



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
ΧΩΡΟΥΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ/ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ & ΥΓΡΑΣΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Α. ΖΩΡΖΟΥ

Επιβλέπουσα : *Μαρία Γ. Ιωαννίδου*

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΦΟΡΤΩΣΗΣ/ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ & ΥΓΡΑΣΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Παναγιώτη Α. Ζώρζου

Επιβλέπουσα: *Μαρία Γ. Ιωαννίδου, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.*

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

..... Παρασκευή Ιωαννίδου Καθηγήτρια Ε.Μ.Π Νικόλαος Θεοδώρου Καθηγητής Ε.Μ.Π Παναγιώτης Τσαραμπάρης Λέκτορας Ε.Μ.Π
--	---	---

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

(Υπογραφή)

.....

ΖΩΡΖΟΣ Λ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

© 2017 – All rights reserved

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract.....	9
Ευχαριστίες	10
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	11
1.1. Γενικά	12
1.2. Πηγές ενέργειας.....	12
1.3. Ενεργειακή πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	13
Κεφάλαιο 2: Βιομηχανία και εξοικονόμηση ενέργειας.....	15
2.1. Βιομηχανία και Παραγωγική Διαδικασία	16
2.2. Τεχνικοοικονομικές μελέτες	17
2.3. Εξοικονόμηση ενέργειας	18
2.3.1. Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία	19
2.4.Ενεργειακή Επιθεώρηση.....	23
2.5.Διαχείριση ενέργειας και Ενεργειακός έλεγχος	24
2.5.1. Ενεργειακή Διαχείριση	24
2.5.2. Ενεργειακός Έλεγχος.....	25
2.5.3. Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου	27
2.5.4. Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης	28
2.6. Τομείς εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανία	30
2.6.1. Ηλεκτροκινητήρες.....	31
2.6.2. Συντελεστής ισχύος.....	31
2.6.3. Πεπιεσμένος αέρας	32
2.6.4. Σχεδίαση δικτύου.....	33
2.6.5. Ανάκτηση θερμότητας	33
2.6.6. Συστήματα κεντρικής θέρμανσης.....	34
2.6.7. Βιομηχανική ψύξη	35
2.6.8. Παραγωγικός εξοπλισμός.....	36
2.6.9. Βιομηχανικές κτιριακές εγκαταστάσεις.....	36
2.6.10. Κλιματισμός	36
2.6.11. Άλλες τεχνολογίες βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας.....	37
2.6.12. Μέτρα γενικών εφαρμογών	37
2.6.12.1. Ενεργειακή αναδιοργάνωση – Οικονομική λειτουργία των ηλεκτρικών συστημάτων	37
2.6.12.2. Συντήρηση.....	38
Κεφάλαιο 3: Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιομηχανικούς χώρους με σύστημα φόρτωσης/εκφόρτωσης	40

3.1. Εφοδιαστική αλυσίδα στη βιομηχανική παραγωγή	41
3.2. Αποθήκη και Αποθήκευση	41
3.2.1. Επιλογή τοποθεσίας αποθήκης	45
3.2.2. Αρχιτεκτονική σχεδίαση αποθήκης και βασική χωροθέτηση	46
3.2.3. Χωροταξία αποθήκης και λεπτομερή χωροθέτηση	46
3.2.4. Επιλογή φιλοσοφίας αποθήκευσης.....	47
3.2.5. Επιλογή μοναδιαίου φορτίου	47
3.2.6. Επιλογή συστημάτων αποθήκευσης	49
3.2.7. Επιλογή συστημάτων ενδο-διακίνησης.....	53
3.2.8. Εργασίες παραλαβής	54
3.2.9. Φόρτωση.....	54
3.3. Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής και Τεχνολογία Ομάδων	55
3.3.1. Τεχνολογία ομάδων	55
3.3.2. Ευέλικτο Σύστημα Παραγωγής	57
3.3.2.1. Στοιχεία ενός ευέλικτου συστήματος παραγωγής	58
3.4. Σύγχρονες τάσεις	61
3.5. Ανάθεση λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας σε τρίτους(Third Party Logistics, 3PL)	62
Κεφάλαιο 4: Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιομηχανικούς χώρους με συστήματαθερμοκρασίας και υγρασίας	64
4.1. Γενικά	65
4.2. Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	66
4.2.1. Υγρομόνωση	67
4.2.2. Υγρασία και ατμοσφαιρικός αέρας	68
4.2.3. Υγρομονωτικά υλικά	69
4.2.4. Είδη υγρασίας και αντίστοιχες τεχνικές υγρομόνωσης του κελύφους.....	70
4.2.4.1. Υγρασία εδάφους	70
4.2.4.2. Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών	71
4.2.4.3. Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών.....	72
4.2.4.4. Υγρασία βροχής	73
4.2.4.5. Υγρασία κακοτεχνιών του κτιρίου	74
4.3. Κλιματισμός	74
4.3.1. Βιομηχανικός κλιματισμός.....	75
4.3.2. Συστήματα κλιματισμού	78
4.3.3. Αντλία θερμότητας	79
4.3.3.1. Βιομηχανική εφαρμογή των αντλιών θερμότητας	81

4.4. Παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC).....	82
Κεφάλαιο 5: Προοπτικές.....	85
Βιβλιογραφία.....	88

Περίληψη

Το διαρκώς εντεινόμενο ενεργειακό πρόβλημα παγκοσμίως σχετίζεται με την εξασφάλιση της απαραίτητης ενέργειας (σε κάθε της μορφή – αιολική, θερμική, ηλεκτρική) για την κάλυψη των αναγκών του πλανήτη, του κόστους αυτής της ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την χρήση της. Σημαντικός ενεργειοβόρος παράγοντας αναδεικνύεται τα τελευταία χρόνια ο οικιακός και τριτογενής κτιριακός τομέας, ταυτόχρονα με τη βιομηχανία και τις μεταφορές. Η ανάγκη ενεργειακής διαχείρισης σε κτίρια και βιομηχανίες αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Ο όρος εξοικονόμηση ενέργειας αναφέρεται στην προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των παραγωγικών μέσων και, γενικότερα, στην εξεύρεση τρόπων μείωσης της καταναλώμενης ενέργειας σε κάθε επίπεδο, χωρών, πόλεων, βιομηχανιών, κτιρίων. Τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας είναι προφανή: οικονομικά, περιβαλλοντικά, πολιτισμικά κ.ο.κ.

