. Αντίθετα, οι συσκευές και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα συνδέονται μέσω του bus, το οποίο λειτουργεί με 29 Volt. Όλες οι συσκευές BUS μπορούν να προγραμματιστούν με ένα κοινό εργαλείο, και έτσι το KNX BUS επιτρέπει μια εύκολη και πολύ ευέλικτη εγκατάσταση, και ακόμα και μεταγενέστερες αλλαγές μπορούν να γίνουν εύκολα, χωρίς την αλλαγή της καλωδίωσης.

Βασικά, ένα σύστημα KNX απαιτεί τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Τροφοδοτικό για την παροχή της ισχύος στην εγκατάσταση.
- Αισθητήρια (μπουτόν, θερμοστάτες, μετρητές ταχύτητας ανέμου κλπ), τα οποία παράγουν εντολές με τη μορφή τηλεγραφημάτων.
- Ενεργοποιητές (ρελέ για φωτισμό, περσίδες κλπ), τα οποία λαμβάνουν τα τηλεγραφήματα και πραγματοποιούν συγκεκριμένες ενέργειες.
- Το BUS το οποίο συνδέει όλους τους Αισθητήρες και τους Ενεργοποιητές.

Παρουσίαση των μέσων επικοινωνίας KNX

Το KNX είναι σχεδιασμένο να είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε πλατφόρμα υλικού ή λογισμικού. Ο ευκολότερος τρόπος ελέγχου είναι μέσω ενός 8-bit μικροελεγκτή που μπορεί να πραγματοποιήσει την επιθυμητή λειτουργία. Για πιο σύνθετες λειτουργίες, ένας H/Y μπορεί να είναι απαραίτητος, σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες μιας εξειδικευμένης εγκατάστασης. Το πιο συνηθισμένο μέσο μετάδοσης στο KNX είναι το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων [15], αλλά το KNX παρέχει επίσης και άλλα μέσα φυσικής επικοινωνίας, ενώ είναι εφικτό να συνδυαστούν - τα ασύμβατα - κανονικά μέσα με χρήση Προσαρμοστών Μέσων KNX. Τα πιο συνηθισμένα μέσα είναι τα παρακάτω:

- TP (Twisted Pair, Καλώδιο Συνεστραμμένου Ζεύγους Αγωγών): Αυτό το μέσο επικοινωνίας, το Καλώδιο Συνεστραμμένου Ζεύγους Αγωγών, με ρυθμό μετάδοσης 9600 bit/s, έχει υιοθετηθεί από το EIB. Τα πιστοποιημένα EIB και KNX προϊόντα TP 1 λειτουργούν και επικοινωνούν μεταξύ τους στην ίδια γραμμή bus.
- PL (Powerline, Γραμμές ισχύος): Αυτό το μέσο επικοινωνίας, Γραμμές Ισχύος, με ταχύτητα 1200 bit/s, έχει επίσης υιοθετηθεί από το EIB. Τα πιστοποιημένα EIB και KNX προϊόντα PL 110 λειτουργούν και επικοινωνούν μεταξύ τους στο ίδιο ηλεκτρικό δίκτυο διανομής.
- RF (Radio frequency, Ραδιοσυχνότητα): Οι συσκευές KNX που υποστηρίζουν αυτό το μέσο επικοινωνίας, χρησιμοποιούν ραδιοσήματα για τη μετάδοση KNX τηλεγραφημάτων. Τα τηλεγραφήματα μεταδίδονται στη ζώνη συχνοτήτων των 868 MHz (Συσκευές Μικρής Εμβέλειας), με μέγιστη ακτινοβολούμενη ισχύ 25 mW και ρυθμό μετάδοσης 16.384 kbit/s. Το μέσο KNX RF μπορεί να αναπτυχθεί με έτοιμα στοιχεία, επιτρέπει απλές και αμφίδρομες

εφαρμογές, χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, και για τις μικρές και μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις δεν απαιτεί αναμεταδότες, παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

- IP (Ethernet): Όπως τεκμηριώνεται από τις προδιαγραφές KNXnet/IP, τα τηλεγραφήματα KNX μπορούν επίσης να μεταδοθούν μέσα σε τηλεγραφήματα IP. Με τον τρόπο αυτό, δίκτυα LAN, καθώς επίσης και το Internet μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δρομολόγηση ή τη δημιουργία καναλιών τηλεγραφημάτων KNX. Επομένως, οι δρομολογητές IP είναι μια εναλλακτική λύση έναντι των θυρών επικοινωνίας USB, αλλά και αντίστοιχα έναντι των προσαρμοστών γραμμών/περιοχών τύπου TP. Στην τελευταία περίπτωση, η κεντρική γραμμή TP αντικαθίσταται από μία γρήγορη γραμμή Ethernet.

Τοπολογίας bus

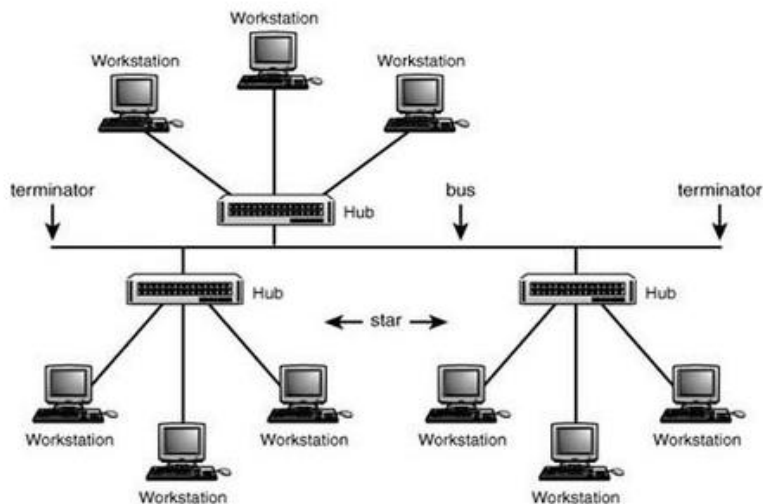
Στην τοπολογία του συστήματος KNX, η βασική μονάδα είναι η γραμμή, μαζί με τα αντίστοιχα τμήματα γραμμής. Για μεγαλύτερα έργα, μπορεί να συνδυαστούν έως και 15 γραμμές σε μια περιοχή, συνδεδεμένες σε μία κύρια γραμμή με τις διαφορετικές γραμμές να μπορούν να συνδεθούν σε μία κύρια γραμμή μέσω ενός Προσαρμοστή Γραμμής. Επίσης, είναι εφικτό να συνδεθούν μέχρι 15 περιοχές σε μία κεντρική (backbone) γραμμή, με τις περιοχές να συνδέονται μέσω Προσαρμοστή Περιοχής. Οι τερματικές συσκευές KNX μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε σε αυτήν την τοπολογία ενώ μέχρι 255 τερματικές συσκευές KNX μπορούν να διευθυνθούν σε οποιοδήποτε υποδίκτυο, με αρίθμηση από το 1 έως το 255. Κάθε συσκευή KNX, όπως Προσαρμοστής Περιοχής, Προσαρμοστής Γραμμής, τερματική συσκευή KNX, κλπ, πρέπει να διαθέτει μια μοναδική Ατομική Διεύθυνση σε ολόκληρη την τοπολογία.

Σε μια συμβατική εγκατάσταση (όχι KNX) ισχύουν τα παρακάτω:

- Κάθε λειτουργία απαιτεί ένα ή περισσότερα καλώδια για να πραγματοποιηθεί.
- Πολλές λειτουργίες = πολλά καλώδια.
- Κάθε λειτουργία πρέπει να έχει μελετηθεί με λεπτομέρεια πριν την τοποθέτηση.
- Εάν πρέπει να αλλαχθεί μία λειτουργία, θα πρέπει να αλλάξει και η εγκατάσταση.
- Κάθε συσκευή χρησιμοποιείται για μία λειτουργία.

Η εγκατάσταση ακόμα και σε χαμηλό επίπεδο πολυπλοκότητας, με πολλές λειτουργίες, μπορεί να γίνει πολύπλοκη και δαπανηρή. Τα πλεονεκτήματα της τοπολογίας bus έναντι της παλαιάς συμβατικής εγκατάστασης είναι αρκετά σημαντικά. Καταρχάς, υπάρχει ο διαχωρισμός μεταξύ της εντολής και της τροφοδοσίας, χρησιμοποιείται μόνο ένα καλώδιο για τη μετάδοση των πληροφοριών και των εντολών, με όλες τις λειτουργίες να εξαρτώνται αποκλειστικά από τον προγραμματισμό με λογικές συνδέσεις. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής των λειτουργιών των συστημάτων χωρίς την ανάγκη για αλλαγή της εγκατάστασης και τέλος, υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού πολλών λειτουργιών, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα λειτουργικών δυνατοτήτων.

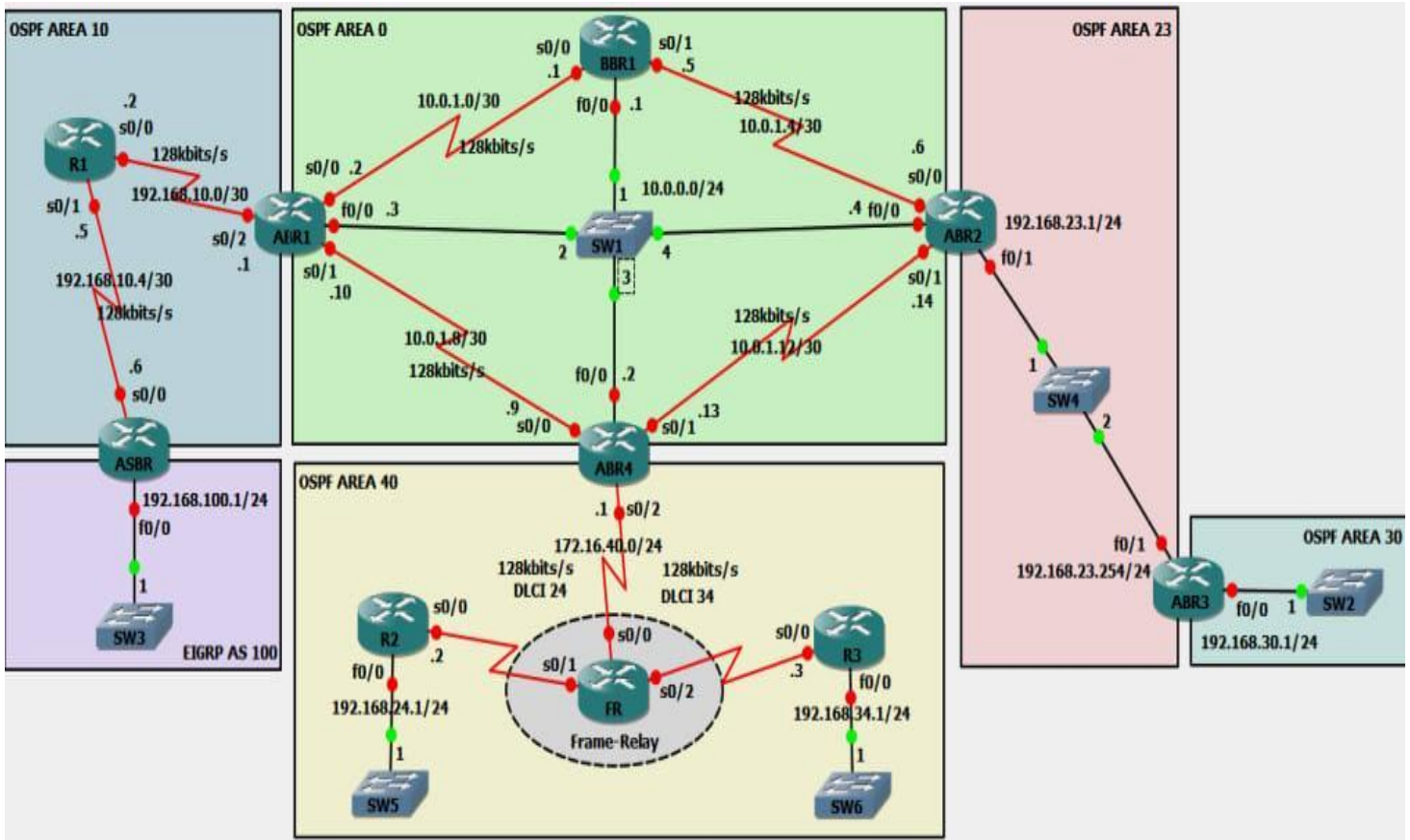
Εικ.1: Τοπολογία KNX δέντρου (tree topology)



Στη συγκεκριμένη τοπολογία [16], οι συνδρομητές οργανώνονται σε γραμμές, και ορισμένες από αυτές ομαδοποιούνται για να σχηματιστεί μία περιοχή, συνδεόμενες σε μία κύρια γραμμή. Οι περιοχές συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας γραμμής περιοχής και σε κάθε γραμμή μπορούν να τοποθετηθούν από 2 έως 64 συνδρομητές, με κάθε γραμμή να έχει τον δικό της συζευκτήρα γραμμής και μέχρι 63 συνδρομητές. Οι γραμμές συνδέονται με μία κύρια γραμμή, η οποία μπορεί να συνδέσει έως 15 γραμμές και να δεχτεί μέχρι 64 συνδρομητές ενώ κάθε κύρια γραμμή έχει το δικό της συζευκτήρα περιοχής και τροφοδοσία. Για μικρές εφαρμογές, μια μόνο κύρια γραμμή είναι αρκετή, αλλά μπορούν να συνδεθούν θύρες (gateways) για επικοινωνία με άλλα συστήματα, όπως KNX συστήματα ή άλλα δίκτυα, όπως ISDN ή κινητά τηλέφωνα.

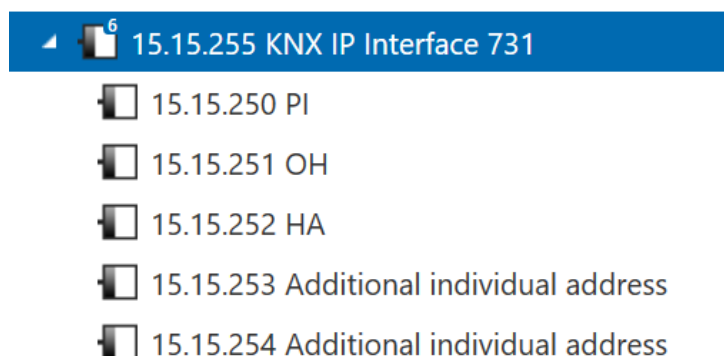
Εκτός από τη συνδεσμολογία δέντρου που συναντάμε πολύ συχνά σε εγκαταστάσεις KNX, υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι τύποι συνδεσμολογίας. Κάθε συσκευή bus (DVC) μπορεί να ανταλλάσσει πληροφορίες με οποιαδήποτε άλλη συσκευή με τηλεγραφήματα. Η μία γραμμή αποτελείται από το πολύ 4 τμήματα γραμμών, το καθένα με μέγιστο 64 συσκευές bus. Κάθε τμήμα απαιτεί την κατάλληλη τροφοδοσία. Ο πραγματικός αριθμός συσκευών εξαρτάται από την επιλεγμένη τροφοδοσία και την ισχύ των μεμονωμένων συσκευών.

Εικ.2: Τοπολογία Περιοχή



Εάν χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία γραμμές ή εάν επιλεγεί διαφορετική δομή, έως και 15 γραμμές μπορούν να συνδεθούν σε μία κύρια γραμμή μέσω ενός ζεύκτη γραμμής (LC), δημιουργώντας μια περιοχή, επιτρέποντας τη σύνδεση έως και 64 συσκευών δικτύου στην κύρια γραμμή, αλλά ο αριθμός μειώνεται ανάλογα με τον αριθμό των ζευκτών γραμμής που χρησιμοποιούνται. Κάθε γραμμή, συμπεριλαμβανομένης της κύριας, πρέπει να έχει τη δική της μονάδα τροφοδοσίας ενώ ο δίαυλος KNX TP1 [17] μπορεί να επεκταθεί μέσω μιας κύριας γραμμής, με τον ζευκτήρα στήλης (BC) να συνδέει την περιοχή με την κεντρική γραμμή. Είναι επίσης δυνατό να υπάρχουν συσκευές δικτύου στην κεντρική γραμμή, αλλά ο αριθμός τους μειώνεται ανάλογα με τον αριθμό των ζευκτών που χρησιμοποιούνται. Μέσωντας συγκεκριμένη διαμόρφωση με γραμμές και περιοχές, η λειτουργική αξιοπιστία του συστήματος KNX TP1 αυξάνεται σημαντικά.

Εικ.3: Individual address



Η ατομική διεύθυνση χρησιμεύει για τον σαφή προσδιορισμό της συσκευής δικτύου και περιγράφει τη θέση της μέσα στην τοπολογία. Όταν αντιστοιχίζονται οι παράμετροι, το σύστημα έχει έναν πίνακα φίλτρων στο coupling unit με όλα τα ληφθέντα τηλεγραφήματα ομάδας να δρομολογούνται εάν υπάρχουν στον πίνακα φίλτρων, επιτρέποντας την ανεξάρτητη λειτουργία κάθε γραμμής. Τα κίτρινα LED του ζεύκτη αναβοσβήνουν όταν λαμβάνεται ένα τηλεγράφημα στην αντίστοιχη γραμμή με αποτέλεσμα η κάθε γραμμή να λειτουργεί ανεξάρτητα, ενώ ο πίνακας φίλτρων ελέγχει ποια τηλεγράφημα θα δρομολογηθεί.

Ο ζεύκτης έχει σχεδιαστεί για τοποθέτηση σε ράγα DIN και συνδέει την κύρια γραμμή μέσω του bus τερματικού με την δευτερεύουσα γραμμή να συνδέεται είτε μέσω της γραμμής δεδομένων είτε μέσω ενός τερματικού bus. Οι ζεύκτες που παρήχθησαν από τον Ιούλιο του 2003 και μετά μπορούν να προγραμματιστούν είτε από τη δευτερεύουσα είτε από την πρωτεύουσα γραμμή. Στον παλαιό τύπο ζεύξης γραμμής (μέχρι τον Ιούνιο του 2003), η δευτερεύουσα γραμμή τροφοδοτεί και τις δύο μονάδες ζεύξης bus, τη λογική και τη μνήμη του πίνακα φίλτρων. Αντίθετα, ο νέος ζεύκτης έχει μόνο έναν ελεγκτή που παρέχεται από την κύρια γραμμή με ένα από τα πλεονεκτήματα να είναι ότι ο ζεύκτης μπορεί να αναφέρει τις διακοπές ρεύματος στη δευτερεύουσα γραμμή. Ως αποτέλεσμα, η νέα μνήμη Flash ROM που δεν χρειάζεται εφεδρική ισχύς μπαταρίας εξασφαλίζει τη συνεχή λειτουργία του ζεύκτη. Επιπλέον, ο ζεύκτης απομονώνει ηλεκτρικά τις γραμμές μεταξύ τους σύμφωνα με το πρότυπο SELV.

Coupling Unit: Τύποι και Λειτουργίες

Η μονάδα ζεύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως:

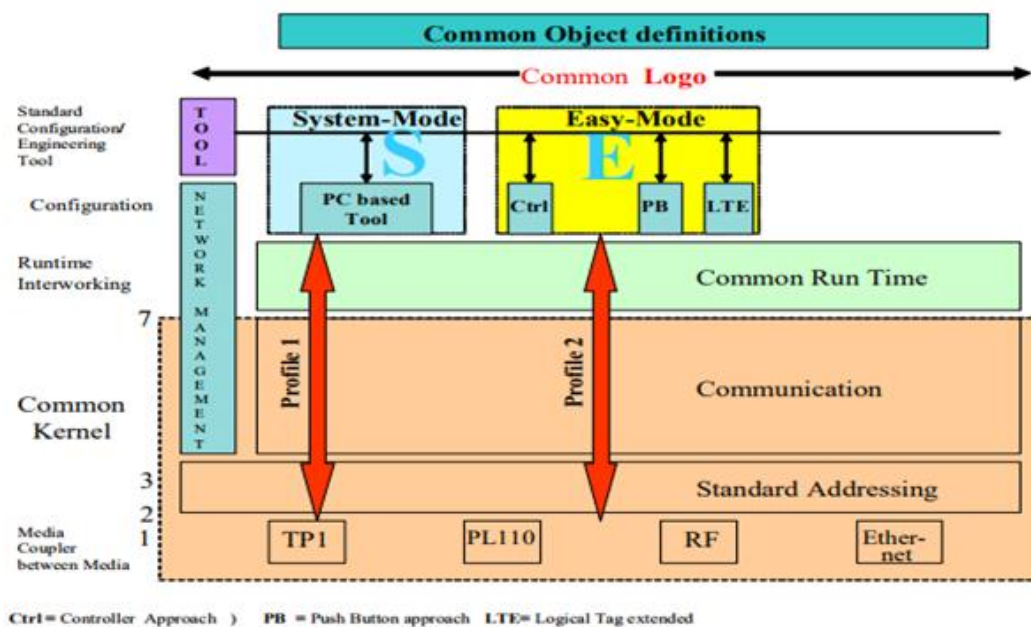
- Ζεύκτης ραχοκοκαλιάς BC. Σύνδεση: Κύρια γραμμή.
- Γραμμικός ζεύκτης LC. Σύνδεση: Κύρια γραμμή προς δευτερεύουσα γραμμή.
- Αναμεταδότης γραμμής LR. Για επέκταση γραμμής κατά τμήμα γραμμής με έως και 64 επιπλέον συσκευές διαύλου και ένα επιπλέον μήκος καλωδίου 1.000 m.

Οι ζεύκτες bus και γραμμών περνούν μόνο τα τηλεγραφήματα διασταύρωσης, ενώ ένας επαναλήπτης γραμμής περνάει όλα τα τηλεγραφήματα [18]. Ο σύνδεσμος ραχοκοκαλιάς, ο

ζεύκτης γραμμής και ο επαναλήπτης γραμμής είναι πανομοιότυπες συσκευές, με τις εργασίες που πρέπει να εκτελούνται να εξαρτώνται από την τοποθεσία και την ατομική διεύθυνση. Η ατομική διεύθυνση καθορίζει εάν ένας ζεύκτης είναι σύνδεσμος ραχοκοκαλιάς, ζεύκτης γραμμής ή επαναλήπτης γραμμής. Για παράδειγμα, η διεύθυνση 1.1.0 ορίζει τη μονάδα ζεύξης ως σύνδεσμο γραμμής για τη γραμμή 1 στην περιοχή 1. Ο ζεύκτης παρακολουθεί την επικοινωνία δεδομένων μεταξύ της κύριας γραμμής και της δευτερεύουσας γραμμής και αντίστροφα. Μόνο τα τηλεγράφημα των οποίων υπάρχουν οι διευθύνσεις ομάδας στον πίνακα φίλτρων δρομολογούνται.

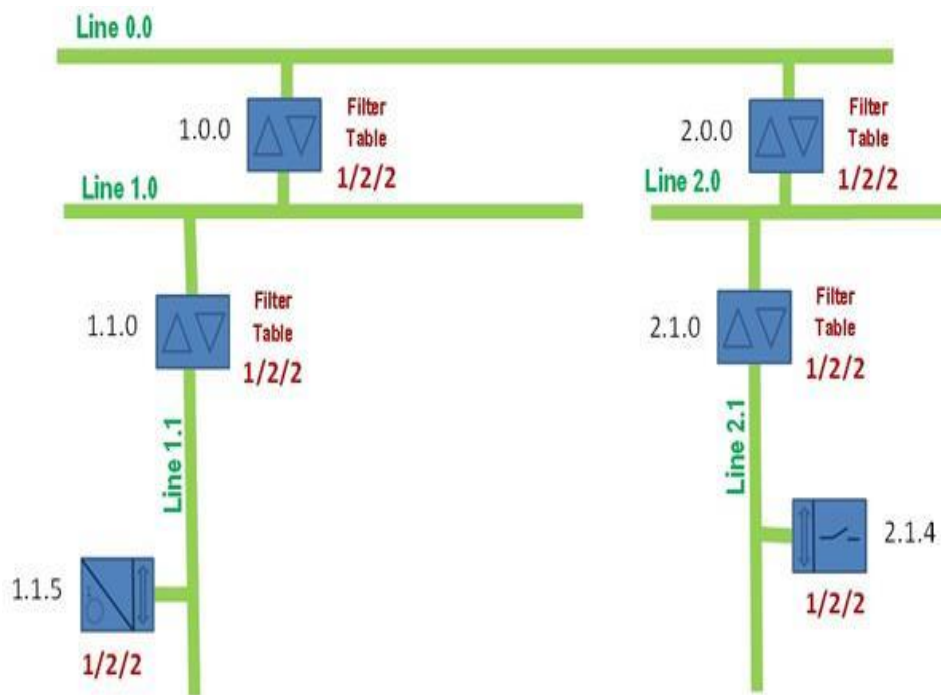
Σε μια εγκατάσταση που περιλαμβάνει πολλές γραμμές, κάθε γραμμή πρέπει να έχει τη δική της μονάδα τροφοδοσίας και choke. Η δευτερεύουσα γραμμή (π.χ. γραμμή 1) συνδέεται μέσω πρεσσαριστών επαφών ή μέσω τερματικού bus στη γραμμή δεδομένων με την κύρια γραμμή (γραμμή 0) να συνδέεται μέσω τερματικών bus.

Εικ.4: Internal Line Telegram



Πατώντας το κουμπί P1 στέλνεται ένα τηλεγράφημα με τη διεύθυνση ομάδας 1/1/1. Αν και όλες οι συσκευές bus παρακολουθούν όταν μεταδίδεται ένα τηλεγράφημα, μόνο οι ενεργοποιητές των λαμπτήρων L11, L12 και L13 με την κοινή διεύθυνση ομάδας 1/1/1 εκτελούν την εντολή. Εάν ο αισθητήρας φωτεινότητας στέλνει τη διεύθυνση ομάδας 1/1/11, όλες οι συσκευές διαύλου σε αυτή τη γραμμή παρακολουθούν, αλλά μόνο οι ενεργοποιητές των λαμπτήρων L11 και L21 εκτελούν την εντολή.

Εικ.5: Line-Crossing Telegram



Όταν ο αισθητήρας φωτεινότητας δεν είναι συνδεδεμένος στην ίδια γραμμή με τη λάμπα που πρέπει να ελέγξει, τα τηλεγραφήματα πρέπει να μεταδίδονται μέσω της κύριας γραμμής. Οι παράμετροι που έχουν εκχωρηθεί στο ζεύκτη γραμμής LC2 περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για αυτόν τον ζεύκτη γραμμής, με αποτέλεσμα ο LC2 να γνωρίζει ότι υπάρχουν συσκευές διαύλου έξω από τη δική του (γραμμή 2) που ανταποκρίνονται σε τηλεγραφήματα που μεταδίδονται από τον αισθητήρα φωτεινότητας. Συνεπώς, ο LC2 δρομολογεί το ομαδικό τηλεγράφημα 1/1/11 στην κύρια γραμμή ενώ ο ζεύκτης LC1 γνωρίζει τις συσκευές διαύλου στη γραμμή 1 που ανταποκρίνονται στο τηλεγράφημα της ομάδας 1/1/11 και επομένως μεταδίδει το τηλεγράφημα στη γραμμή του. Όλες οι συσκευές διαύλου σε αυτήν τη γραμμή αντιλαμβάνονται το τηλεγράφημα από τον αισθητήρα φωτεινότητας, αλλά μόνο οι ενεργοποιητές των λαμπτήρων L11 και L12 εκτελούν την εντολή.

Ακόμα κι αν ο αισθητήρας φωτεινότητας S1 έχει αντιστοιχιστεί σε διαφορετική περιοχή λειτουργίας, μπορεί να επικοινωνήσει με όλες τις συσκευές διαύλου μέσω της κεντρικής γραμμής. Εάν η διεύθυνση ομάδας 1/1/11 έχει αντιστοιχιστεί στον αισθητήρα φωτεινότητας, το τηλεγράφημα δρομολογείται προς τη γραμμή 1 από τους ζεύκτες BC1 και BC2 και τον ζεύκτη γραμμής LC1. Στη συνέχεια, οι ενεργοποιητές των λαμπτήρων L11 και L21 στην περιοχή λειτουργίας 1 / γραμμή 1 εκτελούν την εντολή.

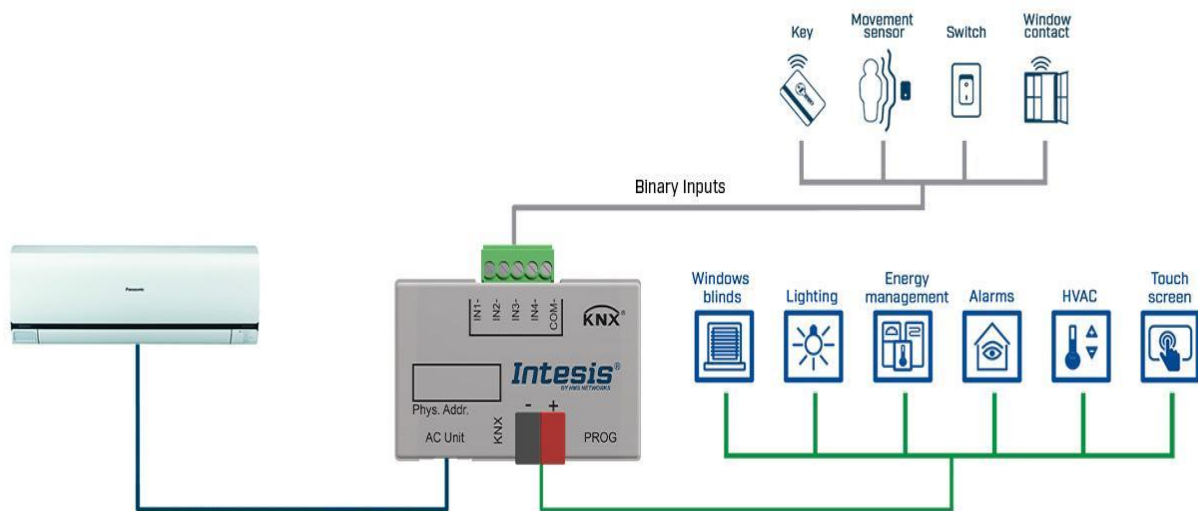
Το τηλεγράφημα που μεταδίδεται από τη συσκευή αποστολής περιέχει έναν μετρητή δρομολόγησης, του οποίου η αρχική τιμή μέτρησης είναι 6. Κάθε ζεύκτης μειώνει τον μετρητή

δρομολόγησης και μεταδίδει στο τηλεγράφημα όσο η τιμή δεν είναι 0, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθούνται οι καταχωρήσεις του πίνακα φίλτρων. Εάν, για παράδειγμα, η συσκευή σέρβις μεταδίδει ένα τηλεγράφημα που περιέχει μια τιμή μέτρησης δρομολόγησης πχ 7, οι μονάδες ζεύξης δεν αλλάζουν αυτήν την τιμή. Σε αυτήν την περίπτωση, ο πίνακας φίλτρων δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς και όλοι οι ζεύκτες γραμμής. Φτάνει τελικά στις συσκευές bus για τις οποίες προορίζεται, ανεξάρτητα από τη γραμμή στην οποία είναι συνδεδεμένες ενώ εάν η εγκατάσταση έχει δομή διασταύρωσης γραμμής, ο μετρητής δρομολόγησης περιορίζει τον αριθμό στα τηλεγραφήματα που διασχίζουν γραμμές.

Εικ.6: KNX – Internal and External Interfaces

Panasonic

KNX



Το KNX είναι ένα ανοιχτό σύστημα που μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα με την κεντρική γραμμή στήλης (ή οποιαδήποτε άλλη γραμμή) να μπορεί να συνδεθεί μέσω μιας μονάδας πύλης για παράδειγμα με SPS, ISDN [20], τεχνολογία διαχείρισης κτιρίων, Διαδίκτυο κ.λπ. Η μονάδα πύλης πραγματοποιεί αμφίδρομη μετατροπή του πρωτοκόλλου. Οι αντίστοιχοι ζεύκτες μέσων συνδέουν πολυμέσα KNX διαφορετικών τύπων, όπως Twisted Pair 1 και Power Line 110. Επίσης, τμήματα των εγκαταστάσεων KNX μπορούν να συνδεθούν μέσω οπτικών ινών με τα οφέλη αυτού να είναι η προστασία των καλωδίων και η δυνατότητα χρήσης μεγαλύτερων μήκους καλωδίου. Σε μια ιδανική περίπτωση, ένα κτίριο δεν έχει περισσότερες από 50 συσκευές bus εγκατεστημένες ανά όροφο ενώ μπορεί κάποιος να διαχωρίσει τα διάφορα μέρη του κτιρίου για να είναι πιο εύκολη αργότερα η κατανομή των διευθύνσεων στην εγκατάσταση.

Η εγκατάσταση των επαναληπτών γραμμής επιτρέπει την εξοπλισμένη ενός δαπέδου με έως και 253 συσκευές, χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει η δομή της εγκατάστασης.

IP Network

Η εγκατάσταση πυλών σε όλα τα επίπεδα επιτρέπει τη συνεργασία με άλλα συστήματα, κάτι που γίνεται όλο και πιο συνηθισμένο λόγω της αυξανόμενης φόρτισης των τηλεγραφημάτων, κυρίως όταν οι χρήστες χρησιμοποιούν λογισμικό οπτικοποίησης και συσκευές με μεγαλύτερο αριθμό καναλιών. Η τοπολογία IP μπορεί να υπερφορτωθεί λόγω του περιορισμένου ρυθμού μετάδοσης, οδηγώντας σε ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις. Μια εύκολη λύση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η χρήση ενός δικτύου IP ως υποκατάστατο των γραμμών TP ή KNX, μέσω ενός ειδικού ζεύκτη, επιτρέποντας την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού κτιρίου και του συστήματος KNX, με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Η παράλληλη σύνδεση πολλών γραμμών δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα, και η λειτουργία αυτή ονομάζεται "Tunneling" [20], καταφέροντας να διατηρηθεί η συνοχή του συστήματος KNX χωρίς προβλήματα υπερφόρτωσης. Επιπλέον, ένα κεντρικό κτίριο μπορεί να συνδεθεί σε πολλαπλές πύλες ταυτόχρονα, αυξάνοντας έτσι τον συνολικό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων.

Η άμεση επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους γραμμών KNX επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται "δρομολόγηση", η οποία λειτουργεί παρόμοια με τη δρομολόγηση σε μια κύρια γραμμή TP. Όταν ένας δρομολογητής επιθυμεί να στείλει ένα τηλεγράφημα διασταύρωσης γραμμής, το στέλνει με μια "Multicast" [21] διεύθυνση IP στο δίκτυο Ethernet. Οι άλλοι δρομολογητές IP συνδέονται σε αυτήν τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής και είναι σε θέση να λαμβάνουν και να αξιολογούν αυτό το τηλεγράφημα.

Υπάρχει μια παγκοσμίως καταχωρημένη διεύθυνση πολλαπλής διανομής KNX, η οποία είναι προγραμματισμένη στο λογισμικό του δρομολογητή, με αυτή η διεύθυνση πολλαπλής διανομής μπορεί να αλλάξει εντός των ορίων του διαθέσιμου εύρους διευθύνσεων IP. Το switch του δικτύου και ο δρομολογητής περιοχής στο δίκτυο LAN πρέπει να είναι κατάλληλοι για την υποστήριξη τηλεγραφημάτων πολλαπλής διανομής. Επιπλέον, οι διευθύνσεις πολλαπλής διανομής δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω Διαδικτύου, εκτός αν χρησιμοποιείται μια VPN σύνδεση.

- Η δυνατότητα χρήσης ενός δρομολογητή IP ως ζεύκτης γραμμής παρέχει ευελιξία στο σχεδιασμό του συστήματος KNX. Υπάρχουν τρεις πιθανές περιπτώσεις χρήσης:
- Αντικατάσταση του Ζεύκτη Γραμμής με Δρομολογητή IP: Σε αυτήν την περίπτωση, το Ethernet αντικαθιστά τις κύριες και τις δευτερεύουσες γραμμές, καθώς και τους συζεύκτες κορμού.
- Αντικατάσταση των Συζευκτών Κορμού με Δρομολογητές IP: Εδώ, οι κανονικοί ζεύκτες γραμμής παραμένουν, αλλά μόνο η κεντρική γραμμή αντικαθίσταται από το LAN.
- Συνδυασμός των Δύο Περιπτώσεων: Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μια συνδυασμένη προσέγγιση, με ζεύκτες γραμμής και δρομολογητές IP σε διαφορετικές περιοχές του συστήματος.

Το λογισμικό ETS (Engineering Tool Software) [22] είναι κρίσιμο για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση ενός συστήματος KNX. Με αυτό το λογισμικό, μπορείτε να δημιουργήσετε, να φορτώσετε και να επιβλέψετε ένα έργο KNX. Οι βιβλιοθήκες συσκευών παρέχονται δωρεάν από τις εταιρείες, και φορτώνονται στο λογισμικό μέσω USB σύνδεσης ενός Η/Υ και του δικτύου KNX. Μετά την αγορά του λογισμικού ETS, δεν υπάρχουν επιπλέον κόστη για τη δημιουργία προγραμμάτων.

Ο προγραμματισμός των συσκευών στο σύστημα KNX είναι ένα σημαντικό βήμα που εξασφαλίζει την αποτελεσματική λειτουργία τους και την επιθυμητή αλληλεπίδραση μεταξύ τους καθώς μέσω του λογισμικού ETS5, μπορούν να δοθούν οι κατάλληλες διευθύνσεις στους συνδρομητές, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ όλων των συσκευών στο σύστημα. Κάθε συσκευή, όπως αισθητήρες και δέκτες, αναγνωρίζεται μέσω μιας προσωπικής διεύθυνσης που ορίζεται κατά τον προγραμματισμό και επιπλέον, μέσω του προγράμματος, πραγματοποιείται η παραμετροποίηση και η ρύθμιση των συσκευών, καθώς και η δημιουργία διευθύνσεων ομάδας για τη διασύνδεση των λειτουργιών τους. Οι διευθύνσεις ομάδας επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών, ενώ οι δέκτες μπορούν να ανταποκριθούν σε πολλές διευθύνσεις ομάδας και οι αισθητήρες να αποστέλλουν μόνο μία διεύθυνση ομάδας. Όταν ολοκληρωθούν οι απαραίτητες ρυθμίσεις και καταχωρηθούν οι διευθύνσεις, το πρόγραμμα πρέπει να φορτωθεί στις συσκευές, επιτρέποντας τη λειτουργία τους σύμφωνα με τις επιθυμητές ρυθμίσεις.

Η διεύθυνση ενός συστήματος KNX αναφέρεται σε τρία μέρη: την περιοχή, τη γραμμή και τον bus-συνδρομητή. Η εργοστασιακή διεύθυνση των συνδρομητών του bus είναι συνήθως 15.15.255 ενώ ένας συνδρομητής σε ένα σύστημα KNX αποτελείται από τρία βασικά μέρη, τον προσαρμοστή του bus (BA), τη μονάδα επικοινωνίας με το φορτίο ή το χρήστη (AM), και το πρόγραμμα εφαρμογής (AP). Ο προσαρμοστής του bus και η μονάδα επικοινωνίας με το φορτίο μπορεί να παρέχονται μαζί ή ως ξεχωριστές συσκευές και πρέπει να είναι συμβατές μεταξύ τους για να λειτουργήσουν σωστά. Η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ της μονάδας επικοινωνίας με το φορτίο και του προσαρμοστή του bus καθώς και η τροφοδοσία ρεύματος της μονάδας επικοινωνίας με το φορτίο γίνεται μέσω της θύρας AST των 10 ή 12 πόλων ενώ η μονάδα επικοινωνίας μεταδίδει πληροφορίες στον προσαρμοστή του bus μέσω της θύρας AST. Ο προσαρμοστής κωδικοποιεί αυτές τις πληροφορίες, τις αποστέλλει στο bus και ελέγχει την κατάσταση της μονάδας επικοινωνίας σε τακτικά χρονικά διαστήματα.

Στους συνδρομητές του bus KNX, η λειτουργία προγραμματίζεται μέσω του λογισμικού ETS5 και το πρόγραμμα φορτώνεται στον προσαρμοστή.

Μια ελάχιστη εγκατάσταση TP1 KNX αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- μονάδα τροφοδοσίας (DC 30 V),
- τσοκ (μπορεί επίσης να ενσωματωθεί στη μονάδα τροφοδοσίας),
- αισθητήρες,
- ενεργοποιητές,
- καλώδιο bus.

Μετά την εγκατάσταση των συσκευών θα πρέπει να γίνουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στο λογισμικό ets5.

- Εκχώρηση ατομικών διευθύνσεων στις διάφορες συσκευές για την αναγνώριση του αισθητήρα ή του ενεργοποιητή σε εγκατάσταση KNX.
- Επιλογή και ρύθμιση (παραμετροποίηση) του κατάλληλου λογισμικού εφαρμογής για αισθητήρες και ενεργοποιητές.
- Εκχώρηση διευθύνσεων ομάδας (για σύνδεση των λειτουργιών των αισθητήρων και των ενεργοποιητών).

Μόνο οι συσκευές με την ίδια διεύθυνση ομάδας στέλνουν ένα τηλεγράφημα επιβεβαίωσης αλλά και διαβάζουν την τιμή και συμπεριφέρονται ανάλογα.

Ατομική Διεύθυνση:

- Η ατομική διεύθυνση πρέπει να είναι μοναδική σε μια εγκατάσταση KNX, και έχει την ακόλουθη μορφή: Περιοχή [4 bit] - Γραμμή [4 bit] – Bus συσκευή [1 byte]. Η συσκευή διαύλου είναι έτοιμη για την αποδοχή της ατομικής διεύθυνσης πατώντας ένα κουμπί προγραμματισμού στη συσκευή διαύλου ενώ το LED προγραμματισμού είναι αναμμένο κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Η ατομική διεύθυνση χρησιμοποιείται επίσης για τους ακόλουθους σκοπούς κατά το στάδιο θέσης σε λειτουργία:
 - ο Διάγνωση, διόρθωση σφαλμάτων, τροποποίηση της εγκατάστασης με επαναπρογραμματισμό.
 - ο Αντιμετώπιση των αντικειμένων διασύνδεσης χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάθεσης ή άλλες συσκευές.

Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε ένα σύστημα KNX πραγματοποιείται μέσω διευθύνσεων ομάδας. Μέσω του λογισμικού ETS, μπορεί να οριστεί η διεύθυνση ομάδας με διάφορες δομές, όπως:

1. Δομή 2 επιπέδων: Κύρια ομάδα / Υποομάδα.
2. Δομή 3 επιπέδων: Κύρια ομάδα / Μεσαία ομάδα / Υποομάδα.
3. Ελεύθερα καθορισμένη δομή: Η ομάδα μπορεί να οριστεί με τρόπο που εξυπηρετεί τις ανάγκες του συστήματος.

Η διεύθυνση ομάδας 0/0/0 συνήθως χρησιμοποιείται για τηλεγραφήματα μετάδοσης, τα οποία απευθύνονται σε όλες τις διαθέσιμες συσκευές στο δίκτυο KNX.

Ο μηχανικός του έργου ETS μπορεί να αποφασίσει πώς θα χρησιμοποιηθούν τα επίπεδα π.χ. :

- Κύρια ομάδα = όροφος.
- Μεσαία ομάδα = λειτουργικός τομέας (π.χ. εναλλαγή, εξασθένιση).
- Υποομάδα = συνάρτηση φορτίου ή ομάδα φορτίων (π.χ. φως / απενεργοποίηση κουζίνας, υπνοδωμάτιο).
- Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση παραθύρου, Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση οροφής.

Τα αντικείμενα της ομάδας KNX αντιπροσωπεύουν τοποθεσίες μνήμης στις συσκευές του δικτύου. Το μέγεθος αυτών των αντικειμένων μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη λειτουργία τους. Για παράδειγμα:

- Για λειτουργίες που απαιτούν μόνο δύο καταστάσεις (ενεργοποίηση/απενεργοποίηση), χρησιμοποιούνται αντικείμενα ομάδας 1 bit.
- Για δεδομένα που εμπλέκονται στη μετάδοση κειμένου ή άλλων πιο περίπλοκων πληροφοριών, χρησιμοποιούνται αντικείμενα ομάδας με μέγιστο μέγεθος 14 byte.

Το λογισμικό ETS επιτρέπει τη σύνδεση αντικειμένων με το ίδιο μέγεθος χρησιμοποιώντας διευθύνσεις ομάδας. Μπορεί να αντιστοιχιστεί πολλαπλές διευθύνσεις ομάδας σε ένα αντικείμενο ομάδας, αλλά μόνο μία από αυτές είναι η διεύθυνση αποστολής της ομάδας, δηλαδή η διεύθυνση που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων στο δίκτυο.

Μια τιμή object value αποστέλλεται στο bus με τον ακόλουθο τρόπο:

- A. Εάν πατήσουμε το επάνω αριστερό μπουτόν, για παράδειγμα, ο διπλός διακοπτικός αισθητήρας γράφει ένα "1" στο αντικείμενο της ομάδας του με τον αριθμό 0. Καθώς ορίζεται η σημαία επικοινωνίας και μετάδοσης για αυτό το αντικείμενο, αυτή η συσκευή θα στείλει ένα τηλεγράφημα στο bus με τις πληροφορίες «Ομάδα διεύθυνση 1/1/1, τιμή εγγραφής, 1».
- B. Όλες οι συσκευές διαύλου σε όλη την εγκατάσταση του KNX που έχουν επίσης τη διεύθυνση ομάδας ,το 1/1/1 θα γράψουν «1» στο δικό τους αντικείμενο ομάδας.
- C. Στο παράδειγμά μας, το "1" είναι γραμμένο σε ομάδα αντικειμένου αρ. 0 του ενεργοποιητή.
- D. Το λογισμικό εφαρμογής του ενεργοποιητή καθορίζει ότι η τιμή σε αυτό το αντικείμενο ομάδας έχει αλλάξει και εκτελεί τη διαδικασία αλλαγής.

Τα χρήσιμα δεδομένα ενός τηλεγραφήματος TP1 αναλύονται παρακάτω.

Standardized Datapoint Types (DPT):

Η τυποποίηση των τύπων δεδομένων στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου KNX έχει ως στόχο την εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ παρόμοιων συσκευών που κατασκευάζονται από διαφορετικούς κατασκευαστές (π.χ. dimmers, ρολόγια). Αυτή η τυποποίηση περιλαμβάνει απαιτήσεις σχετικά με τη μορφή των δεδομένων, τη δομή των ομάδων και τις λειτουργίες των αισθητήρων και των ενεργοποιητών. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός πολλών τύπων δεδομένων σε ένα ενιαίο σύνολο (όπως ένας ενεργοποιητής dimmer) ονομάζεται λειτουργικό μπλοκ. Έτσι, για παράδειγμα, ο τύπος δεδομένων "Scaling" (Τύπος 5.001) μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη ρύθμιση της φωτεινότητας όσο και για τη ρύθμιση της θέρμανσης σε μια βαλβίδα, προσφέροντας ένα ευέλικτο πλαίσιο για την υλοποίηση διαφόρων λειτουργιών με βάση τις ανάγκες του συστήματος.

Switch (1.001)1:

Η λειτουργία διακόπτη χρησιμοποιείται για την εναλλαγή μιας λειτουργίας ενεργοποιητή. Επίσης, ένα bit δεδομένων ορίζεται για λογικές λειτουργίες, όπως Boolean [1.002], Enable [1.003], κ.λπ. Άλλες λειτουργίες ή επεκτάσεις στην καθαρή λειτουργία μεταγωγής, όπως η αντιστροφή, η χρονική καθυστέρηση και οι λειτουργίες διακόπτη εναλλαγής, δεν αποτελούν μέρος της περιγραφής DPT (Data Point Type), αλλά παράμετροι του λειτουργικού μπλοκ στο οποίο χρησιμοποιείται αυτό το DPT. Για παράδειγμα, ένας λειτουργικός διακόπτης φώτων μπορεί να επιτρέπει την αντιστροφή της κατάστασης του φωτισμού, την εφαρμογή χρονικής καθυστέρησης πριν αλλάξει η κατάσταση, και άλλες παρόμοιες λειτουργίες που δεν συμπεριλαμβάνονται απαραίτητα στην περιγραφή του DPT.

Functional block Shutter Control2:

Το λειτουργικό μπλοκ "Shutter control" χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο των μηχανισμών κίνησης των παντζουριών και των σκιάδων και παρέχει τουλάχιστον τους ακόλουθους τύπους δεδομένων ως αντικείμενα ομάδας: up/down (1.008) και step (1.007). Με την εγγραφή στο up/down, ο μηχανισμός κινείται από κατάσταση αδράνειας ή αλλάζει κατεύθυνση κίνησης ενώ είναι ήδη σε κίνηση. Από την άλλη πλευρά, με την εγγραφή στο step, ο μηχανισμός που ήδη βρίσκεται σε κίνηση τίθεται σε στάση ή σταματά, ενώ εάν ο μηχανισμός είναι σε αδράνεια, τίθεται σε κίνηση για σύντομες περιόδους (βήμα προς βήμα).