Ο τομέας της βιοτεχνίας - βιομηχανίας είναι υπεύθυνος για το 23% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα. Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών που οφείλονται στην ανάγκη διαμόρφωσης του κατάλληλου εσωκλίματος στους εσωτερικούς χώρους των παραγωγικών μονάδων και στην εκτέλεση των διάφορων παραγωγικών διαδικασιών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να εφαρμοσθεί είτε υπό μορφή επεμβάσεων σε συγκεκριμένες παραγωγικές διεργασίες των διαφόρων κλάδων, είτε υπό μορφή γενικών επεμβάσεων, κοινών για όλους τους κλάδους. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία στα συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης, θερμοκρασίας και υγρασίας.

Λέξεις κλειδιά : Εξοικονόμηση ενέργειας, Συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης, Θερμοκρασία, Υγρασία

Abstract

The ever-growing globally energy problem is related to ensuring the energy needed (in every form - wind, thermal, electric) to meet the planet's needs, the cost of this energy and the environmental impact of its use. An important energy-intensive factor has emerged in recent years in the domestic and tertiary building sector, alongside industry and transport. The need for energy management in buildings and industries is a top priority with obvious economic and environmental benefits.

The term energy saving refers to the effort to improve the energy efficiency of productive means and, more generally, to ways to reduce energy consumption at every level, countries, cities, industries, buildings. The benefits of energy saving are obvious: economic, environmental, cultural, and so on.

The industry sector is responsible for 23% of the total energy consumption in Greece. This energy is consumed to meet the energy needs due to the need to shape the internal envelope inside the production units and to perform the various production processes.

Energy saving can be implemented either in the form of interventions in specific production processes of the various sectors, or in the form of general interventions common to all sectors. Present diploma thesis examines the energy savings in industry in the systems of loading and unloading, temperature and humidity.

Keywords : Energy saving, Systems of loading and loading, Temperature, Humidity

Ευχαριστίες

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2017 – 2018. Το κίνητρο που με οδήγησε σε αυτή τη διπλωματική εργασία ήταν το προσωπικό μου ενδιαφέρον για την εξοικονόμηση ενέργειας, μιας και δεδομένης της ανάπτυξης της τεχνολογίας στη βιομηχανία, το εν λόγω ζητούμενο χρήζει υλοποίησης ποικιλοτρόπως.

Έτσι, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως τη Καθηγήτρια κα. Μαρία Ιωαννίδου για τη βοήθειά της κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας καθώς και για το ενδιαφέρον που έδειξε για το σύστημα φόρτωσης/εκφόρτωσης, θερμοκρασίας και υγρασίας. Επίσης, ευχαριστώ τη Γραμματεία του Τμήματός μας, που κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου με βοήθησε σε ό,τι χρειάστηκα.

Επιπλέον, ευχαριστώ τους πολύ καλούς μου φίλους Νικόλαο Ανδρέου και Ανδρέα Παϊκόπουλο για όλη την στήριξη που μου παρείχαν τον τελευταίο ένα χρόνο ούτως ώστε να ολοκληρώσω τις σπουδές μου, καθώς και την πατρική μου οικογένεια.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί, διεθνώς, ιδιαίτερη έμφαση στους τομείς της ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης της ενέργειας στις βιομηχανίες. Οι λόγοι είναι γνωστοί: το αυξανόμενο ποσοστό ενεργειακής συμμετοχής στο συνολικό κόστος του τελικού παραγόμενου προϊόντος, η αύξηση του ανταγωνισμού στη διεθνή αγορά προϊόντων, καθώς επίσης τα συνεχώς αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η μεθοδική οργάνωση και εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας απέδειξε ότι μπορεί να οδηγήσει σε ποσοστά εξοικονόμησης της τάξεως 5% - 25% ανάλογα με την ακολουθούμενη μεθοδολογία και το είδος της ενεργειακής επέμβασης.

Η εξοικονόμηση της ενέργειας, οδηγεί ταυτόχρονα και στην ελάττωση της εκπομπής ρύπων προς το περιβάλλον, γεγονός πολύ σημαντικό τα τελευταία χρόνια. Έχει υπολογιστεί ότι με την καύση ενός τόνου ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠ) υγρού καυσίμου εκπέμπονται τουλάχιστον τρεις τόνοι CO₂ στο περιβάλλον με αποτέλεσμα την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά συνέπεια, τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, είναι οι μοναδικές επεμβάσεις οι οποίες υποστηρίζουν τη διατήρηση του καθαρού περιβάλλοντος, ενώ συγχρόνως, αυξάνουν την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων.

1.2. Πηγές ενέργειας

Οι πηγές ενέργειας ταξινομούνται γενικά στις εξής δύο κατηγορίες:

- Μη ανανεώσιμες
- Ανανεώσιμες

Η σημερινή παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε πάνω από δέκα δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου με κυρίαρχες πηγές τα ορυκτά καύσιμα τα οποία καλύπτουν περισσότερο από το 80% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης.

Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά για τα ανθρώπινα μέτρα από φυσικές διαδικασίες. Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκουν τα εξής:

- Γαιάνθρακες
- Πετρέλαιο
- Φυσικό αέριο
- Πυρηνική ενέργεια

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι εξής:

- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Υδραυλική ενέργεια

- Γεωθερμική ενέργεια
- Βιομάζα
- Θάλασσες

1.3. Ενεργειακή πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Το θέμα της ενέργειας αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η Ευρώπη. Το ενδεχόμενο κατακόρυφης ανόδου των τιμών και η ολοένα μεγαλύτερη εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας καθιστούν τον ενεργειακό εφοδιασμό επισφαλής και απειλούν ολόκληρη την οικονομία. Στόχος της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε. είναι ο ασφαλής και βιώσιμος ενεργειακός εφοδιασμός σε προσιτές τιμές. Η πολιτική αυτή έχει σχεδιαστεί με βάση τους λεγόμενους "Στόχους 20-20-20" της ΕΕ, οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020:

- Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- Το 20% της ενέργειας που καταναλώνεται στην Ε.Ε. πρέπει να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην Ε.Ε. κατά 20%.

Βασικά χαρακτηριστικά – στόχοι της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε. είναι:

- Ελεύθερη Κυκλοφορία της Ενέργειας: Η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο μεταφέρονται μέσω δικτύων και αγωγών που συχνά εκτείνονται πέρα από τα εθνικά σύνορα. Οι αποφάσεις ενεργειακής πολιτικής που λαμβάνει μια χώρα επηρεάζουν αναπόφευκτα και άλλες χώρες. Η ελεύθερη εμπορία της ενέργειας στο εσωτερικό της Ε.Ε. θα φέρει πολλαπλά οφέλη, όπως ανταγωνιστικές τιμές, περισσότερες δυνατότητες επιλογής για τους καταναλωτές, μεγαλύτερη ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, ασφάλεια για όσους επενδύουν σε νέες τεχνολογίες και υποδομές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Στροφή προς τις Νέες Τεχνολογίες: Εάν δεν χρησιμοποιήσει νέες τεχνολογίες, η Ε.Ε. δεν θα μπορέσει να υλοποιήσει τον φιλόδοξο στόχο που έχει θέσει μακροπρόθεσμα, δηλαδή να μειώσει τις εκπομπές CO₂ στους κλάδους της ηλεκτρικής ενέργειας και των μεταφορών. Το Στρατηγικό Σχέδιο Ενεργειακών Τεχνολογιών καθορίζει μια μεσοπρόθεσμη στρατηγική για όλους τους κλάδους. Είναι αναγκαίο να επιταχυνθεί η υλοποίηση των έργων ανάπτυξης και επίδειξης βασικών τεχνολογιών, όπως τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς και τα έξυπνα δίκτυα διανομής. Οι ερευνητές και οι επιχειρήσεις της Ε.Ε. πρέπει να εντείνουν τις προσπάθειές τους για να παραμείνουν στην πρωτοπορία της ταχύτατα αναπτυσσόμενης διεθνούς αγοράς ενεργειακής τεχνολογίας και να ενισχύσουν τη συνεργασία τους με τρίτες χώρες για συγκεκριμένες τεχνολογίες.
- Ενίσχυση της Διεθνούς Συνεργασίας: Με πάνω από 500 εκατομμύρια καταναλωτές, η ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας είναι η μεγαλύτερη περιφερειακή αγορά στον κόσμο και ο μεγαλύτερος εισαγωγέας ενέργειας. Πολλές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Ε.Ε. είναι κοινές για τις περισσότερες χώρες και η αντιμετώπισή τους απαιτεί

διεθνή συνεργασία (κλιματική αλλαγή, πρόσβαση σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο, ανάπτυξη τεχνολογιών, ενεργειακή απόδοση). Η διεθνής ενεργειακή πολιτική πρέπει να επιδιώκει την επίτευξη των κοινών στόχων της ασφάλειας του εφοδιασμού, της ανταγωνιστικότητας και της βιωσιμότητας. Αν και οι σχέσεις με τις χώρες παραγωγής και διαμετακόμισης είναι σημαντικές, αυξανόμενη σημασία αποκτούν και οι σχέσεις με μεγάλες ενεργοβόρες χώρες και ιδίως με αναδυόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες.

Κεφάλαιο 2: Βιομηχανία και εξοικονόμηση ενέργειας

2.1. Βιομηχανία και Παραγωγική Διαδικασία

Με τον όρο Βιομηχανία ή βιομηχανική επιχείρηση ορίζεται η οικονομική μονάδα κερδοσκοπικού χαρακτήρα, η οποία με τα διάφορα μέσα παραγωγής που διαθέτει έχει σκοπό την παραγωγή υλικών αγαθών (πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων) και τη διάθεσή τους στην αγορά. Αποτελεί μια περισσότερο εξελιγμένη μορφή παραγωγικής διαδικασίας σε σύγκριση με τη βιοτεχνία, γιατί χρησιμοποιεί τελειοποιημένα μηχανικά μέσα, ειδικούς χώρους παραγωγής και αποθήκευσης, μεγάλες εγκαταστάσεις κτλ. Η βιομηχανία περιλαμβάνει: α) τα ορυχεία, τα μεταλλεία, τα λατομεία, τις αλυκές, β) την παραγωγή ηλεκτρισμού, φωταερίου, νερού και γ) τη μεταποίηση.

Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα της βιομηχανίας είναι: α) η μαζική παραγωγή προϊόντων, που πολλές φορές είναι πολύπλοκα και εξειδικευμένα, β) η επένδυση μεγάλων κεφαλαίων σε σύγχρονα τεχνολογικά μέσα γ) η χρησιμοποίηση εξελιγμένης μορφής ενέργειας (πετρελαίου, ηλεκτρισμού, ατμού, ατομικής ενέργειας κτλ.), δ) η ορθολογική οργάνωση της εργασίας και των υλικών μέσων για την παραγωγή προϊόντων με χαμηλό κόστος παραγωγής. Όλα αυτά είναι στοιχεία που την κάνουν να διαφέρει από τους δύο άλλους τύπους παραγωγής (χειροτεχνία, βιοτεχνία).

Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται σε μία βιομηχανία για την παραγωγή των προϊόντων. Κατά την παραγωγική διαδικασία καταναλώνεται ενέργεια είτε με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε με την καύση συμβατικών καυσίμων.

Η εκτέλεση της παραγωγικής διαδικασίας στις βιομηχανίες απαιτεί, σε πολλές περιπτώσεις κίνηση, η οποία επιτυγχάνεται κυρίως με τη χρήση ηλεκτροκινητήρων. Τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν οι μάντες μεταφοράς, τα ανυψωτικά μηχανήματα, οι αναδευτήρες, οι ατέρμονοι κοχλίες και άλλα.

Ο αυτόματος έλεγχος και η ρύθμιση διεργασιών είναι ένας από τους πλέον κρίσιμους τομείς στην βιομηχανία. Η διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για καλύτερη διαχείριση και εξοικονόμηση φυσικών πόρων (πρώτων υλών και ενέργειας) αφ' ενός και προστασίας του περιβάλλοντος αφ' ετέρου, έχει αυξήσει τα τελευταία χρόνια την πολυπλοκότητα των βιομηχανιών και αντίστοιχα τις απαιτήσεις από τα άλλα συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Ένα σωστό σύστημα ελέγχου πρέπει να εξασφαλίζει, ιδιαίτερα για την βιομηχανία, ασφάλεια, προστασία του περιβάλλοντος, προϊόντα εντός προδιαγραφών και οικονομικότητα λειτουργίας. Παράλληλα, πρέπει να είναι εύχρηστο και "φιλικό" προς τους χειριστές παρέχοντας ταχεία διάγνωση λειτουργικών προβλημάτων, μειωμένη πιθανότητα ανθρώπινων λαθών, ευκολία στην αλλαγή λειτουργικών συνθηκών και την ελάχιστη δυνατή καταπόνηση κατά την διάρκεια της εργασίας τους. Τέλος, το σύστημα πρέπει να είναι αξιόπιστο, χωρίς λειτουργικές αστοχίες και χωρίς μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης, παρέχοντας τη μεγαλύτερη δυνατή διαθεσιμότητα. Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου στην πραγματικότητα είναι πολύπλοκα, μη γραμμικά και υψηλού βαθμού. Επομένως, ο έλεγχος είναι μια ευρεία δραστηριότητα στη βιομηχανία, πολύ μεγαλύτερη από ότι υποδηλώνεται στην γραμμική θεωρία και εφαρμόζεται σε διεργασίες μη γραμμικές που λειτουργούν με πολλές διαταραχές.

Η βιομηχανική παραγωγή αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς δείκτες για την ανάπτυξη των κρατών. Όλες οι οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες έχουν σημαντική βιομηχανική παραγωγή διαφόρων κλάδων, εξάγοντας μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών προϊόντων.

Το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι η επίσημη καταγραφή των εισροών και των εκροών ενέργειας μιας χώρας. Μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει τους τομείς της οικονομίας στους οποίους κατανέμεται η κατανάλωση τελικής ενέργειας. Αυτοί είναι οι εξής: ο κτιριακός τομέας, ο οποίος περιλαμβάνει τα κτίρια του οικιακού και του τριτογενούς τομέα, οι μεταφορές και η βιομηχανία. Σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, η συμμετοχή του κτιριακού τομέα στη συνολική κατανάλωση τελικής ενέργειας είναι περίπου 38%. Τα ποσοστά συμμετοχής για τις μεταφορές και τη βιομηχανία είναι της τάξεως του 38% και 24%, αντίστοιχα. Από το συνολικό ποσό ενέργειας το οποίο καταναλώνεται στη βιομηχανία, καταγράφονται οι επί μέρους ποσοστώσεις στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.1.: Κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία

Ενέργεια	Ποσοστώσεις
Ηλεκτρισμός	26,80%
Συμβατικά καύσιμα	67,80%
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	5,40%
Συνολικό ποσό ενέργειας	100,00%

Ένας χρήσιμος ορισμός για την κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία είναι η Ενεργειακή Ένταση. Η Ενεργειακή Ένταση είναι η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος.

2.2. Τεχνικοοικονομικές μελέτες

Κάθε επένδυση που αφορά την παραγωγή ενός νέου προϊόντος πρέπει να αναλυθεί προσεκτικά με τη βοήθεια μιας τεχνικοοικονομικής μελέτης.

Δεν είναι όμως μόνο οι επενδύσεις για την παραγωγή προϊόντων που έχουν ανάγκη τεχνικοοικονομικής ανάλυσης. Στη σημερινή εποχή ο ανταγωνισμός γίνεται όλο και πιο έντονος, η προστασία του περιβάλλοντος, η εξοικονόμηση ενέργειας και οι απαιτήσεις για παροχή προϊόντων και υπηρεσιών ποιότητας διαρκώς αυξάνονται. Συνεπώς γίνεται απαραίτητος ο εκσυγχρονισμός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, ώστε να υπάρχει επαφή με τη σύγχρονη τεχνολογία και ευελιξία στην παραγωγή προϊόντων με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Επιπλέον, για να γίνουν πιο ανταγωνιστικές οι επιχειρήσεις πρέπει να λάβουν σοβαρά υπόψη τα θέματα της διασφάλισης ποιότητας και παροχής υπηρεσιών ποιότητας. Η τελευταία παρατήρηση έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλές κατηγορίες τεχνικοοικονομικών μελετών. Η κάθε κατηγορία αφορά την υλοποίηση συγκεκριμένων στόχων (επενδυτικών σχεδίων) που έχουν τεθεί από την επιχείρηση.