Switch Control (2.001)3:

Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται για τη λειτουργία ενεργοποιητών ταυτόχρονα με την κανονική λειτουργία μέσω εναλλαγής, με ένα αντικείμενο ομάδας με υψηλότερη προτεραιότητα. Η λειτουργία εναλλαγής μιας συνδεδεμένης συσκευής εξαρτάται από την κατάσταση των δύο ομάδων. Το αντικείμενο ομάδας "Switch Control" έχει μέγεθος 2 bit. Εάν η τιμή του αντικειμένου 2 bit είναι 0 ή 1, ο συνδεδεμένος ενεργοποιητής ελέγχεται μέσω του διακόπτη. Εάν η τιμή του αντικειμένου προτεραιότητας είναι 2, η έξοδος απενεργοποιείται, ενώ αν η τιμή είναι 3, η έξοδος ενεργοποιείται. Η τιμή του αντικειμένου εναλλαγής δεν λαμβάνεται υπόψη σε αυτές τις δύο περιπτώσεις.

Functional Block Dimming:

Εκτός από το αντικείμενο 4 bit (Dim Step - 3.007), το λειτουργικό μπλοκ dimming αποτελείται από ένα switching object (που αντιστοιχεί σε διακόπτη) και ένα value object (που αντιστοιχεί σε κλίμακα - 5.001). Μια εντολή dimming, σε σχέση με την τρέχουσα ρύθμιση φωτεινότητας, μεταδίδεται στον ενεργοποιητή dimming χρησιμοποιώντας το Dim Step. Το bit 3 των χρήσιμων δεδομένων καθορίζει εάν η συσκευή στην οποία απευθύνεται πρέπει να αυξήσει ή να μειώσει την τρέχουσα φωτεινότητα.

Τα δυαδικά ψηφία 0 έως 2 καθορίζουν το εύρος εξασθένισης. Η περιοχή φωτεινότητας (0-100%) χωρίζεται σε 64 επίπεδα εξασθένισης. Ο ενεργοποιητής dimming εξασθενεί πάντα στο επόμενο επίπεδο εξασθένισης. Για παράδειγμα, ένας ενεργοποιητής εξασθένισης έχει επίπεδο

φωτεινότητας 30%. Εάν ένας αισθητήρας στέλνει 1011B ως χρήσιμα δεδομένα, μια φωτεινότερη εντολή εξασθένισης εκτελείται μέχρι το επόμενο όριο εξασθένισης (ή 100% διαιρούμενο με 4 = 25%, δηλαδή το επόμενο επίπεδο είναι 50%). Ο κωδικός εξασθένισης 0 (δηλαδή χρήσιμα δεδομένα 00HEX ή 80HEX) σημαίνει “Stop Dimming”. Η διαδικασία εξασθένισης διακόπτεται και διατηρείται η τρέχουσα τιμή φωτεινότητας.

2 Octet Float Value (9.00x)5:

Με αυτήν τη μορφή δεδομένων (η οποία έχει έναν αριθμό διαφορετικών τύπων σημείων δεδομένων σύμφωνα με τη φύση της απεσταλμένης αξίας, π.χ. θερμοκρασία δωματίου °C - 9,001), αριθμοί που αντιπροσωπεύουν φυσικές τιμές μπορούν να μεταδοθούν. Το «S» είναι το σύμβολο mantissa. Ο τετραψήφιος εκθέτης “E” είναι ένας ακέραιος εκθέτης στη βάση του 2. Ορίζεται ανάλυση 0,01 για το mantissa «M». Οι θετικές τιμές (“S” = 0) έχουν τη μορφή κανονικών δυαδικών αριθμών. Οι αρνητικές τιμές (“S” = 1) κωδικοποιούνται από το mantissa ως δύο αριθμοί συμπληρώματος. Το μέγεθος του DPT είναι 2 byte.

TP1 Bit Structure:

Τα “0” και “1” είναι οι δύο λογικές καταστάσεις που μπορεί να επεξεργαστεί το bit (εικόνα 41). Τεχνική λογική στο KNX TP1: Κατά τη λογική κατάσταση “1”, δεν υπάρχει διαθέσιμη τάση σήματος. Κατά τη λογική κατάσταση “0”, η τάση σήματος είναι διαθέσιμη. Εάν πολλές συσκευές διαύλου μεταδίδουν ταυτόχρονα, υπερισχύει η λογική κατάσταση “0”!.

TP1 Telegram Collision:

Μια συσκευή σε ένα δίκτυο bus με δεδομένα για μετάδοση μπορεί να ξεκινήσει τη μετάδοση αμέσως εάν εντοπίσει ότι η γραμμή bus είναι άδεια. Το αίτημα για ταυτόχρονη αποστολή από πολλές συσκευές bus ελέγχεται από το CSMA / CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Οι συσκευές στο δίκτυο bus παρακολουθούν τη γραμμή κατά τη μετάδοση. Όταν μια συσκευή bus διαπιστώνει ότι η γραμμή είναι “ανοικτή” (λογική κατάσταση “1”), τότε σταματά τη μετάδοση για να μπορέσει να αποστείλει τα δεδομένα της χωρίς παρεμβολές από άλλες συσκευές.

Αφού ολοκληρωθεί η μετάδοση από μια συσκευή, αυτή συνεχίζει να παρακολουθεί το δίκτυο και περιμένει το τέλος της μετάδοσης από άλλες συσκευές. Έπειτα, μπορεί να επαναλάβει τη μετάδοσή της. Μέσω αυτού του μηχανισμού, το CSMA / CA διασφαλίζει ότι μόνο μία συσκευή bus μπορεί να ολοκληρώσει τη μετάδοσή της κάθε φορά χωρίς διακοπές, προστατεύοντας έτσι την απόδοση του δικτύου από συγκρούσεις δεδομένων.

Superimposing Data and Supply Voltage:

Η μετάδοση δεδομένων με τη μορφή τάσης AC [23,24] είναι μια κοινή πρακτική σε δίκτυα επικοινωνίας και συνήθως συμβαίνει μέσω ειδικών συστημάτων μετάδοσης δεδομένων, όπως τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας ή τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Όταν ένας πυκνωτής λειτουργεί ως αγωγός σε AC τάση, αυτό σημαίνει ότι επιτρέπει την ροή του ρεύματος και κλείνει το κύκλωμα στην πρωτεύουσα πλευρά. Αντίστοιχα, όταν ενεργεί ως πομπός ή δέκτης, ο μετασχηματιστής μεταδίδει τα δεδομένα με τη μορφή τάσης AC από ή προς την πρωτεύουσα πλευρά, ανάλογα με

τον ρόλο του. Συνήθως, αυτό συμβαίνει μέσω μετασχηματιστών και άλλων ηλεκτρικών συσκευών που μετατρέπουν την AC τάση σε DC τάση για την αποτελεσματική λειτουργία του εξοπλισμού που λειτουργεί με DC τάση, επιτρέποντας τη μετάδοση και την επεξεργασία των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών σημείων ενός δικτύου.

Connection of the Power Supply Unit to the TP1 Bus:

Η τροφοδοσία παρέχεται στο bus της εγκατάστασης μέσω choke. Όταν παρέχεται τάση DC, το choke αντιδρά με χαμηλή αντίσταση (όσο η συχνότητα είναι ίση με 0 Hz). Τα δεδομένα μεταδίδονται με τη μορφή τάσης AC (όταν η συχνότητα δεν είναι ίση με το 0). Το choke αντιδρά με υψηλή αντίσταση στην τάση AC. Ως εκ τούτου, η επιρροή της μονάδας τροφοδοσίας στα δεδομένα είναι αμελητέα.

Αισθητήρες Συστήματος KNX

Οι αισθητήρες σε ένα σύστημα KNX είναι πράγματι κρίσιμοι για τη συλλογή δεδομένων και την καταγραφή πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον και τη λειτουργία των συστημάτων σε μια εγκατάσταση και κάθε τύπος αισθητήρα έχει τον δικό του ρόλο και συνεισφέρει στην ομαλή λειτουργία του συστήματος. Από τους μπουτόν έως τους ανιχνευτές κίνησης και τους αισθητήρες υγρασίας [25], κάθε ένας παρέχει πολύτιμες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση του περιβάλλοντος. Οι ενεργοποιητές αποτελούν επίσης σημαντικό κομμάτι του συστήματος KNX, καθώς είναι υπεύθυνοι για την εκτέλεση εντολών βάσει των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Από τους ενεργοποιητές επαφών μέχρι τους ενεργοποιητές dimmer και τους ενεργοποιητές ρολών, κάθε ένας διαδραματίζει τον ρόλο του στην εκτέλεση ενεργειών, όπως την ενεργοποίηση φωτισμού, την προσαρμογή της φωτεινότητας, τον έλεγχο ρολών και πολλά άλλα. Με τη σωστή επιλογή και τον συνδυασμό αισθητήρων και ενεργοποιητών, ένα σύστημα KNX μπορεί να παρέχει υψηλή απόδοση, άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας σε μια εγκατάσταση, καθώς οι ενεργοποιητές σε ένα σύστημα KNX έχουν τον ρόλο να λαμβάνουν πληροφορίες και εντολές από το bus και να τις μετατρέψουν σε ενέργειες που ελέγχουν τους καταναλωτές, όπως η ενεργοποίηση φωτισμού, ρύθμιση φωτεινότητας ή άλλες λειτουργίες που αφορούν το περιβάλλον.

Οι συσκευές εξόδου παρακολουθούν την κατάσταση των καταναλωτών και ελέγχουν συνήθως την τάση 230/400 V που τους τροφοδοτεί. Συνδέονται με τη γραμμή bus, τη γραμμή ισχύος και την έξοδο προς τον καταναλωτή που ελέγχουν. Οι συσκευές εξόδου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, αναλογικές, δυαδικές και συνδυασμός αυτών των δύο. Οι πολυκαναλικές συσκευές παρέχουν τη δυνατότητα προγραμματισμού των εξόδων τους ξεχωριστά, επιτρέποντας τον έλεγχο των καταναλωτών σε διαφορετικά σημεία του χώρου. Ένα από τα πιο κοινά παραδείγματα συσκευών εξόδου σε ένα σύστημα KNX είναι οι dimmers, οι οποίοι ρυθμίζουν την ένταση του φωτισμού και μπορούν να ρυθμίσουν τη φωτεινότητα σε διάφορους τύπους λαμπτήρων και να προσαρμόσουν τον φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου.

Για κάθε γραμμή bus στο σύστημά μας χρειάζεται ένα τροφοδοτικό με ένα τέτοιο τροφοδοτικό μπορεί να είναι το KNX TP1 της Siemens, το οποίο παρέχει τάση εξόδου 28-30 V DC και

ονομαστική ένταση ανάλογα με το ρεύμα εξόδου (640, 320, 160 mA). Αυτά τα τροφοδοτικά προστατεύουν από βραχυκυκλώματα και μπορούν να αντιμετωπίσουν μικρές διακυμάνσεις τάσης. Έχουν επίσης φωτεινές ενδείξεις για διάφορες λειτουργίες, όπως κανονική λειτουργία, υπερφόρτωση και επαναφορά, είναι σχεδιασμένα με διαστάσεις παρόμοιες με αυτές των μικροαυτόματων διακοπών που χρησιμοποιούνται σε πίνακες αυτοματισμού. Λειτουργούν με τάση 230V μέσω κλέμων ταχείας σύνδεσης και συνδέονται στη γραμμή bus μέσω ειδικών επαφών. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι τα τροφοδοτικά αυτά δεν προγραμματίζονται και δεν υπολογίζονται στους συνδρομητές της γραμμής bus.

Εικ.7: Τροφοδοτικό KNX 30V



Οι λεγόμενοι προσαρμοστές γραμμής χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των γραμμών με την κεντρική γραμμή και των περιοχών μεταξύ τους, αποκτούν διευθύνσεις, προγραμματίζονται και υπολογίζονται στους συνδρομητές της γραμμής bus. Στο σύστημα KNX, σημαντικό κομμάτι αποτελούν οι συσκευές επικοινωνίας, οι οποίες επιτρέπουν τη σύνδεση και την επικοινωνία με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και συνήθως, αυτή η σύνδεση γίνεται μέσω θύρας USB. Για παράδειγμα, η UP 146 είναι μια θύρα USB για τα προγράμματα Siemens Delta style [26] και Delta profil και για τη σωστή λειτουργία αυτής της συσκευής, απαιτείται η χρήση του προσαρμογέα UP 110 ή UP 115. Επιπλέον, η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστή και εγκατάστασης KNX TP 1 μπορεί να γίνει και μέσω δικτύου LAN, αν υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός, όπως ένας IP Router. Επιπλέον, συναντάμε κάποιες επιπλέον συσκευές σε ένα τέτοιο σύστημα, όπως οι συσκευές τοπικού τηλεχειρισμού των εγκατεστημένων συστημάτων, όπως τα μπουτόν και τους αποκωδικοποιητές υπερέυθρων (IR) και ραδιοσημάτων (RF).

Οι συσκευές τηλεχειρισμού μπορούν να είναι φορητές ή επιτοίχιες και διαθέτουν διάφορα μπουτόν ανάλογα με τις λειτουργίες που ελέγχουν. Για παράδειγμα, ένα χειριστήριο μπορεί να διαθέτει δύο μπουτόν και να προσφέρει λειτουργίες όπως +6 σενάρια, on/off, μπουτόν αφής, ένδειξη κατάστασης, ρύθμιση φωτισμού, λειτουργία επαναφοράς, κ.λπ. Αυτά τα χειριστήρια

λειτουργούν συνήθως στη συχνότητα μετάδοσης 868 Mhz. Επιπλέον, υπάρχουν οι μονάδες λογικής που επιτρέπουν τη δημιουργία λογικών σχέσεων με βάση τη δυαδική λογική, διαχειρίζονται στοιχεία ομάδας 1-bit και μπορούν να προγραμματιστούν με λογικές λειτουργίες όπως AND, NAND, OR, NOR [27], ενώ κάθε μονάδα πρέπει να ορίσει τον αριθμό εισόδων και τον λογικό συσχετισμό που πρέπει να εφαρμοστεί.

Εικ.8: Τηλεχειριστήριο KNX



Υπάρχουν επίσης οι μονάδες σεναρίων, οι οποίες αποθηκεύουν σενάρια εντολών και ενεργοποιούνται ανάλογα με την ανάγκη που προκύπτει στο χώρο και σε κάθε μονάδα αποθηκεύονται πολλές διευθύνσεις ομάδων σύμφωνα με τις δυνατότητες της κάθε συσκευής. Επίσης, υπάρχουν οι μονάδες προσομοίωσης παρουσίας, οι οποίες καταγράφουν και αναπαράγουν τις λειτουργίες ορισμένων αισθητήρων ή δεκτών με στοιχεία ομάδας διαφόρων μεγεθών.

Για να είναι μία εγκατάσταση ολοκληρωμένη, απαιτούνται επιπλέον εξαρτήματα όπως για παράδειγμα, οι ράγες δεδομένων τοποθετούνται στις ράγες του πίνακα και συνδέονται μεταξύ τους αλλά και με την υπόλοιπη εγκατάσταση με ειδικούς συνδετήρες. Υπάρχουν επίσης ράγες δεδομένων με κλέμα bus που δεν πρέπει να κόβονται, και πρέπει να προστατεύονται με κάλυμμα. Οι bus κλέμμες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση και διακλάδωση της γραμμής bus και συναντώνται συχνά στις εγκαταστάσεις.

3. ΑΠΕ σε Κτίρια

Το κεφάλαιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα κτίρια αποτελεί έναν κύριο τομέα στην προσπάθεια για τη δημιουργία πιο βιώσιμων και ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων. Η χρήση ΑΠΕ στα κτίρια προσφέρει μια ποικίλη προσέγγιση για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης των κτιρίων. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστούν οι διάφορες ΑΠΕ τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε κτίρια, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών συστημάτων [28], των αιολικών εγκαταστάσεων [29], των γεωθερμικών συστημάτων [30] και άλλων. Θα εξεταστούν επίσης οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που σχετίζονται με την υλοποίηση των ΑΠΕ σε κτίρια, καθώς και οι καλές πρακτικές και οι πιθανές λύσεις που μπορούν να βοηθήσουν στην επιτυχή εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών. Τέλος, θα εξεταστούν οι τρόποι με τους οποίους οι ΑΠΕ μπορούν να συνδυαστούν με άλλες τεχνολογίες, όπως το Κύριο Δίκτυο Ενιαίου Ελέγχου (KNX), για τη δημιουργία ολοκληρωμένων και αποδοτικών ενεργειακών συστημάτων στα κτίρια.

Η κύρια χρήση των εξελισσόμενων ηλιακών συστημάτων εστιάζει στο να μετατρέψει την ηλιακή ακτινοβολία [31] σε θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια, η οποία διοχετεύεται στην παραγωγή ζεστού νερού και την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρικό ρεύμα, ακόμη και με περιορισμένη ηλιοφάνεια. Η ηλιακή ενέργεια είναι το κυρίαρχο παράδειγμα ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, καθώς εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία ως πηγή, μέσω φωτοηλεκτρικών κυψελών ή ηλιακών συλλεκτών. Οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από την σκουρόχρωμη απορροφητική πλάκα, το κρύσταλλο που την καλύπτει, το μονωμένο πλαίσιο όπου τοποθετείται το σύστημα συλλογής. Η απορροφητική πλάκα, κατασκευάζεται από υλικά με μεγάλη ικανότητα απορρόφησης και θερμικής αγωγιμότητας, ώστε ο ηλιακός συλλέκτης να απορροφά αρκετή ηλιακή ακτινοβολία και να την μετατρέπει σε θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί με τη βοήθεια ηλιακών συλλεκτών με δύο κύριους τρόπους, τους θερμικούς συλλέκτες και τα φωτοβολταϊκά. Ο Θερμικός συλλέκτης [32] χρησιμοποιεί το φως του ήλιου για την παραγωγή θερμότητας. Με αυτόν τον τρόπο, σε μια κατοικία μπορεί να ζεσταίνεται νερό, να μαγειρεύει φαγητό, να λειτουργεί η θέρμανση, ή να θερμαίνεται το δάπεδο.

Μπορεί να αναπτυχθεί σε διαφορετικές κλίμακες, έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει διαφορετικού επιπέδου ανάγκες:

- Συλλέκτες χαμηλής θερμοκρασίας [33]: Αυτοί οι συλλέκτες προορίζονται για οικιακή χρήση και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά θερμότητας σε θερμοκρασίες κάτω από τους 65°C, χρησιμοποιώντας είτε μεταλλικούς είτε μη μεταλλικούς απορροφητές. Η ηλιακή ακτινοβολία που συλλέγεται από αυτούς τους συλλέκτες χρησιμοποιείται για τη δημιουργία θερμότητας, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω μεταλλικών σωλήνων. Το κύριο πεδίο εφαρμογής τους είναι η θέρμανση και η θέρμανση νερού σε οικιακά περιβάλλοντα. Αφού το νερό ζεσταθεί από τους συλλέκτες, αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή αποθήκευσης της κατάλληλης χωρητικότητας

και συνδέεται είτε με ένα καυστήρα καλοριφέρ είτε με ένα ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης για να παράσχει την επιπλέον θερμότητα που απαιτείται. Αντί να χρησιμοποιηθεί μια μόνο δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία μπορεί να μειώσει την απόδοση του ηλιακού συστήματος, η επιπλέον πηγή θέρμανσης μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο καλοριφέρ.

- Συλλέκτες μέσης θερμοκρασίας [34]: Αυτοί οι συλλέκτες είναι σχεδιασμένοι για να διανέμουν θερμότητα σε εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 100 και 300 °C.
- Συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας [35]: Αυτοί οι συλλέκτες επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας σε θερμοκρασίες άνω των 500°C. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μετατροπή αυτού του είδους ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, με την εγκατάσταση ηλιακών θερμοηλεκτρικών σταθμών σε μεγάλες περιοχές.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και ο σχεδιασμός του συστήματος.

Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού - Ηλιακοί Θερμοσίφωνες

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες αποτελούν μια ευρέως γνωστή και αποδοτική τεχνολογία για την παραγωγή ζεστού νερού με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον με την λειτουργία του συστήματος με το σφραγισμένο κύκλωμα θερμικού υγρού να είναι έξυπνη και ασφαλής. Η ενέργεια που συλλέγεται από τον ήλιο αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης, και αυτό το ζεστό νερό είναι προσβάσιμο ανά πάσα στιγμή, ανεξάρτητα από την εξωτερική θερμοκρασία.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ηλιακών θερμοσιφώνων:

- Επίπεδοι συλλέκτες: Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από επίπεδα, μονωμένα κουτιά με σκούρα απορροφητική πλάκα, καλυμμένα με γυαλί ή πλαστικό. Το νερό ή ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας ρέει μέσω σωλήνων ή καναλιών στον συλλέκτη, απορροφώντας τη θερμότητα από τον ήλιο και στη συνέχεια μεταφέροντάς τη σε μια δεξαμενή αποθήκευσης. Είναι αποτελεσματικοί καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Εικ.9: Τυπικός Ηλιακός Θερμοσίφοντας



Συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων [36]: Οι συλλέκτες εκκενωμένων σωλήνων χρησιμοποιούν σειρές γυάλινων σωλήνων με διπλό τοίχωμα, καθένας από τους οποίους περιέχει μια πλάκα απορρόφησης και ένα κενό για τη βελτίωση της μόνωσης. Αυτοί οι σωλήνες θερμαίνονται από

την εσωτερική πλευρά τους από την ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέποντάς την σε θερμότητα με τη βοήθεια ενός υλικού μεταξύ των δύο υαλοπινάκων. Κάθε παράλληλος σωλήνας περιέχει ένα χάλκινο απορροφητικό σωλήνα διαφορετικής απόχρωσης. Η στήριξή τους γίνεται κατακόρυφα σε μια ανακλαστική μεταλλική βάση. Ένα πλεονέκτημα τους είναι ότι η διαδρομή του ήλιου από την ανατολή προς τη δύση είναι πάντα κάθετη στην επιφάνειά τους, μειώνοντας τις απώλειες από αντανακλάσεις και αυξάνοντας την απόδοσή τους. Είναι γνωστά για την αποτελεσματικότητά τους σε ψυχρότερα κλίματα και σε συννεφιασμένες συνθήκες.

Εικ.10: Vacuum Tubes



Εικ.11: Vacuum Ηλιακός Θερμοσίφωνας



Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τους Ηλιακούς θερμοσίφωνες:

Αποδοτικότητα Ηλιακού Συλλέκτη:

$$\eta_{\text{συλλέκτη}} = (\text{Χρήσιμη Θερμική Ενέργεια}) / (\text{Ηλιακή Ενέργεια που Πέφτει στον Συλλέκτη})$$

Αυτή η εξίσωση βοηθά να προσδιοριστεί η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε χρήσιμη θερμότητα για τη θέρμανση νερού.

Θερμική Απόδοση του Συλλέκτη:

$$Q_{\text{συλλέκτη}} = A_{\text{συλλέκτη}} * \eta_{\text{συλλέκτη}} * G * \tau * (T_{\text{συλλέκτη}} - T_{\text{περιβάλλον}})$$

Όπου:

- $A_{\text{συλλέκτη}} = \text{Επιφάνεια του συλλέκτη}$
- $G = \text{Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλέκτη}$
- $\tau = \text{Διαυγότητα του καλύμματος (γυαλισμάτων)}$
- $T_{\text{συλλέκτη}} = \text{Θερμοκρασία του συλλέκτη}$
- $T_{\text{περιβάλλον}} = \text{Θερμοκρασία του περιβάλλοντος}$

Απόδοση του Θερμαντικού Ανταλλάκτη:

$$\eta_{\text{ανταλλάκτη}} = (\text{Χρήσιμη Θερμική Μεταφορά στο Νερό}) / (\text{Θερμική Απόδοση από τον Συλλέκτη})$$

Αυτή η εξίσωση αξιολογεί πόσο αποδοτικά ο ανταλλάκτης μεταφέρει τη θερμότητα από τον συλλέκτη στο νερό.

Ηλιακός Συντελεστής, το μέτρο ποσοτικοποιεί τη συνεισφορά του ηλιακού συστήματος στη θέρμανση του νερού.

$$\text{Ηλιακός Συντελεστής} = (\text{Χρήσιμη Θερμική Ενέργεια από τον Ήλιο}) / (\text{Συνολική Ενεργειακή Είσοδος για τη Θέρμανση του Νερού})$$

Αύξηση Θερμοκρασίας στον Δεξαμενή Αποθήκευσης:

$$\Delta T_{\text{δεξαμενή}} = (Q_{\text{συλλέκτη}}) / (m_{\text{νερό}} * C_p)$$

Όπου:

- $m_{\text{νερό}} = \text{Ροή νερού}$
- $C_p = \text{Ειδική θερμική χωρητικότητα του νερού}$

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης λόγω ηλιακής θέρμανσης.

Απαιτήσεις Ισχύος της Αντλίας:

$$P_{\text{αντλία}} = (m_{\text{νερό}} * \Delta T_{\text{δεξαμενή}}) / (\eta_{\text{αντλία}})$$

Όπου:

- $\eta_{\text{αντλία}} = \text{Απόδοση της αντλίας}$

Αυτή η εξίσωση εκτιμά την ισχύ που απαιτείται για την κυκλοφορία του νερού μέσα στο σύστημα.

Συντελεστής Απόδοσης του Συστήματος (SPF), που είναι ένα μέτρο του πόσο αποτελεσματικά το σύστημα μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε χρήσιμη θερμότητα.

$$\text{SPF} = (\text{Χρήσιμη Θερμική Ενέργεια από τον Ήλιο}) / (\text{Ενεργειακή Είσοδος από τη Συσσκευή})$$

Αποταμίευση κατά τη Διάρκεια του Κύκλου Ζωής:

Αποταμίευση κατά τη Διάρκεια του Κύκλου Ζωής = (Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας - Συνολικά Κόστη) - Αρχική Επένδυση

Αυτή η εξίσωση βοηθά να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού - Συστήματα combi

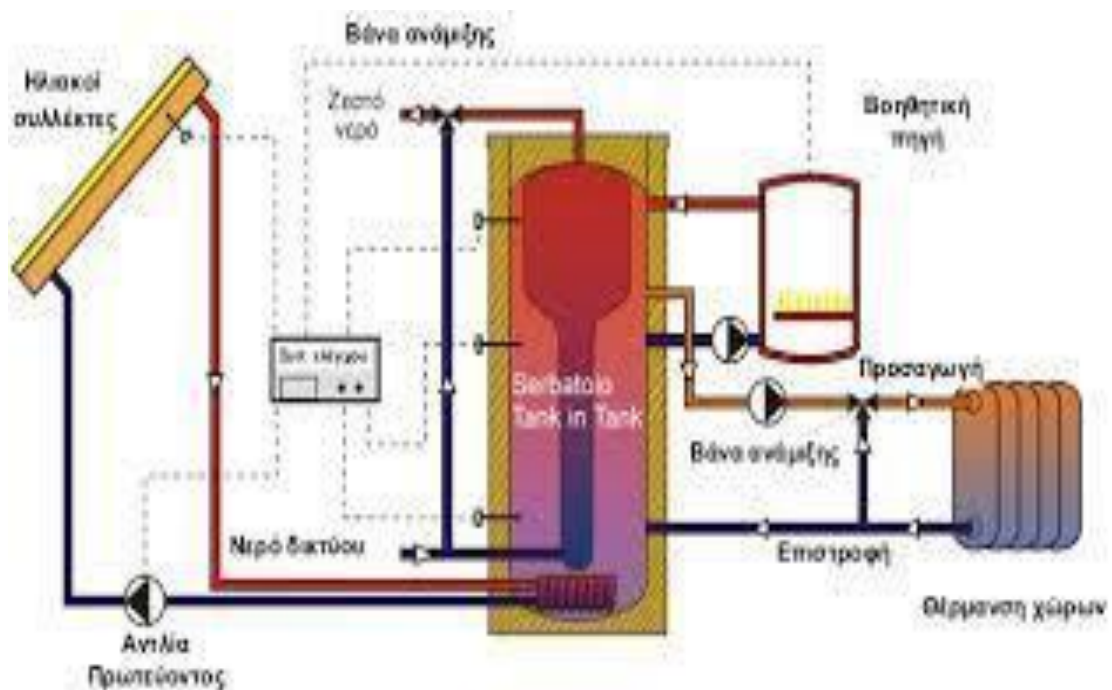
Τα συστήματα combi [37] αποτελούν έναν εξαιρετικά βολικό τύπο συστήματος θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης, ειδικά για κατοικίες, έχοντας σχεδιαστεί με σκοπό να παρέχουν θέρμανση χώρου και ζεστό νερό από μία μόνο μονάδα, συνήθως έναν λέβητα ή θερμοσίφωνα, και κυκλοφορώντας ζεστό νερό μέσω θερμαντικών σωμάτων ή συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Όταν ανοίγει μια βρύση στο ζεστό νερό, η μονάδα θερμαίνει αμέσως το νερό το οποίο μεταφέρεται στο σημείο όπου ζητείται. Τα συστήματα combi είναι γνωστά για την ενεργειακή τους απόδοση, καθώς θερμαίνουν το νερό μόνο όταν απαιτείται, μειώνοντας έτσι την απώλεια θερμότητας που συνήθως συμβαίνει στις παραδοσιακές δεξαμενές αποθήκευσης ζεστού νερού. Επιπλέον, η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος είναι συνήθως απλούστερη και πιο οικονομική σε σύγκριση με την εγκατάσταση ξεχωριστών συστημάτων θέρμανσης και ζεστού νερού. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα συστήματα combi έχουν μέγιστη παροχή ζεστού νερού, οπότε πρέπει να επιλεγεί μια μονάδα που μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις ζεστού νερού του νοικοκυριού κατά τις ώρες αιχμής χρήσης, καθιστώντας αυτά τα συστήματα είναι κατάλληλα κυρίως για μικρότερα σπίτια ή διαμερίσματα με σχετικά χαμηλές απαιτήσεις ζεστού νερού.

Το γεγονός ότι τα συστήματα combi μπορούν να καλύψουν ένα σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών με ηλιακή ενέργεια και να ενσωματώσουν τη βιομάζα είναι σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της βιωσιμότητας.

Εικ.12: Σχηματική απεικόνιση συστήματος Combi



Εικ.13: Μπόιλερ Λεβητοστασίου



Ωστόσο, όταν συνδυάζουμε ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού με ένα κεντρικό θερμαντικό σύστημα, η ηλιακή θερμότητα μπορεί είτε να συσσωρευτεί σε μια δεξαμενή προθέρμανσης που τροφοδοτεί τη δεξαμενή θέρμανσης του κεντρικού συστήματος είτε να αντικαταστήσει το κάτω στοιχείο θέρμανσης (boiler), ενώ το επάνω στοιχείο (ηλιακός) παραμένει για να προσφέρει επιπλέον θερμότητα. Δηλαδή, όταν γίνεται συνδυασμός με κεντρική θέρμανση, μπορεί να προθερμαίνεται το νερό που πάει στην κεντρική θέρμανση, δηλαδή χάρη στο πάνω στοιχείο

θέρμανσης, το νερό να χρειάζεται να θερμανθεί από τους 25 στους 40 βαθμούς από το κάτω στοιχείο και όχι από τους 20, που θα ήταν σε άλλη περίπτωση, λειτουργία που μπορεί να αντικαταστήσει το κάτω θερμαντικό στοιχείο εντελώς ή να μειωθεί η εξάρτηση από την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιεί το boiler. Καθώς έχουμε μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες και τη νύχτα, όταν η ηλιακή φωτεινότητα είναι περιορισμένη, ο συνδυασμός είναι συνήθως προτιμότερη και αποδοτικότερη λύση από την αποκλειστική χρήση μίας από τις δύο, δεδομένου ότι δεν απαιτείται συμβιβασμός ούτε ως προς την ποσότητα του διαθέσιμου νερού, ούτε ως προς το κόστος.

Θέρμανση του Νερού σε Πισίνα με Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την θέρμανση του νερού πισίνας [38] με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών στην ταράτσα ή κοντά στην πισίνα. Συνήθως γίνεται με χρήση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών με γυάλινο κάλυμμα και υδραυλικό κύκλωμα, 'όπου ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας (συνήθως ένα μείγμα νερού και αντιψυκτικού) ρέει μέσω των ηλιακών συλλεκτών. Αυτό απορροφά τη θερμότητα από τους συλλέκτες και τη μεταφέρει σε μια σειρά σωλήνων, όπου κυκλοφορεί το νερό της πισίνας. Για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη θέρμανση, χρησιμοποιείται ένα σύστημα κυκλοφορίας (αντλία) για τη μετακίνηση του νερού της πισίνας μέσω του συστήματος σωλήνων και πίσω στην πισίνα. Η αντλία μπορεί να λειτουργήσει χειροκίνητα ή αυτόματα με βάση τις ρυθμίσεις θερμοκρασίας.

Στην περίπτωση εξωτερικής πισίνας, για εξοικονόμηση κόστους, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και πλαστικοί ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι δεν έχουν υαλοπίνακα και θερμική μόνωση, δεδομένου ότι οι εξωτερικές πισίνες χρησιμοποιούνται μόνο τους θερινούς μήνες και δεν υφίσταται κίνδυνος να παγώσει το νερό στους σωλήνες. Κατασκευάζονται είτε από EPDM είτε από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο και συνδέονται κατευθείαν στο κύκλωμα φιλτραρίσματος της πισίνας. Συχνά, εγκαθίστανται και αισθητήρες θερμοκρασίας και συστήματα ελέγχου για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας του νερού της πισίνας. Εάν το νερό της πισίνας είναι πιο κρύο από την επιθυμητή θερμοκρασία, το σύστημα ελέγχου ενεργοποιεί την αντλία κυκλοφορίας για να στείλει νερό από τους σωλήνες που το έχουν ζεστάνει μέσω των συλλεκτών. Για να αποφευχθεί η απώλεια θερμότητας τη νύχτα ή τις συννεφιασμένες μέρες, ορισμένα συστήματα περιλαμβάνουν βαλβίδες αντεπιστροφής ή αυτόματες βαλβίδες εκτροπής για να σταματήσουν τη ροή του νερού της πισίνας μέσω των συλλεκτών όταν δεν υπάρχει ηλιακό φως ή όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

Εικ.14: Τυπική Διαμόρφωση για την Θέρμανση Πισίνας με Ηλιακή Ενέργεια



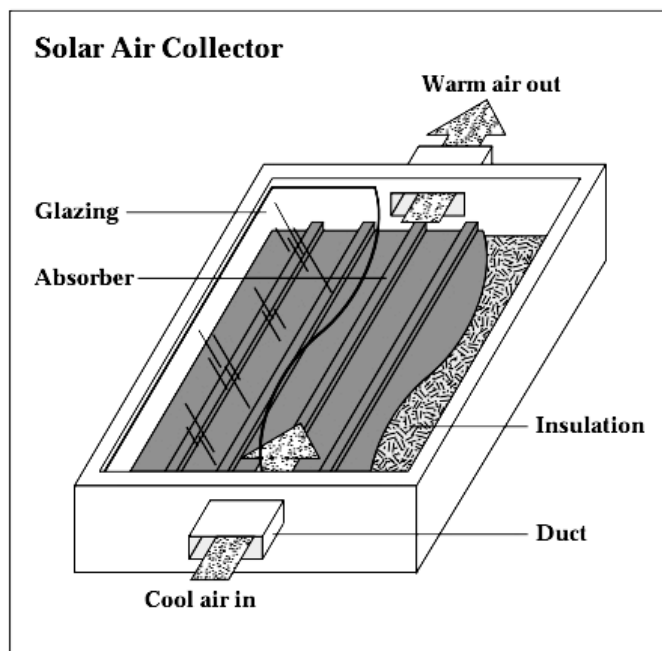
Η αποτελεσματικότητα ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης πισίνας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το μέγεθος και η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών, οι συνθήκες κλίματος και ηλιακού φωτός στην περιοχή και η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού της πισίνας.

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης πισίνας έχουν επίσης χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε σύγκριση με τα παραδοσιακά θερμαντικά σώματα αερίου ή ηλεκτρικού ρεύματος, αφού η κύρια πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος που είναι δωρεάν και έχουν λιγότερα μηχανικά μέρη. Πρέπει, όμως να ελέγχονται τουλάχιστον μία φορά κάθε τρεις μήνες, για διαρροές σε σωλήνες, σπασμένα τζάμια, κατεστραμμένες βαλβίδες και οποιαδήποτε άλλη φθορά στο σύστημα και στα ηλιακά πάνελ.

Στην Ελλάδα, η μέση ημερήσια απόδοση ηλιακής ενέργειας είναι 4,6 kWh/ m². Με ένα σύστημα συλλογής 1 m², μπορούμε να εξοικονομήσουμε πάνω από 500 kWh ετησίως. Η εγκατάσταση ενός ηλιακού πάνελ περίπου 1 τετραγωνικού μέτρου μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση περίπου 155 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων ρύπων ετησίως.

Ηλιακοί συλλέκτες αέρα

Εικ.15: Ηλιακός συλλέκτης αέρα



An air collector is a simple flat-plate collector used mainly for space heating. Air flows through the collector by natural convection or when forced by a fan.

Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα [39] χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων. Τοποθετούνται οριζόντια για να επιτραπεί η ροή του αέρα και ο αέρας από το περιβάλλον εισέρχεται στον ηλιακό συλλέκτη μέσω ενός συστήματος αναρρόφησης. Στον συλλέκτη, ο αέρας διέρχεται από ένα σύνολο από σκούρες, ανακλαστικές επιφάνειες, που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και ζεσταίνουν τον αέρα, ο οποίος ανεβαίνει και απομακρύνεται από τον συλλέκτη. Λόγω της χαμηλής θερμοαγωγιμότητας του αέρα, η επιλογή αυτών των επιφανειών είναι σημαντική ενώ, συνήθως, υπάρχει ένα ανεμιστήρας ή ένα σύστημα αεραγωγών που βοηθάει στη μετακίνηση του θερμού αέρα προς την επόμενη φάση. Έπειτα, η θερμική ενέργεια από τον ζεστό αέρα αποθηκεύεται σε ένα μέσο, όπως πέτρες ώστε αργότερα, κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν απαιτείται θέρμανση, ο ζεστός αέρας να αποδίδει την αποθηκευμένη θερμότητα πίσω στον αέρα που κυκλοφορεί στον χώρο που χρειάζεται θέρμανση.

Η εγκατάσταση 10 m² ηλιακών συλλεκτών οδηγεί σε εξοικονόμηση περίπου 0,5 τόνων πετρελαίου ετησίως.

Εικ.16: Ηλιακή κατοικία με μεγάλο αριθμό συλλεκτών για θέρμανση νερού και χώρων.



Οι ηλιακοί συλλέκτες νερού συνδέονται με κεντρικά θερμαντικά συστήματα που χρησιμοποιούν είτε θερμοσίφωνες είτε ενδοδαπέδια θέρμανση.

Εικ.17: Διάταξη των σωλήνων σε σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης



Ηλιακός Κλιματισμός

Τα ηλιακά κλιματιστικά [40] βασίζονται στη χρήση ψυκτών για να μετατρέψουν ζεστό νερό σε κρύο. Το νερό που έχει ήδη θερμανθεί για χρήση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη του κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Επιπλέον, το ζεστό νερό μπορεί να καλύψει τις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης και χειμερινής θέρμανσης για ένα σπίτι.

Οι εξισώσεις που περιγράφουν τις ανάγκες στον ηλιακό κλιματισμό περιγράφονται παρακάτω.

Θερμική Φόρτωση Ψύξης (Cooling Load):

$$\Theta\phi = (Q_{\text{εσωτερικός}} + Q_{\text{ηλιακή_ακτινοβολία}}) - (Q_{\text{εσωτερικός_απορρόφηση}} + Q_{\text{εσωτερικός_αντιστάθμισης}})$$

Όπου:

$Q_{\text{εσωτερικός}}$ = Θερμική φόρτωση από τη θερμότητα εσωτερικών πηγών (κινητικά ανθρώπων, ηλεκτρικές συσκευές, κ.λπ.)

$Q_{\text{ηλιακή_ακτινοβολία}}$ = Θερμική φόρτωση από την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στον χώρο

$Q_{\text{εσωτερικός_απορρόφηση}}$ = Θερμική φόρτωση από την απορρόφηση της εσωτερικής θερμότητας

$Q_{\text{εσωτερικός_αντιστάθμισης}}$ = Θερμική φόρτωση από την αντιστάθμιση της θερμότητας με ψύξη

Εκτίμηση της Επιθυμητής Χωρητικότητας (Cooling Capacity):

$$\text{Επιθυμητή Χωρητικότητα } (Q_c) = \Theta\phi / \text{COP}$$

Όπου:

$$\text{COP} = \text{Συντελεστής απόδοσης του ηλιακού κλιματιστικού}$$

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την επιθυμητή χωρητικότητα ψύξης που απαιτείται για τον κλιματισμό του χώρου.

Συντελεστής Απόδοσης του Ηλιακού Κλιματισμού (COP):

$$\text{COP} = (\text{Χρήσιμη Ψύξη}) / (\text{Ηλεκτρική Ενέργεια που Καταναλώνεται})$$

Αυτή η εξίσωση αναπαριστά την απόδοση του ηλιακού κλιματιστικού ως την αναλογία της χρήσιμης ψύξης προς την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται.

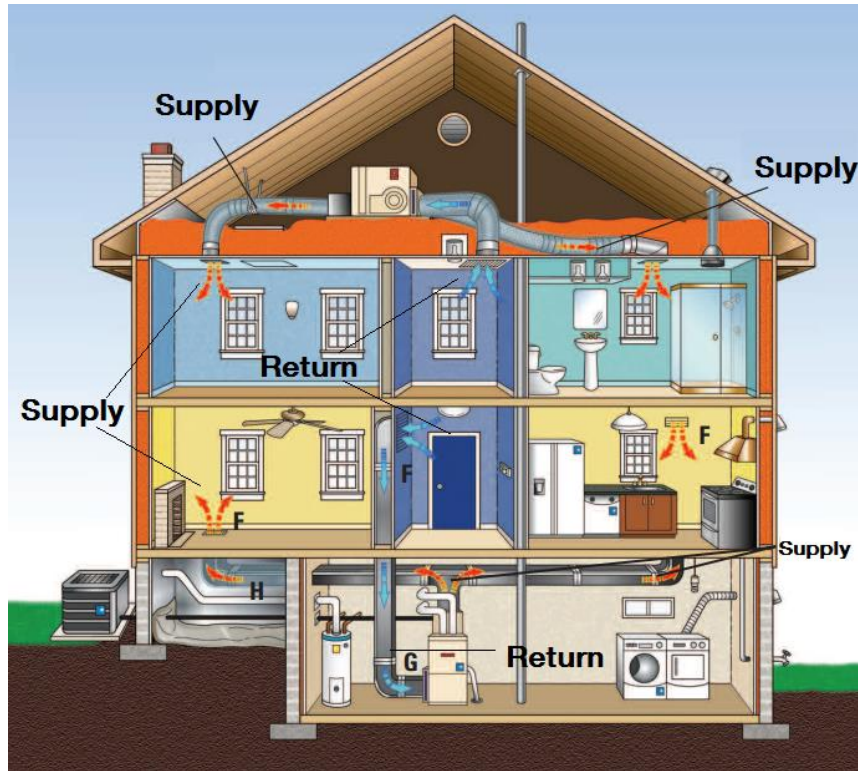
Εκτίμηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας που Χρειάζεται ο Ηλιακός Κλιματισμός:

$$\text{Ηλεκτρική Ενέργεια που Χρειάζεται} = (\text{Χρήσιμη Ψύξη}) / \text{COP}$$

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται ο ηλιακός κλιματισμός για να παράγει την επιθυμητή ψύξη.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει μια πιθανή εφαρμογή ενός ηλιακού συστήματος HVAC σε μια ιδιωτική κατοικία:

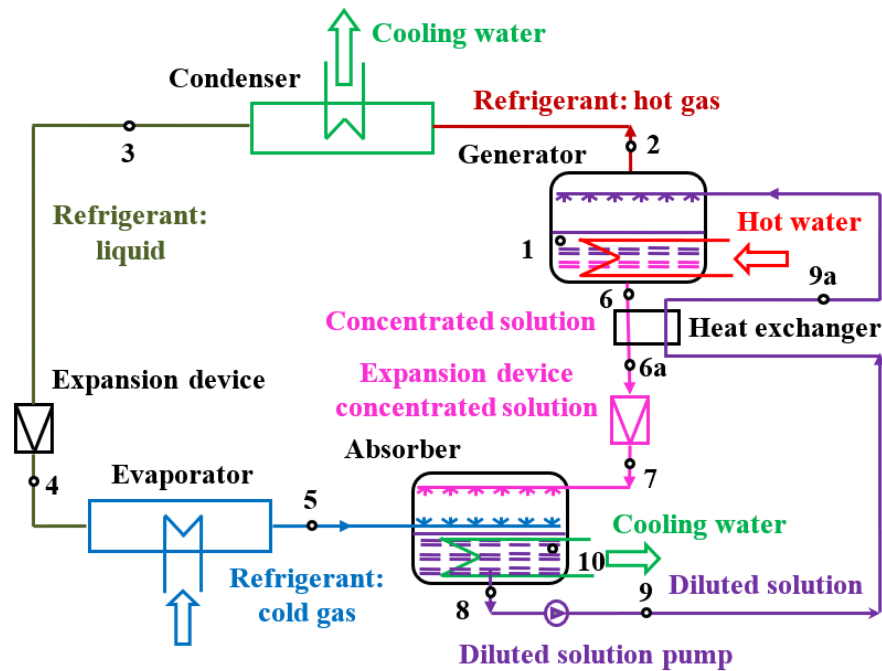
Εικ.18: Εφαρμογή Συστήματος HVAC σε κατοικία



Στην Ελλάδα και γενικά τις χώρες της Μεσογείου, το καλοκαίρι συχνά οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, με αποτέλεσμα να απαιτείται να υπάρχει ένας τρόπος για δροσισμό του εσωτερικού των κατοικιών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούν το ζεστό νερό στους 70-110 βαθμούς Κελσίου για την παραγωγή ψυχρού νερού στους 7-10 βαθμούς Κελσίου, το οποίο έχει το ρόλο του ψυκτικού μέσου.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ηλιακών κλιματιστικών συστημάτων: τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα. Τα ανοιχτά συστήματα παρέχουν ολοκληρωμένο κλιματισμό, διανέμοντας ψυχρό, ξηρό αέρα για δροσισμό, οποίος έχει έρθει σε χαμηλή θερμοκρασία με την χρήση κρύου νερού. Αυτό γίνεται με συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούν περιστρεφόμενα αφυγραντήρια κατασκευασμένα από συμπαγές πορώδες υλικό. Στην περίπτωση των κλειστών συστημάτων κλιματισμού, η εγκατάστασή τους απαιτεί περίπου 3 τετραγωνικά μέτρα επιφάνειας συλλέκτη ανά κιλοβάτώρα ψυκτικής ικανότητας, επομένως συνίσταται η τοποθέτηση σε στέγες ή ανοιχτούς χώρους, ώστε να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Όμως, για λόγους ασφαλείας των μηχανικών εξαρτημάτων, μπορεί να απαιτηθεί η τοποθέτησή τους σε κλειστό χώρο. Η λειτουργία τους βασίζεται στη δημιουργία κρύου νερού μέσω της απορρόφησης της θερμότητας από το περιβάλλον με το κρύο νερό που παράγεται να χρησιμοποιείται είτε σε κεντρικές μονάδες κλιματισμού για να παρέχεται πλήρως κλιματιζόμενος αέρας, είτε διανέμεται σε διάφορες περιοχές μέσω δικτύου κρύου νερού για την τροφοδοσία αυτόνομων μονάδων κλιματισμού δωματίου.