Οι πλήρεις τεχνικοοικονομικές μελέτες είναι ίσως από τους πιο βασικούς παράγοντες για τη βιωσιμότητα μιας βιομηχανικής μονάδας παραγωγής. Με τη μελέτη αυτή γίνεται ουσιαστική πρόβλεψη της κερδοφορίας της μονάδας, ενώ λαμβάνονται κατά το δυνατόν υπόψη όλες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων της επένδυσης και των επιπτώσεων σε άλλες δραστηριότητες, στο περιβάλλον κτλ. Σε αυτές τις τεχνικοοικονομικές μελέτες περιλαμβάνονται τα εξής:

- Όλες εκείνες οι δραστηριότητες που αφορούν μείωση ενεργειακών καταναλώσεων ή και απωλειών ενέργειας.
- Οι δραστηριότητες που αφορούν αντικατάσταση εξοπλισμού, που έχει σχέση με μεταφορά, διανομή και χρήση ενέργειας.
- Οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με ανάκτηση μέρους της ενέργειας που απορρίπτεται.
- Οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Όλες οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας και άλλων καυσίμων με φυσικό αέριο.
- Οι δραστηριότητες εκείνες που αφορούν χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δηλαδή αιολικής ενέργειας, ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, ενέργειας από βιομάζα, φωτοβολταϊκά συστήματα και γεωθερμικής ενέργειας.

2.3. Εξοικονόμηση ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για τον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και κύρια του πετρελαίου. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα ελληνικά κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του 70%.

Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, ενός αερίου που ευθύνεται για τη δημιουργία του «φαινομένου του θερμοκηπίου» στον πλανήτη. Όσον αφορά το βιομηχανικό τομέα, αν και η συνολική κατανάλωση ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ελαφριά κάμψη (κυρίως λόγω της ύφεσης σε ενεργοβόρους βιομηχανικούς κλάδους), η συνεισφορά του στην κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντική (περίπου 25%).

Η διαχρονική πορεία των ενεργειακών δεικτών είναι το αποτέλεσμα της γοργής βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου στην Ελλάδα σε συνδυασμό με τις, συχνά μέτριας ποιότητας, κατασκευαστικές πρακτικές στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις των κτιρίων. Οι δυο αυτές παράμετροι συναρτώνται με την έλλειψη, μέχρι σήμερα, ενός ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου κινήτρων και κανονισμών ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, όπως και ενός ρεαλιστικού εθνικού προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας, που θα αποσκοπούσαν στη

βελτίωση της ποιότητας κατασκευής των κτιρίων και την ευαισθητοποίηση του χρήστη σε ενεργειακά θέματα.

Η Ελλάδα, παρ' όλα αυτά, έχει ήδη δεσμευθεί, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, για την προώθηση σχετικών θεσμικών, διοικητικών και οργανωτικών μέτρων, καθώς και των ενεργειακά αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών, μέσω της συμμετοχής της στις συμφωνίες, τις διακηρύξεις και τα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εφαρμογή των παραπάνω συμφωνιών και προγραμμάτων αναμένεται να αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και τα οφέλη που αυτή συνεπάγεται.

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένας όρος που έχει δύο περιεχόμενα που αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους και εξετάζεται τόσο από ενεργειακή σκοπιά, όσο και από οικονομική σκοπιά.

Ο ενεργειακός ορισμός της εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνει τα εξής:

- Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας τελικής χρήσης, αλλά χωρίς αυτό να συνοδεύεται από στέρηση ενέργειας ούτε και από υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών για τα οποία χρησιμοποιείται.
- Βελτίωση του βαθμού απόδοσης στη χρήση της ενέργειας.
- Υποκατάσταση συμβατικών μορφών ενέργειας (κυρίως πετρελαίου) με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (κυρίως αιολική και ηλιακή).
- Δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας.

Ο οικονομικός ορισμός της εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνει τα εξής:

- Μείωση του κόστους της ενέργειας ανά μονάδα ενός προϊόντος ή μιας παραγωγικής διαδικασίας.
- Υποκατάσταση της ενέργειας, ως συντελεστή της παραγωγής, από άλλους συντελεστές (εργασία, κεφάλαιο, έρευνα/τεχνολογία), ιδιαίτερα όταν το κόστος του πρώτου συντελεστή αυξάνεται γρηγορότερα από τους άλλους.

Από ενεργειακή σκοπιά εκείνο που ενδιαφέρει, είναι η ενέργεια που μπορεί να εξοικονομηθεί ανά μονάδα προϊόντος. Από οικονομική σκοπιά εκείνο που ενδιαφέρει, είναι η συμμετοχή της ενέργειας στο συνολικό κόστος μιας παραγωγικής διαδικασίας.

Στη σημερινή πραγματικότητα, σε οποιαδήποτε επένδυση για εξοικονόμηση ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη τόσο οι εξοικονομούμενες μονάδες ενέργειας, όσο και τα οικονομικά μεγέθη. Ακόμη, το συναλλαγματικό όφελος που επιφέρεται στην εθνική οικονομία, η αξιοποίηση εγχώριων πηγών ενέργειας, η αύξηση απασχόλησης, η προώθηση καινοτομιών, σε συνεργασία με τους παραπάνω, είναι κάποιοι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν στην απόφαση αν είναι μια επέμβαση «συμφέρουσα».

2.3.1. Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας δεν αφορά μόνο τις κατοικίες. Μπορείοι χώροι κατοικίας να είναι εκείνοι στις οποίες μπορεί ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού να κάνει επεμβάσεις, αλλά και οι επαγγελματικοί χώροι μπορούν να αποτελέσουν πεδίο εξοικονόμησης ενέργειας. Δεδομένου μάλιστα ότι οι βιομηχανίες ευθύνονται κατά το

μεγαλύτερο ποσοστό για τη μόλυνση και την ενεργειακή κατανάλωση, γίνεται κατανοητή η σημασία της ενεργειακής εξοικονόμησης στους επαγγελματικούς, και ιδιαίτερος στους βιομηχανικούς χώρους.