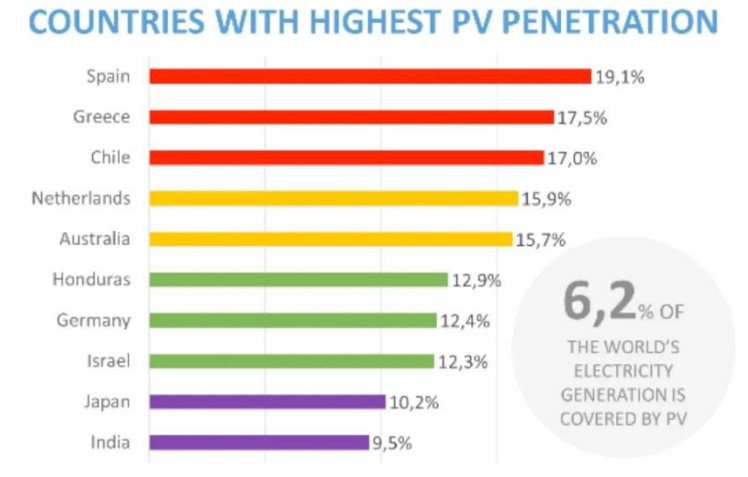
Εικ.19: Σχηματική παράσταση ενός ηλιακού ψύκτη απορρόφησης (LiBr/H₂O)



Ηλιακά Φωτοβολταϊκά (PV) πάνελ

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση φωτοβολταϊκών έχει αυξηθεί σημαντικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκμεταλλεύονται κυψέλες πυριτίου [41] που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορες κλίμακες. Σύμφωνα με μια έκθεση από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας, στο τέλος του 2022, η διάδοση των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών στην Ελλάδα έφτασε το 17,5%, ενώ ο μέσος όρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν 8,7% και ο παγκόσμιος μέσος όρος ήταν 6,2%. Επιπλέον, το 2022, ο ΔΕΔΔΗΕ αύξησε την ισχύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που συνδέθηκαν στο δίκτυο διανομής κατά τέσσερις φορές σε σύγκριση με το 2019.

Εικ.20: Χώρες με τις περισσότερες νέες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια σημαντική τεχνολογία στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της φωτοβολταϊκής αλληλεπίδρασης, δηλαδή της δημιουργίας ηλεκτρικού φορτίου σε συγκεκριμένα υλικά όταν εκτίθενται στη φωτεινή ακτινοβολία του ήλιου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από κρυσταλλικούς ημιαγωγούς όπως το πυρίτιο [42] με την ηλιακή ενέργεια να προωθεί την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στον ημιαγωγό, και με την εφαρμογή τάσης, αυτά τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται, δημιουργώντας ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν αθόρυβα, αυτόματα και αυτόνομα, και μπορούν να εγκατασταθούν σχεδόν οπουδήποτε. Ωστόσο, η απόδοσή τους επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι φιλικά προς το περιβάλλον και αποδοτικά σε μακροπρόθεσμη βάση, η αρχική επένδυση είναι συνήθως υψηλή, και ανάλογα με την ανάγκη σε ενέργεια, απαιτούν περισσότερο χώρο. Παρ' όλα αυτά, η αυξανόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας και η μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθιστούν αυτήν τη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας όλο και πιο προσιτή και ελκυστική για τις οικογένειες και τις επιχειρήσεις.

Οι εξισώσεις που περιγράφουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι οι παρακάτω:

Ηλεκτρική Ενέργεια (QE):

$$QE = (\text{Ηλεκτρικό Ρεύμα Παραγωγής}) / (\text{Απορρόφηση Ηλιακής Ακτινοβολίας})$$

Η ηλεκτρική φορτιστικότητα είναι η αναλογία του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στον ηλιακό φωτοδέκτη προς την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία.

Εξοδος Ισχύος (P):

$$P = V_{oc} * I_{sc} * FF$$

Όπου:

- V_{oc} = Τάση ανοικτού κυκλώματος
- I_{sc} = ρεύμα βραχυκυκλώσεως
- FF = Συντελεστής γεμίσματος (Fill Factor)

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την ηλεκτρική ισχύ που παράγεται από το PV πάνελ.

Συντελεστής Απόδοσης Κυκλώματος (η):

$$\eta = P / (\text{Απορρόφηση Ηλιακής Ακτινοβολίας} * \text{Επιφάνεια Πάνελ})$$

Αυτός ο συντελεστής απόδοσης λαμβάνει υπόψη την επίδραση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και την επιφάνεια του πάνελ.

Συντελεστής Απόδοσης ($\eta\eta$):

$$\eta\eta = \eta * \eta_{\text{επιφάνειας}} * \eta_{\text{ηλιακού_κυττάρου}}$$

Όπου:

- $\eta_{\text{επιφάνειας}}$ = Συντελεστής απόδοσης επιφάνειας (εξαρτάται από τον καθαρισμό και την αντανάκλαση)
- $\eta_{\text{ηλιακού_κυττάρου}}$ = Συντελεστής απόδοσης του ηλιακού κυττάρου

Αυτός ο συντελεστής λαμβάνει υπόψη τις απώλειες που σχετίζονται με την επιφάνεια και τον κυττάρο.

Απόδοση Ηλιακού Φωτοβολταϊκού Συστήματος ($\eta_{\text{σύστημα}}$):

$$\eta_{\text{σύστημα}} = \eta\eta * \eta_{\text{συστήματος}}$$

Όπου:

- $\eta_{\text{συστήματος}}$ = Συντελεστής απόδοσης του συστήματος φωτοβολταϊκών

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει τη συνολική απόδοση του ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος.

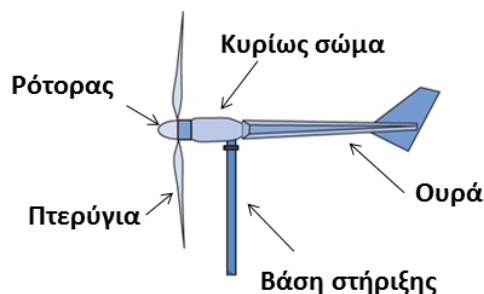
Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες [43] είναι συσκευές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, και χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο σε μικρή όσο και σε μεγάλη κλίμακα. Συγκεκριμένα, οι μικρές ανεμογεννήτριες συνεργάζονται συχνά με αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Η δομή μιας ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει τον ρότορα με τα πτερύγια, το κυρίως σώμα, την ουρά και τη βάση στήριξης με τα πτερύγια τοποθετούνται στον ρότορα και περιστρέφονται από τον άνεμο, με την κίνηση αυτή να μεταφέρεται σε έναν άξονα, ο οποίος συνδέεται με μια γεννήτρια, επιτρέποντας τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε κινητική και, στη συνέχεια, σε ηλεκτρική ενέργεια. Το κυρίως σώμα περιλαμβάνει τον άξονα μετάδοσης, το κιβώτιο ταχυτήτων,

τη γεννήτρια μετατροπής και το φρένο. Η βάση στήριξης ή πύργος στήριξης αποτελείται από ένα σωλήνα κατάλληλου πάχους και διαμέτρου, καθώς και από συρματόσχοινα στήριξης [44].

Εικ.21: Τα μέρη της ανεμογεννήτριας



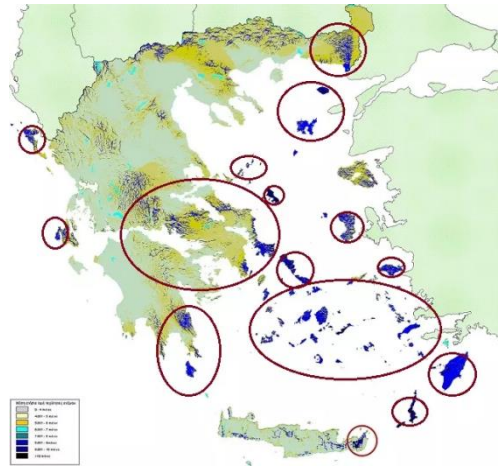
Εικ.22: Κύρια χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών X-300, X-400, V-400, X-600, X-2000



- Κατασκευάζονται από χυτό αλουμίνιο με αντιδιαβρωτική προστασία
- Σύγχρονη γεννήτρια με μόνιμους μαγνήτες για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Ηλεκτρομαγνητικό φρένο
- Σχεδόν αθόρυβες (39dB)

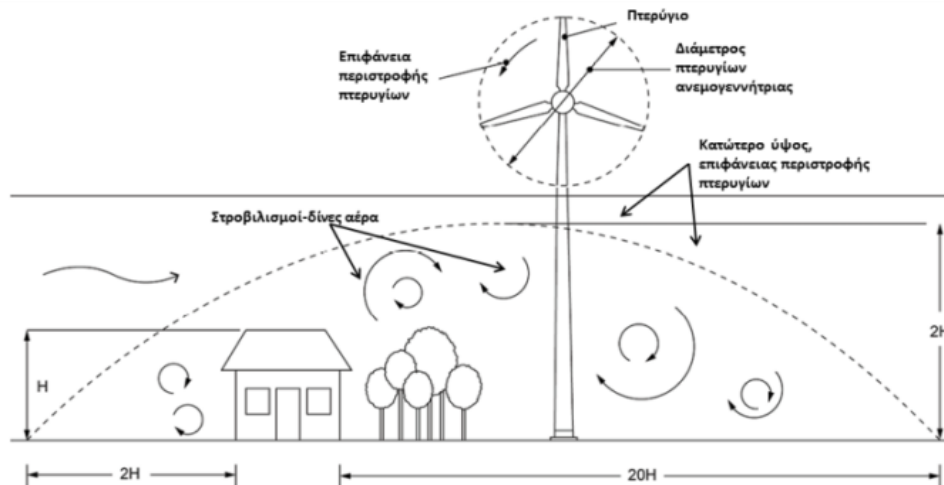
Η αξιολόγηση της ανάγκης για χρήση ανεμογεννητριών σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ένας σημαντικός βήμα για το μηχανικό. Πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, οι ενεργειακές ανάγκες του συστήματος και το τοπικό αιολικό δυναμικό. Η ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι αναγκαία σε περιοχές όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι υψηλές κατά τους χειμερινούς μήνες ή κατά τη νύχτα. Επίσης, σε περιοχές με έντονους ανέμους το καλοκαίρι, η χρήση ανεμογεννητριών μπορεί να είναι επιλογή. Μετά την επιβεβαίωση της ανάγκης για ανεμογεννήτρια, ο μηχανικός πρέπει να εκτιμήσει πώς θα συνεισφέρει αυτή στη βελτίωση του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση του τοπικού αιολικού δυναμικού και τη σύγκρισή του με τις ανάγκες ενέργειας του συστήματος, χρησιμοποιώντας μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου και διαγράμματα από κατασκευαστές, μπορεί να υπολογιστεί η προσφορά της ανεμογεννήτριας στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Τέλος, με βάση αυτήν την αξιολόγηση, ο μηχανικός θα επιλέξει τον κατάλληλο τύπο ανεμογεννήτριας που θα προσαρμοστεί καλύτερα στις ανάγκες και τις συνθήκες του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Εικ.23: Περιοχές με αυξημένο αιολικό δυναμικό καθ'όλη τη διάρκεια του έτους στην Ελλάδα



Το κατάλληλο ύψος για την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την συγκεκριμένη τοποθεσία όπου αυτή εγκαθίσταται καθώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται οι αέριες δίνες, οι οποίες προκαλούνται από ψηλά εμπόδια όπως κτίρια, δέντρα, κεραίες, κ.λπ. Για παράδειγμα, αν το υψηλότερο εμπόδιο (όπως ένα κτίριο) σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία είναι 3,5 μέτρα ύψος, τότε το κατώτερο ύψος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 7 μέτρα. Καθώς απομακρυνόμαστε από το εν λόγω εμπόδιο, μπορούμε να μειώσουμε το ύψος τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας.

Εικ.24: Ύψος Τοποθέτησης Ανεμογεννητριών

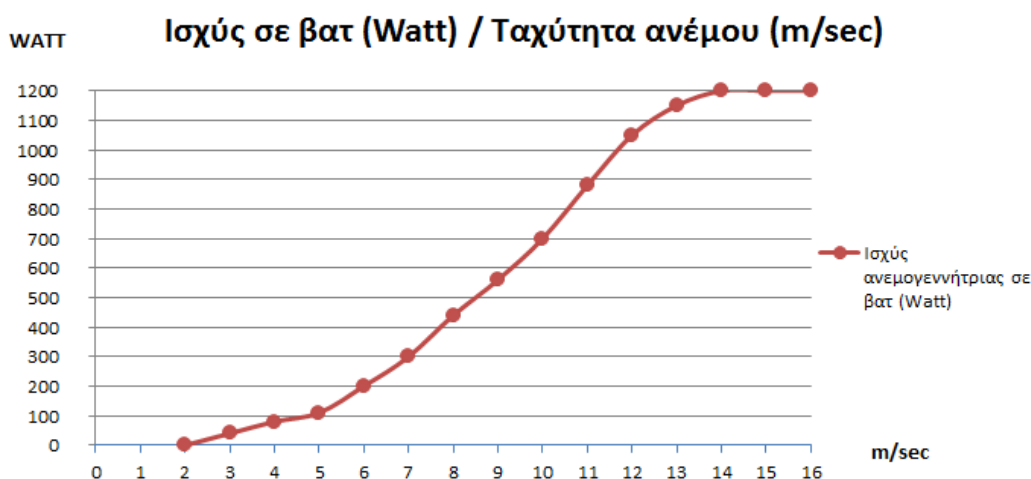


Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τρεις παράγοντες [45]: την ταχύτητα του ανέμου, το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και το είδος της ίδιας της ανεμογεννήτριας. Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec), και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο αυξάνεται η παραγωγή ενέργειας από την ανεμογεννήτρια αλλά είναι σημαντικό να

σημειωθεί ότι η μέση ταχύτητα του ανέμου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 4,5-5 m/s για να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Στην εικόνα παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα απόδοσης μιας ανεμογεννήτριας κατάλληλης για οικιακή χρήση, με ισχύ 1 kW (1000W), σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου.

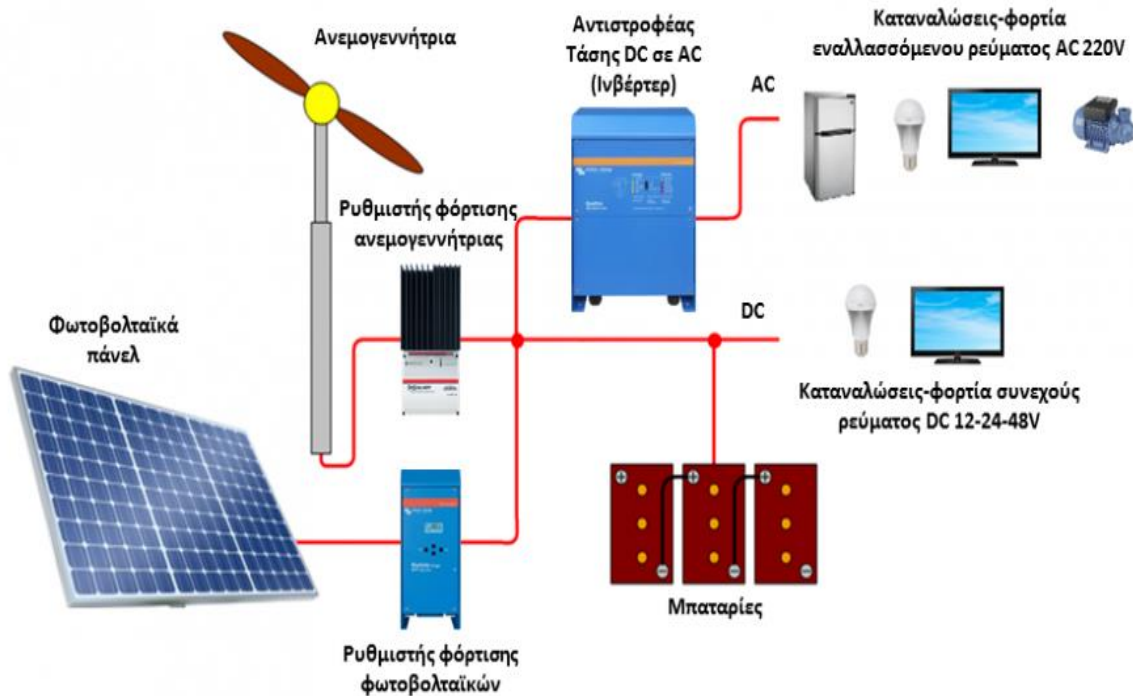
Εικ.25: Διάγραμμα απόδοσης μιας ανεμογεννήτριας για σπίτι, ονομαστικής ισχύος 1kW (1000W) σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου



Από το διάγραμμα, προκύπτει ότι η ανεμογεννήτρια καταφέρνει να φτάσει στην ονομαστική της ισχύ των 1000W, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 12m/sec.

Το μήκος των πτερυγίων αντιστοιχεί στην απόδοση της ανεμογεννήτριας και όσο αυξάνεται το μήκος τους, τόσο περισσότερο ρεύμα παράγεται από την ανεμογεννήτρια [46] με τις ανεμογεννήτριες με μικρότερη διάμετρο πτερυγίων παράγουν πάντα λιγότερο ρεύμα. Το είδος της ανεμογεννήτριας επηρεάζει την παραγωγή ρεύματος και αν και οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα ξεκινούν την περιστροφή τους με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου, έχουν πολύ χαμηλή απόδοση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα. Συνήθως, οι ανεμογεννήτριες συνδυάζονται με φωτοβολταϊκά συστήματα σε αυτόνομα συστήματα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα υβριδικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα με ανεμογεννήτρια.

Εικ.26: Σύστημα υβριδικού Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού με Ανεμογεννήτρια



Η διαφορά μεταξύ ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών ενεργειακών συστημάτων είναι στον τρόπο παραγωγής ενέργειας και στις απαιτήσεις υπολογισμού για την παραγωγή ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν με την ενέργεια του ανέμου, και η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου. Για να υπολογιστεί ακριβώς η παραγόμενη ενέργεια, απαιτείται επιτόπια μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου με χρήση ανεμόμετρου, εξασφαλίζοντας την ακριβή εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας από την ανεμογεννήτρια σε συγκεκριμένη τοποθεσία. Αντίθετα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργούν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και όταν υπάρχει ηλιοφάνεια. Ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας είναι σχετικά εύκολος και αξιόπιστος, λόγω της ύπαρξης μετρήσεων της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτές οι μετρήσεις συνήθως διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ περιοχών που βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό παράλληλο. Συνεπώς, ο υπολογισμός της ενέργειας που παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι πιο απλός και αξιόπιστος σε σύγκριση με αυτόν των ανεμογεννητριών, λόγω της σταθερότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και της ομοιόμορφης κατανομής της στην επιφάνεια της Γης.

Εικ.27: Ανεμογεννήτρια σε υβριδικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό



Οι εξισώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας είναι οι παρακάτω.

Κινητική Ενέργεια του Ανέμου (KE):

$$KE = (1/2) * \rho * A * v^3$$

Όπου:

- ρ = Πυκνότητα του αέρα
- A = Επιφάνεια της ανεμογεννήτριας
- v = Ταχύτητα του ανέμου

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την κινητική ενέργεια του ανέμου που εισέρχεται στην ανεμογεννήτρια.

Ισχύς Παραγωγής (P):

$$P = (1/2) * \rho * A * C_p * v^3$$

Όπου:

- C_p = Συντελεστής ισχύος (ή συντελεστής απόδοσης) της ανεμογεννήτριας

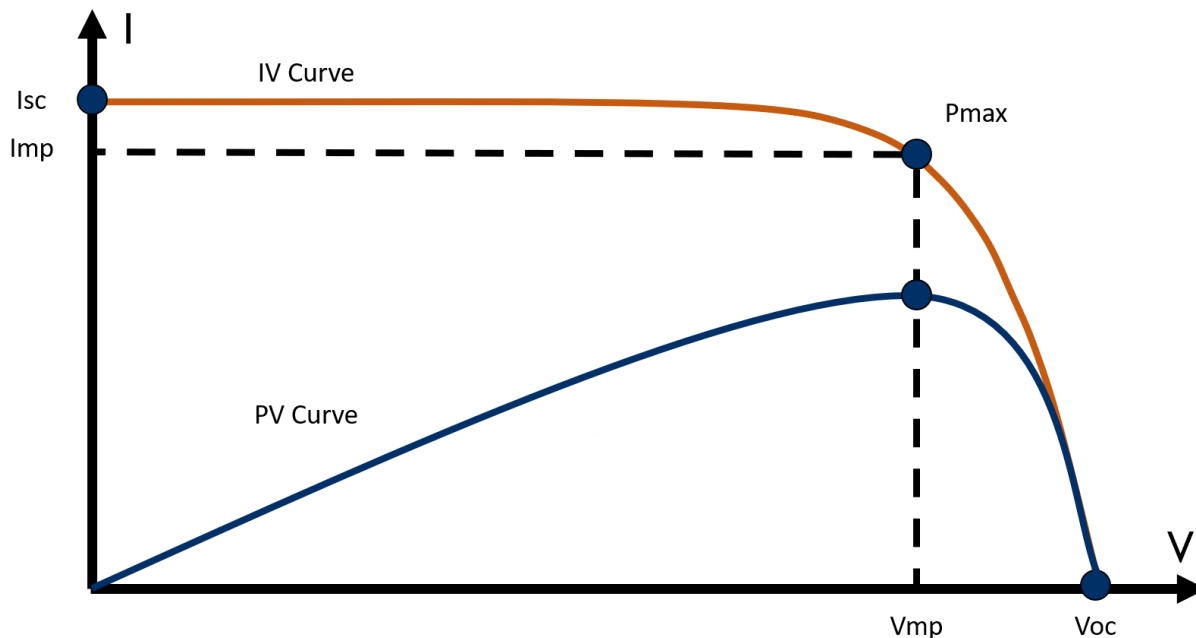
Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την ηλεκτρική ισχύ που παράγεται από την ανεμογεννήτρια.

Συντελεστής Ισχύος (η):

$$\eta = P / KE$$

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει τον συντελεστή ισχύος, που αντιπροσωπεύει την απόδοση της ανεμογεννήτριας.

Εικ.28: Καμπύλη Ισχύος-Ταχύτητας (P-V Curve)



Η καμπύλη P-V δείχνει τη σχέση μεταξύ της ισχύος παραγωγής (P) και της ταχύτητας του ανέμου (v). Είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της βέλτιστης λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από τη θερμότητα που εκπέμπεται από τον πυρήνα της Γης και μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους για θέρμανση και παραγωγή ενέργειας [48]. Μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων και αντλιών, η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί από το έδαφος στις θερμικές μονάδες κτιρίων, όπου μπορεί να αποδοθεί και να χρησιμοποιηθεί. Γνωστά παραδείγματα γεωθερμικών φαινομένων περιλαμβάνουν τους θερμοπίδακες της Ισλανδίας και τις θερμές πηγές όπως η Pamukkale της Τουρκίας. Αυτά τα φυσικά σχηματισμένα αξιοθέατα αποτελούν πηγές θερμότητας που μπορούν να εκμεταλλεύονται για θέρμανση και άλλες χρήσεις [49]. Ωστόσο, όταν το νερό βρίσκεται σε μεγάλο βάθος, η εκμετάλλευσή του μπορεί να γίνει δαπανηρή και δύσκολη και σε αυτές τις περιπτώσεις, εγκαθίσταται ένα δίκτυο σωληνώσεων σε πιο επιφανειακό βάθος, με τον αέρα να χρησιμοποιείται αντί για το νερό ως θερμαινόμενο μέσο. Αυτή η λύση επιτρέπει την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε περισσότερες περιοχές με μικρότερο κόστος και περισσότερη τεχνική εφαρμογή. Σε κάθε περίπτωση, το θερμαινόμενο μέσο ανακυκλώνεται και η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των αντλιών του συστήματος είναι πολύ μικρότερη από αυτήν που απαιτείται για την εξασφάλιση θερμότητας από το πετρέλαιο.

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της γεωθερμικής ενέργειας, παρά τα θετικά της χαρακτηριστικά. Αν και η λειτουργία των γεωθερμικών σταθμών δεν συνδέεται με την καύση ορυκτών καυσίμων, απελευθερώνονται ορισμένα αέρια θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του θείου και σε κάποιο βαθμό το διοξείδιο του άνθρακα. Παρόλο που οι εκπομπές αυτές είναι σημαντικά μικρότερες σε σύγκριση με σταθμούς παραγωγής ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, εξακολουθούν να υπάρχουν.

Επιπλέον, η κατασκευή των εγκαταστάσεων γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να έχει ένα αρνητικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα λόγω των εργασιών και των υλικών που χρησιμοποιούνται, περιλαμβάνοντας τις εκσκαφές και τις κατασκευαστικές δραστηριότητες που μπορεί να επηρεάσουν το φυσικό περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. Σε ό,τι αφορά τη νομοθεσία, στην Ελλάδα, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας ρυθμίζεται από τον νόμο 3175/2003, ο οποίος ορίζει τις πηγές γεωθερμίας και τις προϋποθέσεις για τη χρήση τους. Υπάρχουν νομικοί περιορισμοί και προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται όσον αφορά την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος κατά την κατασκευή και τη λειτουργία των γεωθερμικών εγκαταστάσεων.

Η στάση της ΕΕ απέναντι στη γεωθερμία είναι κατά τ'άλλα ευνοϊκή, με πληθώρα χρηματοδοτήσεων να πηγαίνουν σε Ευρωπαϊκές χώρες για να στηριχθούν έργα γεωθερμίας. Παρόλα αυτά φαίνεται να απουσιάζει ένα σαφές και κοινό νομικό πλαίσιο μεταξύ των χωρών μελών, πράγμα που δυσχεραίνει την σωστή αξιοποίηση των χρηματοδοτήσεων, αυξάνοντας τον κίνδυνο διασπάθισης χρήματος.

Οι εξισώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της απόδοσης και της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι οι παρακάτω:

Θερμική Ισχύς του Έδαφους (Q_g):

$$Q_g = m * C * \Delta T$$

Όπου:

- m = Μάζα του εδάφους
- C = Θερμική χωρητικότητα του εδάφους
- ΔT = Αλλαγή θερμοκρασίας

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει τη θερμική ισχύς που μπορεί να αντληθεί από το έδαφος.

Απόδοση Θερμότητας (COP):

$$COP = Q_h / W_e$$

Όπου:

- Q_h = Θερμότητα που παρέχεται στον χώρο (ή θερμική ισχύς)
- W_e = Ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από τη γεωθερμική αντλία

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει τον συντελεστή απόδοσης (COP) της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, που αντιπροσωπεύει την αποδοτικότητά της.

Ισχύς Έργου (W_e):

$$W_e = Q_h / COP$$

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται από τη γεωθερμική αντλία για να παράγει τη θερμότητα που απαιτείται για τη θέρμανση ή τον κλιματισμό.

Συστήματα θέρμανσης βιομάζας

Η βιομάζα αποτελεί μια εξαιρετική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας [50], καθώς προέρχεται από οργανικά υλικά και είναι διαθέσιμη σε ποικίλες μορφές, όπως τα πέλλετ, το ξύλο, οι μπρικότες και άλλα. Ένα από τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι η ανανεώσιμη φύση της, καθώς η καύση της δεν συνεισφέρει στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το CO₂ που εκπέμπεται κατά την καύση της βιομάζας απορροφάται εκ νέου από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση, δημιουργώντας έναν κλειστό κύκλο άνθρακα. Επιπλέον, η χρήση βιομάζας μειώνει την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα και συμβάλλει στην τοπική οικονομία μέσω της υποστήριξης της αγροτικής και δασικής δραστηριότητας. Στην Ελλάδα, η χρήση βιομάζας για θέρμανση ενθαρρύνεται μέσω διαφόρων κυβερνητικών προγραμμάτων, παρέχοντας υποστήριξη για την εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης με πέλλετ και υψηλή απόδοση.

Ωστόσο, όπως και με άλλες μορφές ενέργειας, η συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα απαιτεί προσοχή και κανονικό καθαρισμό των λεβήτων και των διαδρομών των καυσαερίων. Είναι επίσης σημαντικό να προσαρμόζονται οι ρυθμίσεις του συστήματος κατάλληλα κατά την αλλαγή της πρώτης ύλης ή την επανεκκίνηση του συστήματος.

Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας [51] αποτελούν κρίσιμο στοιχείο στην ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς επιτρέπουν την αποθήκευση περίσσειας ενέργειας για μελλοντική χρήση. Η χρήση μπαταριών, ειδικά των μπαταριών ιόντων λιθίου, έχει επικρατήσει λόγω της αξιοπιστίας, της αποτελεσματικότητας και της οικονομικής τους προσιτότητας. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να αποθηκεύσουν την παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια και να την απελευθερώσουν όταν απαιτείται, συμβάλλοντας έτσι στην αποτροπή των αστάθειων που μπορεί να προκύψουν από τη μεταβλητή φύση αυτών των πηγών ενέργειας [52]. Ωστόσο, εκτός από τις μπαταρίες, υπάρχουν επίσης συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας που αποθηκεύουν την περίσσεια θερμικής ενέργειας που παράγεται από ηλιακά θερμικά συστήματα. Αυτά τα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης ή βιομηχανικές διεργασίες, προσφέροντας έτσι ευελιξία και αποδοτική χρήση της παραγόμενης θερμότητας. Τα υλικά αλλαγής φάσης (PCM) είναι υλικά που μπορούν να αποθηκεύουν και να απελευθερώνουν θερμική ενέργεια καθώς αλλάζουν από μια φάση σε μια άλλη, όπως από στερεά σε υγρή και αντίστροφα.

Αυτά τα υλικά χρησιμοποιούνται σε παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης και ενεργειακά αποδοτικά κτίρια για την αποθήκευση και διανομή θερμότητας.

Με τη χρήση υφασμάτων που περιέχουν PCM σε οροφές, μπορεί να επιτευχθεί αυξημένη θερμομόνωση. Τα υλικά αλλαγής φάσης απορροφούν την περισσότερη θερμότητα κατά την ημέρα και μπορούν να επαναφορτιστούν κατά τη διάρκεια της νύχτας με τη χρήση ψύξης. Ένα ειδικό σύστημα πάνελ με PCM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της θερμικής αντίστασης τοίχων ελαφριάς κατασκευής. Αυτό το πάνελ περιλαμβάνει κυψέλες που είναι κατασκευασμένες από ενισχυμένο υλικό κλωστοϋφαντουργίας και γεμίζονται με PCM. Η ποσότητα του PCM που περιέχεται στο πάνελ αντιστοιχεί σε θερμική αποθήκευση 700 kJ. Μετασχηματίζεται ότι η χρήση αυτού του πάνελ μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας που φτάνει το 20%.

Συστήματα συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP)

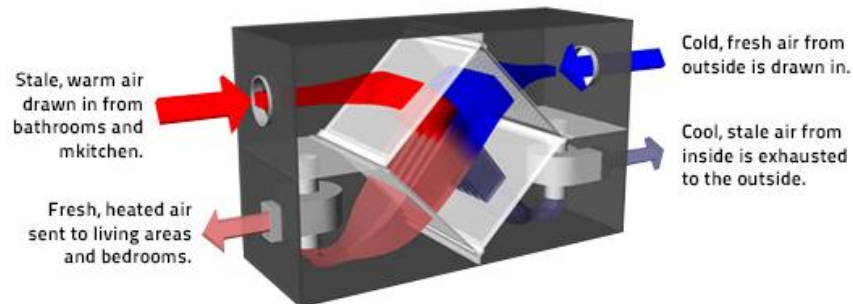
Τα συστήματα Συνδυασμένης Θερμότητας και Ισχύος (Combined Heat and Power - CHP) [53] αποτελούν σημαντικό εργαλείο στον τομέα της ενέργειας λόγω της δυνατότητάς τους να παράγουν ταυτόχρονα θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια. Η αξιοποίηση της θερμότητας που παράγεται κατά τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τη μείωση των απωλειών και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Τα CHP συστήματα είναι επίσης ευέλικτα ως προς τα καύσιμα που χρησιμοποιούν και μπορούν να λειτουργήσουν με φυσικό αέριο, πετρέλαιο, βιοαέριο και βιομάζα, δίνοντας τη δυνατότητα προσαρμογής στις τοπικές συνθήκες και τις διαθέσιμες πηγές καυσίμων, προάγοντας τη βιωσιμότητα και τη μείωση των εκπομπών CO₂. Επιπλέον, η δυνατότητα λειτουργίας των CHP συστημάτων σε διάφορες κλίμακες, από μικρής έως μεγάλης, τα καθιστά κατάλληλα για διάφορες εφαρμογές, από μικρές εγκαταστάσεις έως ολόκληρα δίκτυα, επιτρέποντας τους να προσφέρουν ευέλικτες λύσεις για τις ανάγκες ενέργειας σε διάφορους τομείς, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποδοτικότητας στην παραγωγή ενέργειας.

Συστήματα αερισμού ανάκτησης θερμότητας (HRV)

Τα συστήματα αερισμού ανάκτησης θερμότητας (HRV) [54] αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και τη διατήρηση υψηλής ποιότητας αέρα μέσα σε αυτά. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανταλλαγή αέρα μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα ανακτούν τη θερμότητα που περιέχεται στον εξερχόμενο αέρα. Το HRV σύστημα λειτουργεί απορροφώντας αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον και τον μεταφέρει μέσα στο κτίριο, ενώ παράλληλα αναρροφά αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου. Αυτός ο αέρας περνά από έναν εναλλάκτη θερμότητας, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από τον εξερχόμενο αέρα στον εισερχόμενο αέρα χωρίς να αναμειγνύονται τα δύο αέρια μεταξύ τους. Αυτή η διαδικασία εξοικονομεί ενέργεια, καθώς η θερμότητα δεν χάνεται αλλά χρησιμοποιείται για να ζεστάνει τον εισερχόμενο αέρα. Στη συνέχεια, ο ζεστός εισερχόμενος αέρας κυκλοφορεί στον χώρο του κτιρίου, αντικαθιστώντας τον εξερχόμενο αέρα και διατηρώντας τη θερμότητα εντός του κτιρίου. Τα συστήματα HRV βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και

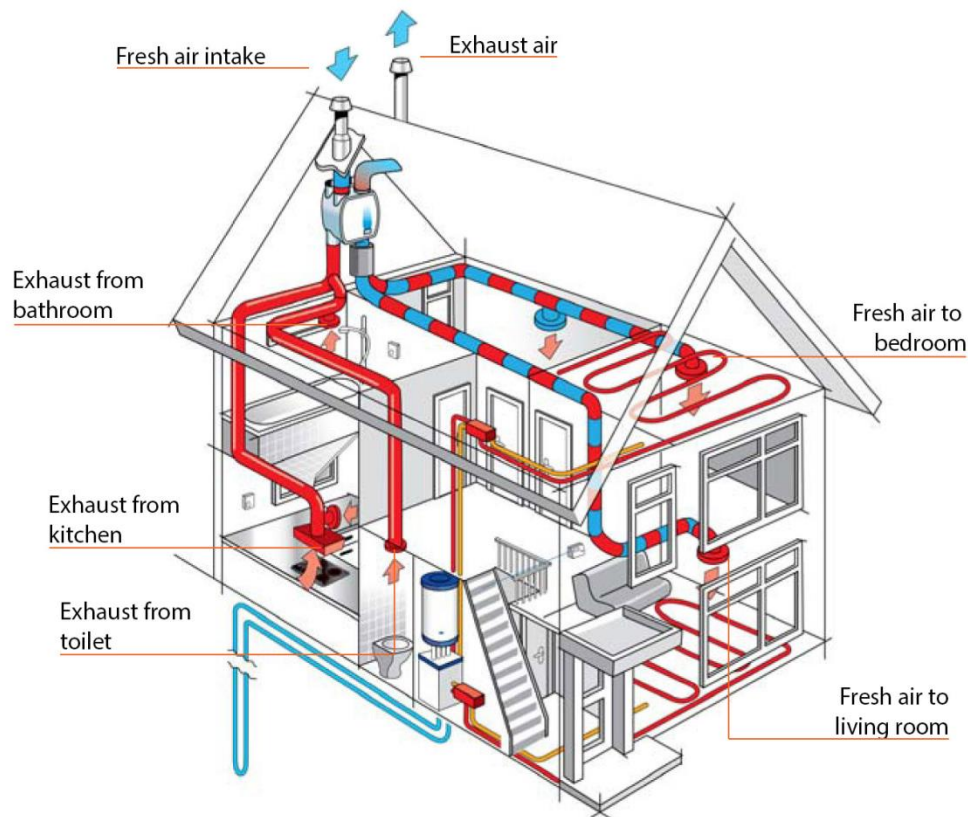
εξασφαλίζουν ένα υγιές και άνετο περιβάλλον εντός του κτιρίου, κάνοντας τα ιδανικά για χρήση σε κατοικίες και επιχειρηματικούς χώρους.

Εικ.29: Τρόπος Λειτουργίας HRV συστήματος



Τα HRV συστήματα είναι χρήσιμα για τη διατήρηση καλής ποιότητας αέρα εντός του κτιρίου, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τις απώλειες ενέργειας που συνήθως συμβαίνουν με την ανταλλαγή αέρα σε παραδοσιακά συστήματα αερισμού. Είναι ειδικά χρήσιμα σε κλίματα όπου οι θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα μπορεί να είναι πολύ χαμηλές και η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα είναι επιθυμητή για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Εικ.30: Σωληνώσεις για λειτουργία HRV συστήματος



4. Συνδυασμός KNX με ΑΠΕ

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών KNX με τις ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) στα κτίρια είναι ένα μεγάλο βήμα προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αυτονομίας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Αυτό το κεφάλαιο αποσκοπεί στην ανάλυση του σκοπού και της σημασίας του συνδυασμού αυτών των τεχνολογιών στα κτίρια, εξετάζοντας τις θετικές επιδράσεις τους στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, την περιβαλλοντική προστασία και την οικονομική αποδοτικότητα των κτιρίων. Αναλύονται επίσης οι τρόποι με τους οποίους η ένταξη των ΑΠΕ στο σύστημα KNX μπορεί να συμβάλει στην αυτοματοποίηση της ενέργειας και στη βελτιστοποίηση της διαχείρισής της, δημιουργώντας ένα πιο έξυπνο και βιώσιμο περιβάλλον για τους χρήστες των κτιρίων.

Ο σκοπός και η σημασία του συνδυασμού των τεχνολογιών KNX και ΑΠΕ στα κτίρια είναι κρίσιμοι για τη δημιουργία πιο αποδοτικών, οικολογικά φιλικών και οικονομικά βιώσιμων κτιρίων [55]. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών έχει ως στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, την αύξηση της αυτονομίας τους από τα παραδοσιακά δίκτυα ενέργειας και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόδοσης. Μέσω του συνδυασμού KNX και ΑΠΕ, τα κτίρια μπορούν να επιτύχουν μείωση του κόστους ενέργειας, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως το ηλιακό και το αιολικό μπορούν να παρέχουν φθηνότερη ενέργεια σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές [56]. Επίσης, ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών βοηθά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ επιτρέπει στα κτίρια να γίνουν πιο αυτόνομα ενεργειακά, καθώς μπορούν να παράγουν και να διαχειρίζονται τη δική τους ενέργεια, μειώνοντας τον κίνδυνο διακοπής ρεύματος και ενισχύει την επιβίωση των κτιρίων κατά περιόδους κρίσης ή καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX

Μέσω της ένταξης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, να προγραμματίζουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και να βελτιστοποιούν τη χρήση της παραγόμενης ενέργειας, οδηγώντας σε μείωση του κόστους ενέργειας και σε μεγαλύτερη αυτονομία ενέργειας για το κτίριο, καθώς και σε μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, η ένταξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX μπορεί να βοηθήσει στη διαμόρφωση ενός έξυπνου και αποδοτικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας για το κτίριο, βελτιώνοντας έτσι την ενεργειακή του απόδοση και προωθώντας την υιοθέτηση πιο βιώσιμων πρακτικών.

Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο σύστημα KNX επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ειδικών αισθητήρων, μετρητών και συσκευών ελέγχου. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μετατρέπεται σε ρεύμα, και

στη συνέχεια αυτό μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση μετρητών ηλεκτρισμού και να συνδεθεί στο σύστημα KNX μέσω κατάλληλων διασυνδέσεων. Τα δεδομένα από τους μετρητές μπορούν να αναγνωστούν από το σύστημα KNX και να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της παραγωγής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την απόδοση των φωτοβολταϊκών τους συστημάτων μέσω του συστήματος KNX και να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη χρήση και τη διαχείριση της ενέργειας, ενώ επίσης, μπορούν να προγραμματίσουν αυτοματισμούς για τη βέλτιστη εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας, όπως για παράδειγμα τη φόρτιση των αποθηκευτικών συστημάτων ενέργειας όταν η παραγωγή είναι υψηλή.

Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX προσφέρει πολλά οφέλη και πλεονεκτήματα. Καταρχάς, παρέχει αυτονομία και ενεργειακή ανεξαρτησία στα κτίρια, καθώς μπορούν να παράγουν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο, οδηγώντας σε αυτονομία από τα παραδοσιακά δίκτυα ενέργειας και ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία του κτιρίου. Επιπλέον, η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνει το κόστος ενέργειας του κτιρίου σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, συμβάλλοντας σημαντικά στην εξοικονόμηση κόστους για τους ιδιοκτήτες ή τους ενοικιαστές. Επιπλέον, η χρήση φωτοβολταϊκών ενισχύει την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του κτιρίου, καθώς μειώνει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η έξυπνη διαχείριση της ενέργειας μέσω του KNX σε συνδυασμό με τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί επίσης να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου καθώς με την ανάλυση και τον έλεγχο της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας, είναι δυνατόν να επιτευχθεί βέλτιστη χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα εφαρμογών και λειτουργικότητας της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX [57] που μπορούν να επιτευχθούν για την αποδοτική χρήση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ένα παράδειγμα είναι η αυτόματη ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας ανάλογα με την παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά συστήματα γιατί μέσω του KNX, το κτίριο μπορεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει συγκεκριμένες συσκευές ή φορτία όταν η παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά είναι υψηλή ή χαμηλή. Για παράδειγμα, η κλιματιστική μονάδα μπορεί να απενεργοποιηθεί αυτόματα όταν δεν υπάρχει αρκετή παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η αυτόματη φόρτιση αποθηκευτικών συστημάτων ενέργειας, όπως μπαταρίες, όταν η παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά είναι υψηλή και η κατανάλωση χαμηλή, επιτρέποντας στο κτίριο να αποθηκεύει την περισσότερη ενέργεια που παράγεται κατά τις περιόδους χαμηλής κατανάλωσης για χρήση σε περιόδους υψηλής κατανάλωσης ή κατά τις νυχτερινές ώρες. Επιπλέον, το KNX μπορεί να παρέχει αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας στους χρήστες, επιτρέποντάς τους να παρακολουθούν την απόδοση του συστήματος και να λαμβάνουν αποφάσεις που αφορούν την ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου με βάση τα δεδομένα που παρέχονται.

Βελτιστοποίηση της χρήσης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας με το KNX

Η βελτιστοποίηση της χρήσης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας μέσω του KNX παρέχει τη δυνατότητα για αποτελεσματική διαχείριση και εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια. Αυτό πραγματοποιείται μέσω διαφόρων λειτουργιών και δυνατοτήτων που παρέχει το KNX [58]. Η ευέλικτη παραγωγή ενέργειας επιτρέπει την προσαρμογή της ενεργειακής παραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες και τις συνθήκες. Μέσω του KNX, οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τις καιρικές συνθήκες και την παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές, όπως η ηλιακή και αιολική ενέργεια, επιτρέποντας στο σύστημα να αυξάνει ή να μειώνει αυτόματα την παραγωγή ενέργειας ανάλογα με τις συνθήκες, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας το κόστος ενέργειας για το κτίριο. Επιπλέον, η ευέλικτη παραγωγή ενέργειας συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και στην προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η αυτοματοποίηση και ο έλεγχος στο πλαίσιο του KNX αναφέρεται στη δυνατότητα παρακολούθησης και ρύθμισης των ενεργειακών συστημάτων σε ένα κτίριο με αυτόματο τρόπο. Μέσω των αισθητήρων και των συσκευών που είναι συνδεδεμένα στο σύστημα KNX, επιτυγχάνεται η συλλογή δεδομένων σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση και παραγωγή, καθώς και η αυτόματη ρύθμιση των συστημάτων για βέλτιστη απόδοση. Μέσω της αυτοματοποίησης και του ελέγχου, το σύστημα KNX μπορεί να προγραμματίζει τη λειτουργία των φορτίων και των συσκευών με βάση τις καιρικές συνθήκες, την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και τις ανάγκες του χρήστη, επιτρέποντας την αυτόματη προσαρμογή της κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο, βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση και μειώνοντας το κόστος λειτουργίας [59]. Τέλος, η αυτοματοποίηση επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχο των συστημάτων, προσφέροντας άνεση και ασφάλεια στους κατοίκους του κτιρίου.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο του KNX προκύπτει από την αυτοματοποίηση και την ευέλικτη διαχείριση των ενεργειακών συστημάτων στο κτίριο. Μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σχετικά με την κατανάλωση και την παραγωγή ενέργειας, το σύστημα KNX μπορεί να προσδιορίζει τα σημεία όπου μπορεί να γίνει εξοικονόμηση και να λαμβάνει αποφάσεις για την βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας. Με την αυτοματοποίηση των ενεργειακών συστημάτων, το KNX επιτρέπει την προγραμματισμένη λειτουργία των φορτίων και των συσκευών με βάση τις ανάγκες και τις συνθήκες, αποφεύγοντας την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και ελέγχου των συστημάτων επιτρέπει στους χρήστες να λαμβάνουν άμεσα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας, όταν απαιτείται. Με την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του KNX, επιτυγχάνεται μείωση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου άρα και της αειφορίας του περιβάλλοντος.

Συνεπώς η αυτοματοποίηση και ο έλεγχος των συσκευών και συστημάτων ΑΠΕ μέσω του KNX [60] επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας σε ένα κτίριο. Μέσω της σύνδεσης των φωτοβολταϊκών ή αιολικών συστημάτων στο σύστημα KNX, επιτυγχάνεται ο

συγχρονισμός της παραγωγής ενέργειας με τις ανάγκες του κτιρίου, επιτρέποντας την αυτόματη προσαρμογή της λειτουργίας των συσκευών και συστημάτων στις μεταβαλλόμενες συνθήκες, με στόχο τη μέγιστη δυνατή απόδοση και αποτελεσματικότητα. Μέσω του KNX, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν την παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ συστοιχίες, καθώς και την κατανάλωση ενέργειας από τις συσκευές στο κτίριο. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, το σύστημα KNX μπορεί να λαμβάνει αυτόματες αποφάσεις για την ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, ρυθμίζοντας τη λειτουργία των συσκευών ώστε να εξοικονομείται ενέργεια και να μειώνονται οι λειτουργικές δαπάνες, ακόμα υπάρχει παροχή πληροφοριών σχετικά με την απόδοση των ΑΠΕ συστημάτων και την ενεργειακή κατανάλωση, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα για τη λήψη αποφάσεων που θα ενισχύουν την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου.

Τέλος, ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ πηγές ενέργειας προσφέρει οικονομικά οφέλη και παράλληλα συμβάλλει στην περιβαλλοντική αειφορία. Από οικονομικής άποψης, η χρήση του KNX σε συνδυασμό με τις ΑΠΕ πηγές ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές εξοικονομήσεις στο κόστος ενέργειας. Οι αυτόματες ρυθμίσεις και ο έλεγχος της ενεργειακής κατανάλωσης βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση των λειτουργικών δαπανών του κτιρίου. Ακόμα, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά συστήματα μπορεί να μειώσει το κόστος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές καύσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες συνήθως συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και στην ανθρώπινη επιβάρυνση. Επίσης συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα του κτιρίου, προωθώντας τη βιώσιμη χρήση της ενέργειας και συμβάλλει στη δημιουργία περιβαλλοντικά φιλικών κτιρίων.