Ο σημαντικότερος τρόπος αξιοποίησης της ενέργειας είναι η ενεργειακή βελτιστοποίηση, η οποία εφαρμόζεται κυρίως στις βιομηχανικές μονάδες. Οι δυνατότητες που υπάρχουν για ενεργειακή βελτιστοποίηση στη βιομηχανία είναι πολύ μεγαλύτερες στο στάδιο του σχεδιασμού μιας βιομηχανικής μονάδας απ' ό,τι κατά τον εκσυγχρονισμό μιας ήδη υφιστάμενης εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, είναι απαραίτητο να ερευνείται προσεκτικά κάθε σημείο κατανάλωσης ενέργειας των εγκαταστάσεων, ενώ καθοριστικό παράγοντα αποτελεί η αποδοτική χρήση της διαθέσιμης ενέργειας.

Από ενεργειακής άποψης (μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων) και από περιβαλλοντικής άποψης (επιβάρυνση περιβάλλοντος) κρίνεται απαραίτητη η εξοικονόμηση ενέργειας. Όμως, η εξοικονόμηση ενέργειας επιδιώκεται και για οικονομικούς λόγους, καθώς η εφαρμογή των τεχνικών της υπόσχεται τη σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους των ενεργειακών συστημάτων και συσκευών με προφανές οικονομικό όφελος και την τόνωση της εθνικής και τοπικής οικονομίας με την απεξάρτηση της χώρας από την ανάγκη εισαγωγής ορυκτών καυσίμων από τρίτες χώρες, τη δημιουργία χιλιάδων νέων θέσεων εργασίας και την παροχή νέων πηγών εισοδήματος για τους πολίτες.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη από το Economist Intelligence Unit, υπάρχει ακόμα έλλειξη πληροφόρησης και σημείων αναφοράς (benchmarks), με αποτέλεσμα τη δημιουργία χάσματος μεταξύ της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και σαφών ενεργειακών για την εξοικονόμηση ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία 25 χρόνια έχει γίνει παγκοσμίως ουσιαστική πρόοδος στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας στις ενεργοβόρες βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένου και του κλάδου παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, η εν δυνάμει πιθανότητα αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας υφίσταται ακόμα. Τα αποτελέσματα χαρακτηριστικά δείχνουν τα εξής:

- Η κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία χάλυβα θα μπορούσε να μειωθεί κατά 40% υπό την προϋπόθεση πως οι κύριες χώρες παραγωγής χάλυβα, θα είχαν ως σημείο αναφοράς στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας τη χώρα εκείνη που θα έχει παρουσιάσει τα καλύτερα αποτελέσματα παγκοσμίως.
- Η κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία τσιμέντου θα μπορούσε να μειωθεί κατά 20% υπό την προϋπόθεση πως οι κύριες χώρες παραγωγής τσιμέντου, θα είχαν ως σημείο αναφοράς στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας τη χώρα εκείνη που θα έχει παρουσιάσει τα καλύτερα αποτελέσματα παγκοσμίως.
- Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα (kW) θα μπορούσαν να μειωθούν κατά 20%, εφόσον επιτευχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο εξοικονόμηση ενέργειας στην παραγωγή της ίση με τον μέσο όρο των 10 πρώτων χωρών.

Σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, η συμμετοχή της βιομηχανίας στη συνολική κατανάλωση τελικής ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 24%. Από τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στη βιομηχανία, το 26,8% είναι ηλεκτρισμός, το 67,8% παράγεται από συμβατικά καύσιμα και το 5,4% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Η ενεργειακή ένταση (κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος) που παρουσιάζει η ελληνική βιομηχανία είναι υψηλή σε σχέση με χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εμφανίζουν παρεμφερή βιομηχανική δομή και ανάπτυξη. Αυτό σημαίνει για την Ελλάδα κατανάλωση ενέργειας με χαμηλό βαθμό απόδοσης. Ο χαμηλός βαθμός ενεργειακής απόδοσης της ελληνικής βιομηχανίας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, όπως και στην έλλειψη επεμβάσεων εκσυγχρονισμού του βιομηχανικού εξοπλισμού.

Η σχετικά μικρή συμμετοχή του ενεργειακού κόστους στο τελικό κόστος του προϊόντος, στις περισσότερες ελληνικές βιομηχανίες, παράλληλα με τα γενικότερα οικονομικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος, έχουν σαν αποτέλεσμα η υλοποίηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας να μην ανήκει στις προτεραιότητες των περισσότερων ελληνικών βιομηχανιών. Συγχρόνως, υπάρχει και άγνοια για τις σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που υπάρχουν στην ελληνική βιομηχανία, καθώς και για τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από αυτήν.

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε μία ελληνική βιομηχανία μπορούν να είναι από ένα απλό «ενεργειακό νοικοκύρεμα» με χαμηλό κόστος, μέχρι επεμβάσεις υψηλότερου κόστους με μεσοπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη απόσβεση. Σε κάθε περίπτωση, ένα πρόγραμμα επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε μία βιομηχανία θα πρέπει να υλοποιηθεί με τεχνικοοικονομικά κριτήρια, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης βιομηχανίας, να εφαρμοσθεί σε τομείς όπου υπάρχει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους που θα προκύψει από τις επεμβάσεις και ο χρόνος απόσβεσης του κεφαλαίου που θα επενδυθεί να είναι ελκυστικός για την επιχείρηση.