Σχέδια και μελλοντικοί στόχοι

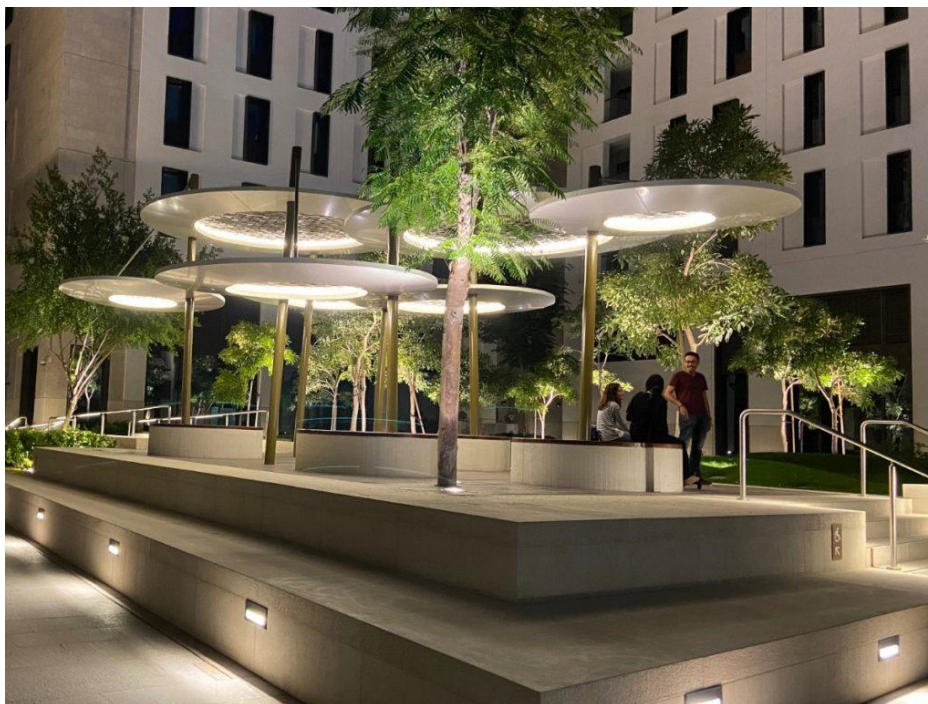
Οι πιθανές τεχνολογικές καινοτομίες στον τομέα του συνδυασμού KNX με τις ΑΠΕ είναι αναπόσπαστο μέρος της εξέλιξης του ενεργειακού τομέα και των έξυπνων κτιρίων. Η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα έχει ως στόχο τη βελτίωση της απόδοσης, της αξιοπιστίας και της ευελιξίας του συνδυασμού των δύο αυτών τεχνολογιών. Μερικές από τις πιθανές τεχνολογικές καινοτομίες θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Τα εξελιγμένα συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης αποτελούν πολύ σημαντικό στοιχείο στον τομέα του συνδυασμού του KNX με τις ΑΠΕ πηγές ενέργειας και χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη μέτρηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και για τη διαχείριση των διαφόρων συστημάτων και συσκευών που συνδέονται με το σύστημα KNX. Τα εξελιγμένα συστήματα μέτρησης μπορούν επίσης να παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την απόδοση των φωτοβολταϊκών ή αιολικών συστημάτων, καθώς και την κατανάλωση ενέργειας από τις συσκευές εντός του κτιρίου. Αυτή η λεπτομερής παρακολούθηση βοηθά στο να γίνουν πιο ακριβείς υπολογισμοί και αναλύσεις σχετικά με την ενεργειακή απόδοση και την απόδοση επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα μπορούν να επιτρέπουν την προγραμματισμένη λειτουργία και τον έλεγχο των συσκευών και των συστημάτων στο κτίριο, βάσει διαφόρων παραμέτρων όπως η καιρική πρόβλεψη, η ζήτηση

ενέργειας και οι ρυθμίσεις του χρήστη, επιτρέποντας την αυτόματη προσαρμογή της λειτουργίας του συστήματος KNX στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και ανάγκες, με στόχο τη μέγιστη δυνατή απόδοση και ενεργειακή αποδοτικότητα.

Οι αλγόριθμοι ευφυούς διαχείρισης ενέργειας αποτελούν σημαντικό μέρος του συνδυασμού του KNX με τις ΑΠΕ, καθώς βοηθούν στην αυτόματη προσαρμογή της λειτουργίας του συστήματος σε πραγματικό χρόνο, με βάση διάφορες παραμέτρους και συνθήκες. Οι αλγόριθμοι αυτοί εφαρμόζονται σε πολλά επίπεδα του KNX, από τον έλεγχο των φωτοβολταϊκών ή αιολικών συστημάτων έως τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι αλγόριθμοι αυτοί λαμβάνουν υπόψη τους πολλές παραμέτρους, όπως η παροχή ενέργειας από τις ΑΠΕ πηγές, οι καιρικές συνθήκες, η ζήτηση ενέργειας του κτιρίου και οι προτιμήσεις του χρήστη. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, οι αλγόριθμοι λαμβάνουν αποφάσεις για το πώς να βελτιστοποιήσουν τη χρήση της ενέργειας, προσαρμόζοντας τη λειτουργία των συστημάτων KNX και της συσκευών στο κτίριο. Μερικά παραδείγματα αλγορίθμων ευφυούς διαχείρισης ενέργειας περιλαμβάνουν τη δυναμική ρύθμιση του φωτισμού και της θέρμανσης σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη και τις καιρικές συνθήκες, την αυτόματη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συσκευών ανάλογα με την παροχή ενέργειας από τις ΑΠΕ πηγές, και την προγραμματισμένη φόρτιση και εκφόρτιση μπαταριών αποθήκευσης ενέργειας βάσει των αναμενόμενων καιρικών συνθηκών και της διαθεσιμότητας ενέργειας από τις ΑΠΕ πηγές. Με την εφαρμογή αυτών των αλγορίθμων, επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απόδοση και αποτελεσματικότητα στη χρήση της ενέργειας, μειώνοντας το κόστος και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου.

Εικ.31: KNX project - automate



Η ενεργειακή αποθήκευση και η χρήση μπαταριών επιτρέπουν την αποθήκευση της υπερβολικής ενέργειας που παράγεται από τις ΑΠΕ συστοιχίες για μετέπειτα χρήση, βελτιώνοντας έτσι την αυτονομία και την ευελιξία του συστήματος. Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να περιλαμβάνουν διάφορες μορφές, όπως μπαταρίες λιθίου, υδρογόνο, θερμικές αποθήκες ενέργειας και άλλες. Οι μπαταρίες αποθήκευσης λιθίου, για παράδειγμα, είναι δημοφιλείς λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας τους και της μακράς διάρκειας ζωής, ενώ οι συστοιχίες υδρογόνου παρέχουν μεγάλη αποθηκευτική δυνατότητα και δυνατότητα εκφόρτισης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας με γρήγορο ρυθμό. Η ενεργειακή αποθήκευση και οι μπαταρίες επιτρέπουν την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τις ΑΠΕ συστοιχίες και τη χρήση της κατά τις περιόδους αιχμής ζήτησης ή όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ πηγές, όπως τη νύχτα ή κατά τη διάρκεια συνεφιασμένων ημερών, επιτρέποντας τη μέγιστη δυνατή χρήση της διαθέσιμης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, μειώνοντας την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Ακόμα, οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση και την αξιοπιστία του συστήματος KNX, εξασφαλίζοντας τη σταθερή παροχή ενέργειας ακόμη και κατά την απώλεια σύνδεσης με το δίκτυο ή την αποτυχία των ΑΠΕ συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, η ενεργειακή αποθήκευση σε συνδυασμό με το σύστημα KNX συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση των λειτουργικών δαπανών του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και τη διατήρηση ενός βιώσιμου περιβάλλοντος. Τέλος, η χρήση διαδικτυακών τεχνολογιών και συσκευών IoT (Internet of Things) μπορεί να επιτρέψει την ασύρματη επικοινωνία και διαχείριση των συσκευών και συστημάτων KNX, βελτιώνοντας τη συνολική λειτουργικότητα και ευελιξία του συστήματος.

Η ολοκληρωμένη χρήση ΑΠΕ σε συστήματα KNX αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις, αλλά υπάρχουν και πιθανές λύσεις που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωσή της. Αναλύοντας αυτές τις προκλήσεις και πιθανές λύσεις, μπορούν να εντοπιστούν τα παρακάτω. Η ασυμβατότητα και οι διαφορετικές τεχνικές προδιαγραφές αποτελούν σημαντική πρόκληση στην ολοκληρωμένη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε συστήματα KNX. Κάθε σύστημα ΑΠΕ και KNX μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικά πρότυπα επικοινωνίας, διαφορετικά πρωτόκολλα και διαφορετικές μορφές δεδομένων, κάτι που δυσχεραίνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωσή τους. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, απαιτείται η ανάπτυξη προτύπων επικοινωνίας και διασύνδεσης που θα είναι κοινά αποδεκτά από τα διάφορα συστήματα. Η επικοινωνία με χρήση ανοικτών πρωτοκόλλων και προτύπων, όπως το BACnet, το KNXnet/IP και το Modbus, μπορεί να διευκολύνει τη συμβατότητα μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων. Ακόμα, η ανάπτυξη ενδιάμεσων λύσεων ενδυναμώνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων. Τα γέφυρες επικοινωνίας και οι ενδιάμεσοι ελεγκτές μπορούν να λειτουργήσουν ως μεταφραστές μεταξύ των διαφορετικών πρωτοκόλλων, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των συστημάτων που αρχικά δεν συνεργάζονταν. Επιπλέον, η ενθάρρυνση των κατασκευαστών και των παραγωγών να υιοθετήσουν κοινά πρότυπα και πρωτόκολλα επικοινωνίας μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ασυμβατότητας και την ενίσχυση της συνοχής στον τομέα των ΑΠΕ

και του KNX. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στη δημιουργία ενός πιο ενιαίου και αποδοτικού περιβάλλοντος όπου οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενσωματώνονται ομαλά σε έξυπνα κτίρια..

Η αστάθεια και η μεταβλητότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, αποτελούν σημαντική πρόκληση στην ολοκληρωμένη χρήση τους σε συστήματα KNX, με την παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες και τους φυσικούς περιορισμούς τους, όπως οι ηλιοφάνεια, οι άνεμοι και η θερμοκρασία. Η αστάθεια αυτών των πηγών μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτες διακυμάνσεις στην παραγωγή ενέργειας, κάτι που μπορεί να δυσκολέψει την αποτελεσματική προγραμματισμένη λειτουργία των συστημάτων KNX. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, ένα σημαντικό βήμα είναι η ενσωμάτωση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες ή αποθηκευτές θερμότητας, στα συστήματα KNX. Αυτό επιτρέπει την αποθήκευση της υπερβολικής ενέργειας που παράγεται κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης ή όταν οι ΑΠΕ πηγές παράγουν περισσότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται, προκειμένου να καλυφθούν οι αιχμές ζήτησης ή οι περίοδοι αστάθειας στην παραγωγή. Επιπλέον, η χρήση προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης και ελέγχου μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση της αστάθειας των ΑΠΕ πηγών. Με τη χρήση δεδομένων και μοντέλων πρόβλεψης καιρού, μπορεί να γίνει αντιληπτή η παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ πηγές, επιτρέποντας στα συστήματα KNX να προσαρμόζονται προκειμένου να ανταποκριθούν στις μεταβλητές συνθήκες και να εξασφαλίσουν τη σταθερή παροχή ενέργειας.

Η οικονομική απόδοση αναφέρεται στην αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της επένδυσης σε συστήματα KNX [61] που ενσωματώνουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Η αξιολόγηση της οικονομικής απόδοσης περιλαμβάνει τη συνολική ανάλυση του κόστους, των εξόδων λειτουργίας και των οφελών που προκύπτουν από την εφαρμογή τους. Κάποια σημαντικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση της οικονομικής απόδοσης των συστημάτων KNX με ΑΠΕ περιλαμβάνουν το κόστος εγκατάστασης, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση των λογαριασμών ενέργειας και την αύξηση της αξίας του ακινήτου. Συνολικά, η οικονομική απόδοση των συστημάτων KNX με ΑΠΕ εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος και των οφελών που παρέχει στους χρήστες. Τα πλεονεκτήματα σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα χρόνου, όπως η μείωση των λογαριασμών ενέργειας και η αύξηση της αξίας του ακινήτου, μπορεί να υπερνικήσουν τον αρχικό επενδυτικό φόρτο.

Η επικοινωνία και η εκπαίδευση των κατοίκων και των χρηστών είναι ουσιώδης για την κατανόηση της λειτουργίας των συστημάτων KNX και την αποτελεσματική τους χρήση καθώς μέσω της κατάλληλης επικοινωνίας και εκπαίδευσης, οι κάτοικοι μπορούν να ενημερωθούν σχετικά με τα οφέλη της χρήσης ΑΠΕ και των συστημάτων KNX, καθώς και να εκμεταλλευτούν πλήρως τις δυνατότητες που προσφέρουν. Επιπλέον, η συνεχής επικοινωνία μεταξύ των χρηστών και των τεχνικών ομάδων υποστήριξης είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική λειτουργία και τη συντήρηση των συστημάτων. Η διαρκής ενημέρωση σχετικά με τυχόν προβλήματα λειτουργίας ή βελτιώσεις μπορεί να συμβάλει στην ταχεία επίλυση προβλημάτων και στη βελτίωση της

εμπειρίας των χρηστών. Τέλος, η διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος που ενθαρρύνει τη συνεχή εκπαίδευση και επικοινωνία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη ευαισθητοποίηση και δέσμευση των χρηστών αναφορικά με τη βιώσιμη χρήση της ενέργειας και την υιοθέτηση πρακτικών που συμβάλλουν στη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος.

Με την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την υιοθέτηση των προτεινόμενων λύσεων, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μία πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική χρήση των ΑΠΕ σε συστήματα KNX, συμβάλλοντας έτσι στην ενίσχυση της βιωσιμότητας και της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

5. Ενεργειακή Διαχείριση με KNX

Η ενεργειακή διαχείριση είναι απαραίτητη για τη βιωσιμότητα και την αποτελεσματική λειτουργία κτιρίων και κτιριακών συστημάτων καθώς με τη συνεχή αύξηση του ενεργειακού κόστους και της ευαισθητοποίησης στα θέματα της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, η ανάγκη για αποτελεσματικές λύσεις διαχείρισης ενέργειας είναι πιο επίκαιρη από ποτέ. Σε αυτό το πλαίσιο, ο συνδυασμός του συστήματος KNX με την ενεργειακή διαχείριση αναδεικνύεται ως ένα ισχυρό εργαλείο για τη μέτρηση, τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε κτίρια και εγκαταστάσεις. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί πώς το σύστημα KNX μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση και την ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης, τις εφαρμογές που μπορούν να εφαρμοστούν για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και πώς ο συνδυασμός με το KNX επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ακόμα, θα παρουσιαστούν πιθανές προκλήσεις και λύσεις προκειμένου να βελτιωθεί η ολοκληρωμένη χρήση των ΑΠΕ σε συστήματα KNX.

Παρακολούθηση και η ανάλυση

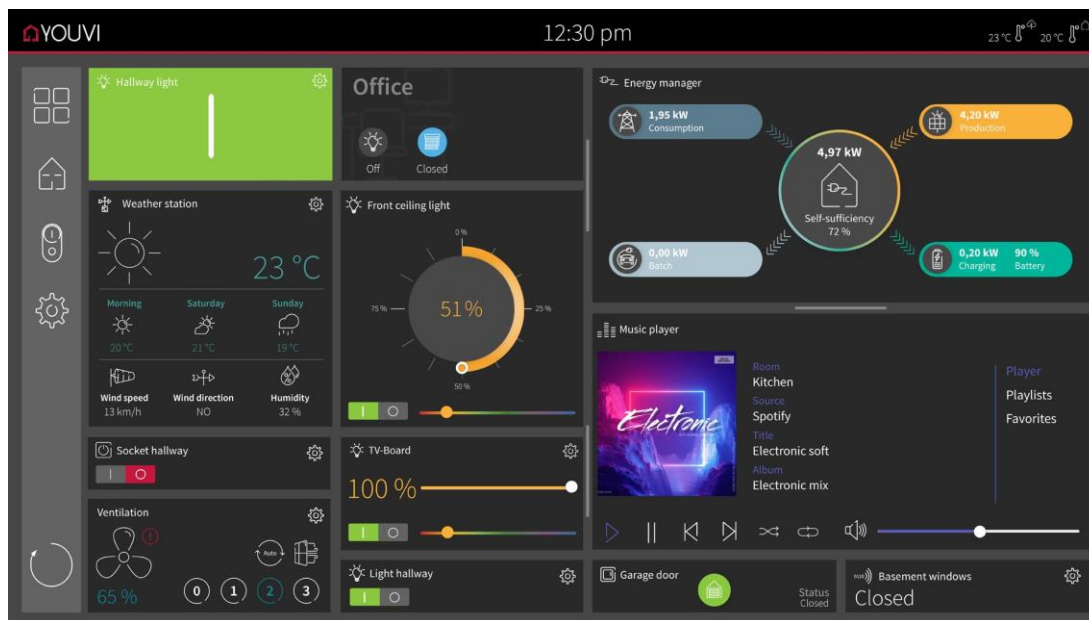
Η παρακολούθηση και η ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης αποτελούν σημαντικές διαδικασίες για την αποτελεσματική ενεργειακή διαχείριση. Μέσω του συστήματος KNX, είναι δυνατή η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και η συλλογή δεδομένων για την ανάλυση των ενεργειακών προτύπων και των συμπεριφορών του κτιρίου [62]. Επίσης, είναι δυνατή η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και η συλλογή δεδομένων για την ανάλυση των ενεργειακών προτύπων και των συμπεριφορών του κτιρίου. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή των ενεργειακών συστημάτων σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Μέσω του KNX, επίσης, είναι δυνατή η ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, προκειμένου να αναγνωριστούν τα πρότυπα κατανάλωσης και να προβλεφθούν μελλοντικές ανάγκες και τάσεις. Αυτή η γνώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης και την εφαρμογή στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι εφαρμογές που σχεδιάζονται για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω του KNX καλύπτουν μια ευρεία γκάμα λειτουργιών και ενεργειών. Μέσω του συστήματος KNX, είναι δυνατό να προγραμματιστούν έξυπνοι αλγόριθμοι [63] και λειτουργίες που αξιοποιούν τις πληροφορίες που παρέχει η παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Με αυτόν τον τρόπο, εφαρμόζονται αποτελεσματικές στρατηγικές για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς να μειώνεται η άνεση ή η λειτουργικότητα των κτιρίων. Μερικές από τις εφαρμογές περιλαμβάνουν το προγραμματισμό της αυτόματης απενεργοποίησης των φώτων ή της κλιματιστικής συσκευής όταν δεν υπάρχει κίνηση ή όταν η θερμοκρασία είναι ήδη ανεκτή. Επίσης, οι εφαρμογές μπορούν να περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό της θέρμανσης και του ψύξης σύμφωνα με το πρόγραμμα και τις προτιμήσεις των κατοίκων, τη διαχείριση του φωτισμού με τη χρήση αισθητήρων φωτός,

και την αυτόματη ρύθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης σύμφωνα με τις εξωτερικές και εσωτερικές συνθήκες.

Ο συνδυασμός του KNX με την ενεργειακή απόδοση επιφέρει σημαντικές επιδράσεις στην ολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Μέσω της αυτοματοποίησης και του εξυπνότερου ελέγχου των συσκευών και των συστημάτων, επιτυγχάνεται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Αυτό συμβαίνει μέσω της ακριβούς ρύθμισης των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες του χώρου, αλλά και μέσω της αυτόματης προσαρμογής των ενεργειακών ενεργειών σε περιβαλλοντικές συνθήκες και χρήστες. Ακόμα, η δυνατότητα παρακολούθησης και ανάλυσης της ενεργειακής κατανάλωσης παρέχει σημαντική ενημέρωση και επιτρέπει τη λήψη αποφάσεων που οδηγούν σε βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων οδηγεί σε ολοκληρωμένη και αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας, μείωση των ενεργειακών απωλειών και βελτίωση της οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης του κτιρίου.

Εικ.32: KNX smart home

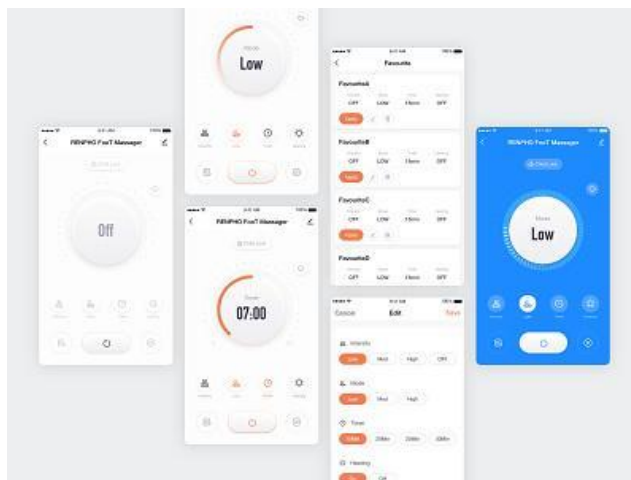


Μέσω της αυτοματοποιημένης ρύθμισης των συσκευών, το KNX μπορεί να προσαρμόσει αυτόματα τις συσκευές βάσει των παραμέτρων που ορίζονται, όπως η θερμοκρασία, η φωτεινότητα, η ώρα της ημέρας και άλλοι παράγοντες, επιτυγχάνοντας τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η μείωση των απωλειών ενέργειας. Η αυτοματοποιημένη ρύθμιση επιτρέπει επίσης την ευέλικτη προσαρμογή των συσκευών σύμφωνα με τις αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας, όπως η παρουσία ή η απουσία ανθρώπων σε ένα δωμάτιο ή η μεταβολή των καιρικών συνθηκών, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη χρήση της ενέργειας, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται η απόλυτη άνεση και ευημερία των χρηστών. Τέλος, η αυτοματοποιημένη ρύθμιση συμβάλλει στη μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης και στην αύξηση της αποδοτικότητας του κτιριακού

συστήματος, καθιστώντας το KNX έναν αποτελεσματικότερο τρόπο διαχείρισης της ενέργειας σε σύγχρονα κτίρια.

Η ολοκληρωμένη πλατφόρμα διαχείρισης ενέργειας αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο που ενσωματώνει διάφορες εφαρμογές και πλατφόρμες για την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας σε κτίρια, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον όπου οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν, να ελέγχουν και να διαχειρίζονται την ενέργεια του κτιρίου με μια ενιαία διεπαφή. Μέσω αυτής της πλατφόρμας, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, να λαμβάνουν αναλύσεις και αναφορές σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και να προβαίνουν σε βελτιώσεις στη λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων. Η πλατφόρμα επίσης παρέχει δυνατότητες για την προγραμματισμένη λειτουργία των συσκευών και των συστημάτων, βάσει του χρόνου, της ημέρας ή των προκαθορισμένων συνθηκών λειτουργίας. Επιπλέον, η ολοκληρωμένη πλατφόρμα διαχείρισης ενέργειας επιτρέπει την ενσωμάτωση επιπλέον λειτουργιών όπως η αυτόματη προγραμματισμένη λειτουργία των συσκευών, οι λειτουργίες ειδοποίησης και προειδοποίησης σε περίπτωση ενεργειακών ανωμαλιών, και η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και ελέγχου του συστήματος από κινητές συσκευές. Ως αποτέλεσμα, η πλατφόρμα επιτρέπει μια ολοκληρωμένη και εξειδικευμένη διαχείριση της ενέργειας, προσφέροντας ταυτόχρονα ευελιξία και ευκολία στους χρήστες.

Εικ.33: Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σπιτιού



Τα συστήματα ειδοποίησης και προειδοποίησης σχεδιάζονται για να εντοπίζουν ανωμαλίες ή προβλήματα στο σύστημα ενέργειας του κτιρίου και να ειδοποιούν τους χρήστες για να λάβουν αντίστοιχα μέτρα. Μέσω των συστημάτων ειδοποίησης και προειδοποίησης, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν άμεσες ειδοποιήσεις μέσω κινητών τηλεφώνων, email ή άλλων μέσων επικοινωνίας σε περίπτωση ανωμαλιών στην ενεργειακή κατανάλωση, δυσλειτουργιών συσκευών ή ανεπιθύμητων καταστάσεων στο σύστημα KNX, επιτρέποντας στους χρήστες να αντιδρούν γρήγορα και αποτελεσματικά σε ενδεχόμενες ανωμαλίες, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο πιθανών ζημιών ή απώλειας ενέργειας. Μάλιστα, η ενσωμάτωση των συστημάτων ειδοποίησης και προειδοποίησης στο σύστημα KNX βελτιώνει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της ενεργειακής

διαχείρισης, επιτρέποντας στους χρήστες να λαμβάνουν έγκαιρα μέτρα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση ενδεχόμενων προβλημάτων [64].

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενισχύει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και μειώνει την εξάρτηση από παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Μέσω της διαχείρισης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με το KNX, οι χρήστες μπορούν να βελτιστοποιούν τη χρήση αυτών των πόρων σύμφωνα με τις ανάγκες τους και τις καιρικές συνθήκες. Τέλος, η εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλει στη μείωση του κόστους ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προωθώντας την αειφορία και την προστασία του περιβάλλοντος [65].

Ανακεφαλαίωση

Στη συνολική ανάλυση του κεφαλαίου, παρατηρούμε τη σημαντική συνεισφορά του συνδυασμού του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων. Καταρχάς, η βελτίωση της Ενεργειακής Απόδοσης διαπιστώνεται μέσω του συνδυασμού KNX με τις ΑΠΕ, ο οποίος επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας μέσα στο κτίριο, βελτιώνοντας την ενεργειακή του απόδοση. Ακόμα, η αυτοματοποίηση των συσκευών και των συστημάτων ΑΠΕ μέσω του KNX επιτρέπει την ευέλικτη διαχείριση της ενέργειας με βάση τις ανάγκες και τις συνθήκες. Επίσης, τα συστήματα παρακολούθησης και ανάλυσης της ενεργειακής κατανάλωσης επιτρέπουν στους χρήστες να εντοπίζουν περιθώρια βελτίωσης και να λαμβάνουν αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, ο συνδυασμός του KNX με τις ΑΠΕ συμβάλλει στην προώθηση της αειφορίας στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το κόστος ενέργειας.

6. Συμπεράσματα

Η εργασία αναλύει τον συνδυασμό του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και τον ρόλο τους στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων. Αναλύονται οι τεχνολογικές δυνατότητες, οι εφαρμογές και οι οικονομικές προοπτικές της συμπληρωματικής χρήσης αυτών των δύο συστημάτων στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, τη βελτίωση της απόδοσης και την προώθηση της αειφορίας στον τομέα της κατασκευής και λειτουργίας κτιρίων. Η ανασκόπηση περιλαμβάνει την εξέλιξη των σχετικών τεχνολογιών, τις πρακτικές εφαρμογές τους και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζονται στην εφαρμογή τους.

Τα κύρια ευρήματα της έρευνας αναδεικνύουν τη σημασία του συνδυασμού του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων. Η ανάλυση αποκαλύπτει ότι η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο KNX μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερη χρήση της ηλιακής ενέργειας και μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση και ο έλεγχος των συσκευών ΑΠΕ μέσω του KNX προσφέρει πλεονεκτήματα όπως η βελτιωμένη απόδοση, η ευελιξία και η μείωση των ενεργειακών δαπανών. Η χρήση ολοκληρωμένων πλατφορμών διαχείρισης ενέργειας μέσω του KNX επιτρέπει ακόμα την αποτελεσματική παρακολούθηση, έλεγχο και διαχείριση της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, η ενσωμάτωση του KNX με τις ΑΠΕ συμβάλλει στην προώθηση της αειφορίας και την αποτελεσματική αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι πρακτικές εφαρμογές του συνδυασμού του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι ποικίλες και επικεντρώνονται στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων που συνδέονται με το KNX για την αυτόματη ρύθμιση του φωτισμού και της θέρμανσης σύμφωνα με την ηλιοφάνεια και τις καιρικές συνθήκες, επιτρέποντας την αποτελεσματική χρήση της ηλιακής ενέργειας και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ο KNX μπορεί να ελέγξει και να παρακολουθεί συσκευές όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά πάρκα, ενσωματώνοντάς τα στο σύστημα διαχείρισης ενέργειας για βέλτιστη απόδοση. Ακόμη, η αυτοματοποίηση των συσκευών ΑΠΕ με το KNX επιτρέπει την εφαρμογή εξελιγμένων αλγορίθμων διαχείρισης ενέργειας, προσφέροντας προσαρμοστικότητα και αποτελεσματικότητα στη λειτουργία των κτιρίων, συμβάλλοντας στη μείωση των ενεργειακών δαπανών και τη βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων, προωθώντας την αειφορία και τη βιωσιμότητα.

Οι περιορισμοί και οι προοπτικές στον τομέα του συνδυασμού του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι σημαντικοί για την περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων συστημάτων σε κτίρια. Ένας περιορισμός είναι η ανάγκη για επενδύσεις σε υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμό και συστήματα, καθώς και η απαιτούμενη εκπαίδευση και εξοικείωση του προσωπικού με τη χρήση τους. Η περίοδος αποπληρωμής του κόστους εγκατάστασης μπορεί ακόμα να αποτελέσει πρόκληση για ορισμένους ιδιοκτήτες κτιρίων. Ωστόσο, υπάρχουν προοπτικές για την υπέρβαση αυτών των περιορισμών. Η τεχνολογική πρόοδος συνεχίζεται, με τη μείωση του

κόστους εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων και τη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων. Επίσης, η αύξηση της ευαισθητοποίησης για τα οφέλη της ενεργειακής απόδοσης και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενθαρρύνει τους ιδιοκτήτες κτιρίων να επενδύσουν σε αυτές τις τεχνολογίες. Επιπλέον, η νομοθετική υποστήριξη και οι κίνητρα για την εγκατάσταση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ενισχύουν την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων σε κτίρια, ενώ οι εξελιγμένες τεχνολογίες διαχείρισης ενέργειας και η χρήση δεδομένων μπορούν να παρέχουν περαιτέρω διαφάνεια και αποτελεσματικότητα στην εκμετάλλευση των συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τέλος, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα συνεισφέρει στη βελτίωση της τεχνολογίας και την εξέλιξη των προτύπων και των διαδικασιών για την αποδοτική ενσωμάτωση του KNX με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα κτίρια.

Βιβλιογραφία

1. "What is KNX?". National KNX Norway. Archived from [the original](#) on 2015-09-25. Retrieved 2018-07-07.
2. Owusu, Phebe Asantewaa; Asumadu-Sarkodie, Samuel (2016). "[A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation](#)". Cogent Engineering. 3 (1): 1167990. doi:[10.1080/23311916.2016.1167990](#).
3. Ellabban, Omar; Abu-Rub, Haitham; Blaabjerg, Frede (2014). "Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology". [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#). 39: 748–764 [749]. doi:[10.1016/j.rser.2014.07.113](#).
4. "[The value of urgent action on energy efficiency – Analysis](#)". IEA. Retrieved 2022-11-23.
5. Milojević, M.; Nowodziński, P.; Terzić, I.; Danshina, S. Households' Energy Autonomy: Risks or Benefits for a State? *Energies* 2021, 14, 2026. <https://doi.org/10.3390/en14072026>
6. Ahmad, N.; Ghouse, G.; Bhatti, M.I.; Aslam, A. The Impact of Social Inclusion and Financial Development on CO₂ Emissions: Panel Analysis from Developing Countries. *Sustainability* 2023, 15, 14752. <https://doi.org/10.3390/su152014752>
7. Venkatraman, S.; Overmars, A.; Thong, M. Smart Home Automation—Use Cases of a Secure and Integrated Voice-Control System. *Systems* 2021, 9, 77. <https://doi.org/10.3390/systems9040077>
8. Diaconu, B.M. Recent Advances and Emerging Directions in Fire Detection Systems Based on Machine Learning Algorithms. *Fire* 2023, 6, 441. <https://doi.org/10.3390/fire6110441>
9. Althaus, P.; Redder, F.; Ubachukwu, E.; Mork, M.; Xhonneux, A.; Müller, D. Enhancing Building Monitoring and Control for District Energy Systems: Technology Selection and Installation within the Living Lab Energy Campus. *Appl. Sci.* 2022, 12, 3305. <https://doi.org/10.3390/app12073305>
10. Lopez-Aguilar, A.A.; Bustamante-Bello, M.R.; Navarro-Tuch, S.A.; Molina, A. Development of a Framework for the Communication System Based on KNX for an Interactive Space for UX Evaluation. *Sensors* 2023, 23, 9570. <https://doi.org/10.3390/s23239570>
11. Feng, T.; Zhang, B. Security Evaluation and Improvement of the Extended Protocol EIBsec for KNX/EIB. *Information* 2023, 14, 653. <https://doi.org/10.3390/info14120653>
12. <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>, accessed 3/1/2024
13. Xie, X.; Ramakrishna, S.; Manganelli, M. Smart Building Technologies in Response to COVID-19. *Energies* 2022, 15, 5488. <https://doi.org/10.3390/en15155488>
14. Coito, T.; Firme, B.; Martins, M.S.E.; Vieira, S.M.; Figueiredo, J.; Sousa, J.M.C. Intelligent Sensors for Real-Time Decision-Making. *Automation* 2021, 2, 62–82. <https://doi.org/10.3390/automation2020004>
15. Barnett, David; Groth, David; McBee, Jim (2004). [Cabling: The Complete Guide to Network Wiring](#) (3rd ed.). San Francisco: SYBEX. p. 11. ISBN 9780782143317.
16. Bradley, Ray. [Understanding Computer Science \(for Advanced Level\): The Study Guide](#). Cheltenham: Nelson Thornes. p. 244. ISBN 978-0-7487-6147-0. OCLC 47869750. Retrieved 2016-03-26.

17. Baquero, R.; Rodríguez, J.; Mendoza, S.; Decouchant, D.; Papis, A.P.M. FunBlocks. A Modular Framework for AmI System Development. *Sensors* 2012, 12, 10259–10291. <https://doi.org/10.3390/s120810259>
18. Garlik, B. Energy Centers in a Smart City as a Platform for the Application of Artificial Intelligence and the Internet of Things. *Appl. Sci.* 2022, 12, 3386. <https://doi.org/10.3390/app12073386>
19. Dr. rer. nat. Peter Bocker (1988). *ISDN The Integrated Services Digital Network: Concepts, Methods, Systems*. Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-08036-8.
20. Raman, D., Sutter, B. D., Coppens, B., Volckaert, S., Bosschere, K. D., Danhieux, P., & Buggenhout, E. V. (2012, November). DNS tunneling for network penetration. In *International Conference on Information Security and Cryptology* (pp. 65–77). Springer, Berlin, Heidelberg.
21. Lawrence Harte, [*Introduction to Data Multicasting*](#), Althos Publishing 2008.
22. Carrillo de Gea, Juan M.; Nicolás, Joaquín; Alemán, José L. Fernández; Toval, Ambrosio; Ebert, Christof; Vizcaíno, Aurora (July 2011). [*"Requirements Engineering Tools"*](#). *IEEE Software*. 28 (4): 86–91. doi:10.1109/MS.2011.81. ISSN 0740-7459. S2CID 1921630.
23. Adam, B.; Tenbohlen, S. Classification of Superimposed Partial Discharge Patterns. *Energies* 2021, 14, 2144. <https://doi.org/10.3390/en14082144>
24. Pettinato, S.; Girolami, M.; Rossi, M.C.; Salvatori, S. Accurate Signal Conditioning for Pulsed-Current Synchronous Measurements. *Sensors* 2022, 22, 5360. <https://doi.org/10.3390/s22145360>
25. Hercog, D.; Lerher, T.; Truntiĉ, M.; Težak, O. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors* 2023, 23, 6739. <https://doi.org/10.3390/s23156739>
26. <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/low-voltage/components/delta-switches-socket-outlets/delta-style.html>, accessed 3/2024
27. Nisan, N. & Schocken, S., 2005. In: *From NAND to Tetris: Building a Modern Computer from First Principles*. s.l.:The MIT Press, p. 20. Available at: <http://www.nand2tetris.org/chapters/chapter%2001.pdf> Archived 2017-01-10 at the [Wayback Machine](#)
28. ["Concentrated solar power had a global total installed capacity of 6,451 MW in 2019"](#). HelioCSP. 2 February 2020. Retrieved 11 May 2020.
29. ["World wind capacity at 650,8 GW, Corona crisis will slow down markets in 2020, renewables to be core of economic stimulus programmes"](#) (Press release). WWEA. 16 April 2020. Retrieved 1 September 2021. Wind power capacity worldwide reaches 650,8 GW, 59,7 GW added in 2019
30. Fridleifsson, Ingvar B.; Bertani, Ruggero; Huenges, Ernst; Lund, John W.; Ragnarsson, Arni; Rybach, Ladislaus (2008-02-11). O. Hohmeyer and T. Trittin (ed.). ["The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change"](#), IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources conference, Proceedings. Luebeck, Germany: The Intergovernmental Panel on Climate Change: 59–80. Archived from [the original](#) (PDF) on March 8, 2010. Retrieved 2009-04-06.
31. ["Solar Energy Perspectives: Executive Summary"](#). International Energy Agency. 2011. Archived from [the original](#) (PDF) on 13 January 2012.

32. Schumann, J.; Schiebler, B.; Giovannetti, F. Performance Evaluation of an Evacuated Tube Collector with a Low-Cost Diffuse Reflector. *Energies* 2021, 14, 8209. <https://doi.org/10.3390/en14248209>
33. Barrera, E.E.; Medina, A.; Díaz-Barriga, L.G.; Zacarías, A.; Rubio, J.d.J.; Gutiérrez, G.L.; Cruz, J.M.; De Vega, M.; García, N.; Venegas, M. Performance Assessment of Low-Temperature Solar Collector with Fullerenes C60 Manufactured at Low Cost in an Emerging Country. *Appl. Sci.* 2022, 12, 3161. <https://doi.org/10.3390/app12063161>
34. Montoya-Marquez, O.; Flores-Prieto, J.J. The Effect of the Angle of Inclination on the Efficiency in a Medium-Temperature Flat Plate Solar Collector. *Energies* 2017, 10, 71. <https://doi.org/10.3390/en10010071>
35. Sarafraz, M.M.; Tlili, I.; Abdul Baseer, M.; Safaei, M.R. Potential of Solar Collectors for Clean Thermal Energy Production in Smart Cities using Nanofluids: Experimental Assessment and Efficiency Improvement. *Appl. Sci.* 2019, 9, 1877. <https://doi.org/10.3390/app9091877>
36. Said, S.; Mellouli, S.; Alqahtani, T.; Algarni, S.; Ajjel, R.; Ghachem, K.; Kolsi, L. An Experimental Comparison of the Performance of Various Evacuated Tube Solar Collector Designs. *Sustainability* 2023, 15, 5533. <https://doi.org/10.3390/su15065533>
37. Katsaprakakis, D.A. Computational Simulation and Dimensioning of Solar-Combi Systems for Large-Size Sports Facilities: A Case Study for the Pancretan Stadium, Crete, Greece. *Energies* 2020, 13, 2285. <https://doi.org/10.3390/en13092285>
38. D. Lane (2003). "Solar pool heating basics, Part 2". *HomePower*. 95: 60–67.
39. Budea, S. Solar Air Collectors for Space Heating and Ventilation Applications—Performance and Case Studies under Romanian Climatic Conditions. *Energies* 2014, 7, 3781–3792. <https://doi.org/10.3390/en7063781>
40. Rashid, F.L.; Eleiwi, M.A.; Mohammed, H.I.; Ameen, A.; Ahmad, S. A Review of Using Solar Energy for Cooling Systems: Applications, Challenges, and Effects. *Energies* 2023, 16, 8075. <https://doi.org/10.3390/en16248075>
41. Christian, M. ["The history of the invention of the solar panel summary"](https://energymatters.com/the-history-of-the-invention-of-the-solar-panel-summary/). Energymatters.com. Energymatters.com. Retrieved 25 January 2019.
42. Piliougine, M.; Oukaja, A.; Sánchez-Friera, P.; Petrone, G.; Sánchez-Pacheco, J.F.; Spagnuolo, G.; Sidrach-de-Cardona, M. (2021). ["Analysis of the degradation of single-crystalline silicon modules after 21 years of operation"](https://doi.org/10.1002/pip.3409). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. *Progress in Photovoltaics*. 29 (8): 907–919. [doi:10.1002/pip.3409](https://doi.org/10.1002/pip.3409). [S2CID 234831264](https://doi.org/10.1002/pip.3409).
43. Evans, Annette; Strezov, Vladimir; Evans, Tim (June 2009). "Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (5): 1082–1088. [doi:10.1016/j.rser.2008.03.008](https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008).
44. Ancona, Dan; Jim, McVeigh (2001), Wind Turbine – Materials and Manufacturing Fact Sheet, [CiteSeerX 10.1.1.464.5842](https://www.cite-seer.org/10.1.1.464.5842)
45. ["Efficiency and performance"](#). UK Department for Business, Enterprise & Regulatory Reform. Archived from [the original](#) (PDF) on 2009-02-05. Retrieved 2007-12-29.
46. Craig S. Collier (1 October 2010). ["From Aircraft Wings to Wind Turbine Blades: NASA Software Comes Back to Earth with Green Energy Applications"](#). NASA Tech Briefs. Retrieved 22 August 2011.
47. Ginn, Claire (8 September 2016). ["Energy pick n' mix: are hybrid systems the next big thing?"](#). www.csiro.au. [CSIRO](https://doi.org/10.1002/pip.3409). Retrieved 9 September 2016.

48. Kalogirou, Soteris & Florides, Georgios. (2004). Measurements of Ground Temperature at Various Depths, conference paper 3rd International Conference on Sustainable Energy Technologies, Nottingham, UK.
49. ["History"](#). About Us. International Ground Source Heat Pump Association. Archived from [the original](#) on 2009-04-04. Retrieved 2009-03-24.
50. ["Automation: Combustion Control & Burner Management Systems"](#). Sigma Thermal. Retrieved 18 October 2016.
51. Clarke, Energy. ["Energy Storage"](#). Clarke Energy. [Archived](#) from the original on July 28, 2020. Retrieved June 5, 2020.
52. Liasi, Sahand Ghaseminejad; Bathaee, Seyed Mohammad Taghi (July 30, 2019). "Optimizing microgrid using demand response and electric vehicles connection to microgrid". 2017 Smart Grid Conference (SGC). pp. 1–7. [doi:10.1109/SGC.2017.8308873](#). ISBN 978-1-5386-4279-5. S2CID 3817521.
53. ["How Does Cogeneration Provide Heat and Power?"](#). Scientific American. [Archived](#) from the original on 2019-11-27. Retrieved 2019-11-27.
54. Mardiana-Idayu, A.; Riffat, S.B. (February 2012). ["Review on heat recovery technologies for building applications"](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16 (2): 1241–1255.
55. Bungau, C.C.; Bungau, T.; Prada, I.F.; Prada, M.F. Green Buildings as a Necessity for Sustainable Environment Development: Dilemmas and Challenges. Sustainability 2022, 14, 13121. <https://doi.org/10.3390/su142013121>
56. Androniceanu, A.; Sabie, O.M. Overview of Green Energy as a Real Strategic Option for Sustainable Development. Energies 2022, 15, 8573. <https://doi.org/10.3390/en15228573>
57. Muñoz, R.; del Coso, R.; Nuño, F.; Villegas, P.J.; Álvarez, D.; Martínez, J.A. Solar-Powered Smart Buildings: Integrated Energy Management Solution for IoT-Enabled Sustainability. Electronics 2024, 13, 317. <https://doi.org/10.3390/electronics13020317>
58. Li, S.; Patnaik, S.; Li, J. IoT-Based Technologies for Wind Energy Microgrids Management and Control. Electronics 2023, 12, 1540. <https://doi.org/10.3390/electronics12071540>
59. Al-Obaidi, K.M.; Hossain, M.; Alduais, N.A.M.; Al-Duais, H.S.; Omrany, H.; Ghaffarianhoseini, A. A Review of Using IoT for Energy Efficient Buildings and Cities: A Built Environment Perspective. Energies 2022, 15, 5991. <https://doi.org/10.3390/en15165991>
60. Li, S.; Patnaik, S.; Li, J. IoT-Based Technologies for Wind Energy Microgrids Management and Control. Electronics 2023, 12, 1540. <https://doi.org/10.3390/electronics12071540>
61. Shakerighadi, B.; Anvari-Moghaddam, A.; Vasquez, J.C.; Guerrero, J.M. Internet of Things for Modern Energy Systems: State-of-the-Art, Challenges, and Open Issues. Energies 2018, 11, 1252. <https://doi.org/10.3390/en11051252>
62. Farhan, L.; Hameed, R.S.; Ahmed, A.S.; Fadel, A.H.; Gheth, W.; Alzubaidi, L.; Fadhel, M.A.; Al-Amidie, M. Energy Efficiency for Green Internet of Things (IoT) Networks: A Survey. Network 2021, 1, 279-314. <https://doi.org/10.3390/network1030017>
63. Liang, R.; Xing, Y.; Hu, L. Enhancing Energy Efficiency by Improving Internet of Things Devices Security in Intelligent Buildings via Niche Genetic Algorithm-Based Control Technology. Appl. Sci. 2023, 13, 10717. <https://doi.org/10.3390/app131910717>

64. Chatzimichail, A.; Chatzigeorgiou, C.; Tsanousa, A.; Ntioudis, D.; Meditskos, G.; Andritsopoulos, F.; Karaberi, C.; Kasnesis, P.; Kogias, D.G.; Gorgogetas, G.; et al. Internet of Things Infrastructure for Security and Safety in Public Places. *Information* 2019, 10, 333. <https://doi.org/10.3390/info10110333>
65. Tiwari, S.; Rosak-Szyrocka, J.; Żywiołek, J. Internet of Things as a Sustainable Energy Management Solution at Tourism Destinations in India. *Energies* 2022, 15, 2433. <https://doi.org/10.3390/en15072433>

Βιβλιογραφία Εικόνων

1. <https://www.zenarmor.com/docs/network-basics/what-is-tree-topology>, accessed 3/2024
2. <https://ciscoarticleandcertification.blogspot.com/2017/03/how-to-configure-multi-area-ospf.html>, accessed 3/2024
3. <https://community.openhab.org/t/knx-ip-interface-individual-address-ignored/125431>, accessed 3/2024
4. <https://www.csanyigroup.com/knx-architecture>, accessed 3/2024
5. <https://www.knxtoday.com/2015/01/5286/how-to-solve-it-manually-adding-group-addresses-to-the-filter-table.html>, accessed 3/2024
6. <https://www.intesis.com/products/ac-interfaces/knx-gateways/panasonic-knx-inputs-ac-pa-ac-knx-1i?ordercode=INKNXPAN001I000>, accessed 3/2024
7. <https://www.technomat-shop.com/el/products/%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-knx-30v-dc-320ma-bus-tsxtxa111>, accessed 3/2024
8. <https://gabbyelectric.com/products/mtn6300-0002-remote-control-for-knx-presence-detector>, accessed 3/2024
9. <https://www.newsbomb.gr/oikonomia/story/1483645/anakyklono-allazo-thermosifona-ekpneei-simera-i-prosthesmia-symmetoxis>, accessed 3/2024
10. <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/afta-ine-ta-fotovoltaika-stegis-tis-epomenis-genias-pic/>, accessed 3/2024
11. <https://solar.kzpower.com/products/solar-heating-system/>, accessed 3/2024
12. http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/koinoniki_katoikia/06_Chasapis.pdf, accessed 3/2024
13. <https://www.maltezosmarousi.gr/product/katheta-boiler-levitostasiou/>, accessed 3/2024
14. <https://www.swimuniversity.com/solar-pool-heaters/>, accessed 3/2024
15. <https://www.pinterest.com/pin/424323596116791753/>, accessed 3/2024
16. <https://energiidk.dk/blog-grid/>, accessed 3/2024
17. <https://gregoryplumbingandheating.com/>, accessed 3/2024
18. <https://ruanhvac.com/service/service-repairs-2/>, accessed 3/2024
19. Abrudan, A.C.; Pop, O.G.; Serban, A.; Balan, M.C. New Perspective on Performances and Limits of Solar Fresh Air Cooling in Different Climatic Conditions. *Energies* 2019, 12, 2113. <https://doi.org/10.3390/en12112113>
20. <https://hellasjournal.com/2023/05/megali-diakrisi-gia-tin-ellada-defteri-ston-kosmo-sta-fotovoltaika-tetraplasies-i-ape-sto-diktio-dianomis-se-schesi-me-to-2019/>, accessed 3/2024
21. <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>, accessed 3/2024

22. <https://www.primuswindpower.com/maintenance-service/air-loyalty-program/>, accessed 3/2024
23. <https://www.makeleio.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1/%CE%A7%CE%91%CE%A1%CE%A4%CE%97%CE%A3-%CE%A6%CE%A9%CE%A4%CE%99%CE%91-%CF%80%CE%BF%CF%85-%CF%85%CF%80%CE%AC%CF%81%CF%87%CE%BF%CF%85%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF/>, accessed 3/2024
24. <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>, accessed 3/2024
25. <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>, accessed 3/2024
26. <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>, accessed 3/2024
27. <https://www.oleng.eu/autonomo-fotovoltaiko-anemogenitria/>, accessed 3/2024
28. <https://www.atonometrics.com/applications/>, accessed 3/2024
29. <https://climagenesis.gr/eksaerismos/>, accessed 3/2024
30. <https://en.idei.club/37639-air-conditioning-ventilation.html>, accessed 3/2024
31. <https://frameweb.com/project/beijing-cr-landinstreet>, accessed 3/2023
32. <https://www.peaknx.com/en/youvi-visualisation-for-knx-smart-homes>, accessed 3/2024
33. <https://dribbble.com/shots/7152848-smart-life>, accessed 3/2024