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να αποδώσει οφέλη στα εξής τρία διακριτά επίπεδα:

- Οικονομικά οφέλη: συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης. Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Λειτουργικά οφέλη: βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας ή ενός κτιρίου να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της ή διαφορετικά να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.
- Περιβαλλοντικά οφέλη: αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Πιο συγκεκριμένα, τα σημαντικότερα από τα οφέλη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία είναι:

- Μείωση του κόστους παραγωγής του τελικού προϊόντος και συνεπώς αύξηση της ανταγωνιστικότητας της βιομηχανίας.
- Μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων και προσαρμογή των βιομηχανιών στις υπό εφαρμογή σχετικές Κοινοτικές Οδηγίες.
- Θετική συμβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, λόγω μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

- Συμβολή στην προσπάθεια της χώρας για μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Συμβολή στην επίτευξη των στόχων και των δεσμεύσεων της χώρας, που έχουν τεθεί για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε διεθνές επίπεδο.

Είναι προφανές πως, σε μία βιομηχανία, τα κριτήρια βάση των οποίων θα υλοποιηθεί ένα πρόγραμμα επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας είναι τεχνικοοικονομικά κριτήρια, ώστε το αποτέλεσμα:

- Να ανταποκριθεί στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης βιομηχανίας.
- Να εφαρμοσθεί, αν είναι δυνατόν, σε τομείς όπου υπάρχει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους, το οποίο θα προκύψει από τις επεμβάσεις.
- Να είναι ελκυστικός για την επιχείρηση ο χρόνος απόσβεσης του επενδυόμενου κεφαλαίου.

Επισημαίνεται ότι πριν από την απόφαση εφαρμογής οποιουδήποτε προγράμματος μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, είναι απαραίτητη αρχικά η ενεργειακή επιθεώρηση και κατόπιν η ενεργειακή διαχείριση όλων των συστημάτων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία.

Επομένως, πριν από την υλοποίηση τυχόν επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε μια βιομηχανία, κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια μιας Ενεργειακής Επιθεώρησης, ώστε να γίνει η εκτίμηση των τεχνικοοικονομικών κριτηρίων και των ενδεχόμενων αποτελεσμάτων και να προκύψει έτσι η σκοπιμότητα ή όχι πραγματοποίησης μιας τέτοιας επένδυσης. Η διενέργεια μιας Ενεργειακής Επιθεώρησης οδηγεί στο σχηματισμό μιας σαφούς εικόνας για την (από ενεργειακής άποψης) κατάσταση στην οποία βρίσκεται η βιομηχανία και στην πρόταση συγκεκριμένων μέτρων. Από την υλοποίηση αυτών των μέτρων θα προκύψει τόσο σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση όσο και αντίστοιχα οικονομικά οφέλη.

Οι κυριότερες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν σε μία βιομηχανία είναι:

1. Η αντικατάσταση των ηλεκτροκινητήρων με αντίστοιχους σύγχρονους υψηλού βαθμού απόδοσης.
2. Ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα.
3. Η ρύθμιση, συντήρηση και αντικατάσταση λεβήτων, φούρνων και κλιβάνων.
4. Η θερμομόνωση αγωγών, δεξαμενών και άλλου εξοπλισμού.
5. Η ανάκτηση θερμότητας.
6. Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης.
7. Η υποκατάσταση υγρών καυσίμων από φυσικό αέριο.
8. Η εγκατάσταση ενός συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.
9. Άλλες τυχόν επεμβάσεις.

Κατ' αντιστοιχία, τα κυριότερα οφέλη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία είναι:

1. Μείωση του κόστους παραγωγής του τελικού προϊόντος και, κατά συνέπεια, αύξηση της ανταγωνιστικότητας της βιομηχανίας.

2. Μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων και προσαρμογή των βιομηχανιών στις σχετικές Κοινοτικές Οδηγίες οι οποίες βρίσκονται σε ισχύ.
3. Θετική συμβολή στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο, εξ' αιτίας της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.
4. Συμβολή στη μείωση της εξάρτησης από την εισαγωγή καυσίμων και, κατά συνέπεια, αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
5. Συμβολή στην επίτευξη των θεσμοθετημένων στόχων και δεσμεύσεων της Ελλάδας, όσον αφορά στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε διεθνές επίπεδο.

2.4.Ενεργειακή Επιθεώρηση

Ενεργειακή Επιθεώρηση ονομάζεται η διαδικασία εκτίμησης τωνπραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων οι οποίοι τις επηρεάζουν και των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας. Η Ενεργειακή Επιθεώρηση περιλαμβάνει τα εξής:

- Καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων και των χαρακτηριστικών τους.
- Εκτέλεση κατάλληλου προγράμματος μετρήσεων σημαντικών ενεργειακών, καθώς και άλλων, μεγεθών.
- Επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.
- Προσδιορισμό συγκεκριμένων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, βάσει της ανωτέρω ενεργειακής ανάλυσης.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί μία σημαντική δράση με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και έχει εφαρμογή τόσο στη βιομηχανία όσο και στον κτιριακό τομέα. Αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, οι οποίες είναι οισυνοπτικές και οι εκτενείς ενεργειακές επιθεωρήσεις.Συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση είναι η επιθεώρηση που εντοπίζει όλες τιςεπεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας πρώτης προτεραιότητας και άμεσης απόδοσης καιοριοθετεί τις επεμβάσεις εκείνες, οι οποίες καταρχήν ικανοποιούν τα κριτήρια του φορέαγια αυτοχρηματοδότηση επενδύσεων, καθώς και εκείνες που χρήζουν αναλυτικήςτεκμηρίωσης στα πλαίσια της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης.Εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση είναι η επιθεώρηση η οποία συνήθως έπεται τηςσυνοπτικής επιθεώρησης και όπου εκτός από τα ενεργειακά στοιχεία χρειάζονται καιμετρήσεις προκειμένου να καταρτιστούν τα ενεργειακά ισοζύγια στις ενεργοβόρες μονάδεςή εγκαταστάσεις. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζονται επεμβάσεις μεσοπρόθεσμης καιμακροπρόθεσμης απόδοσης.

2.5. Διαχείριση ενέργειας και Ενεργειακός έλεγχος

2.5.1. Ενεργειακή Διαχείριση

Διαχείριση ενέργειας στη βιομηχανία είναι η βασική μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του συστήματος με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα, με άμεσο στόχο την μείωση της συμμετοχής της ενέργειας στο συνολικό κόστος παραγωγής.

Η Ενεργειακή Διαχείριση ενός κτιρίου είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Αυτές οι δράσεις αποσκοπούν:

- Στην οικονομική αποδοτικότητα και αύξηση του κέρδους των διαφόρων φορέων διαχείρισης κτιρίων από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Στη διατήρηση ή βελτίωση της ασφάλειας και ποιότητας ζωής και παροχής υπηρεσιών.
- Στη διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Η διαχείριση ενέργειας στις βιομηχανίες στηρίζεται στο συνεχή έλεγχο της ενεργειακής κατανάλωσης με συστηματικό και οργανωμένο τρόπο, στη σαφή γνώση των ενεργειακών απαιτήσεων, του ανθρώπινου δυναμικού, των προτεραιοτήτων και των οικονομικών μέσων. Αποτελεί μια πειθαρχημένη δραστηριότητα, οργανωμένη και δομημένη προς την πλέον αποδοτική χρήση της ενέργειας, χωρίς να μειωθούν τα παραγωγικά επίπεδα και χωρίς να θυσιαστεί η ποιότητα του προϊόντος, η ασφάλειά του ή τα περιβαλλοντικά του πρότυπα. Η θεμελιώδης αρχή της διαχείρισης ενέργειας είναι η οικονομική αποτελεσματικότητα. Απαιτεί τόσο τεχνικές όσο και οικονομικές εκτιμήσεις.

Ένα πρόγραμμα ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνει τις εξής ενέργειες:

1. Ενεργειακή επιθεώρηση της βιομηχανίας, με καταγραφή τόσο της ενεργειακής κατανάλωσης όσο και των χαρακτηριστικών της, μετρήσεις σημαντικών ενεργειακών, και άλλων, μεγεθών σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία, επεξεργασία των αποτελεσμάτων τα οποία προκύπτουν από τις μετρήσεις και προσδιορισμό συγκεκριμένων μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης.
2. Ορισμό του ρόλου Ενεργειακού Υπευθύνου, ο οποίος θα έχει καλή γνώση των παραγωγικών διαδικασιών και των ενεργειακών συστημάτων της βιομηχανίας.
3. Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.
4. Σύνταξη, σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενεργειακών εκθέσεων προς τη Διοίκηση.
5. Εφαρμογή νέων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (όπως συμπαραγωγή ενέργειας, συστήματα ελέγχου και αυτοματισμών κ.α.) πάντοτε έπειτα από εκπόνηση σχετικής τεχνικοοικονομικής μελέτης η οποία θα εξετάζει την σκοπιμότητα της εφαρμογής.
6. Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του προσωπικού σχετικώς με τους στόχους του προγράμματος καθώς και καθορισμό της συμμετοχής του σε αυτό.
7. Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού.

Στα πλαίσια της Ενεργειακής Διαχείρισης περιλαμβάνεται επίσης και η μέτρηση κρίσιμων ενεργειακών και περιβαλλοντικών μεγεθών μιας βιομηχανίας. Η επεξεργασία των μετρήσεων

των μεγεθών αυτών επιτρέπει στη βιομηχανική μονάδα να εντοπίσει πιθανές δυσλειτουργίες και, μέσω μιας ορθότερης διαχείρισης, να ομαλοποιήσει την λειτουργία της, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ενεργειακή λύση.

Τα σημαντικότερα εμπόδια για την ένταξη της ενεργειακής διαχείρισης σε μια επιχειρησιακή μονάδα είναι τα εξής:

- Έλλειψη πληροφόρησης για τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας της επιχειρησιακής μονάδας μέσα από τις διαδικασίες της ενεργειακής διαχείρισης.
- Έλλειψη τεχνογνωσίας.
- Μικρό κόστος ενέργειας με αποτέλεσμα μειωμένο ενδιαφέρον και διαφορετικές προτεραιότητες από τη διοίκηση των επιχειρησιακών μονάδων.

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

- Οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχειρησιακής μονάδας.
- Λειτουργικά οφέλη, τα οποία βοηθούν στη διαχείριση της επιχειρησιακής μονάδας και στη βελτίωση των επιπέδων άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της (ή των ενοίκων του κτιρίου) και στη βελτίωση της γενικότερης λειτουργίας της.
- Περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία αφορούν κυρίως στη μείωση των εκπομπών CO₂ ή άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), στη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και στη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Η παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης πρότασης προς το φορέα διαχείρισης, για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνει τα εξής:

- Συνοπτική ανάλυση της υφιστάμενης συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Καταγραφή των τυχόν μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Σύγκριση των ενεργειακών δεικτών του κτιρίου με τους δείκτες άλλων ομοειδούς κατασκευής και χρήσης.
- Παραδειγματική περιγραφή των επιτευγμάτων από τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.
- Προμελέτη σκοπιμότητας για τη συσχέτιση των στοιχείων αρχικού και λειτουργικού κόστους και οφέλους των σχετικών επενδύσεων.
- Προκαταρκτική έρευνα αγοράς για τους πιθανούς προμηθευτές του σχετικού εξοπλισμού.

2.5.2. Ενεργειακός Έλεγχος

Ο Ενεργειακός έλεγχος (Energy Audit) είναι μια διαδικασία που αποσκοπεί:

- Στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο.

- Στην ιεράρχηση, αξιολόγηση και πρόταση προς κάποιο φορέα διαχείρισης, κατάλληλων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο ενεργειακός έλεγχος περιλαμβάνει τα ακόλουθα τρία στάδια:

1. Σχεδιασμός ενεργειακού ελέγχου: Στο στάδιο αυτό θα πρέπει να συλλεχθούν πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή εικόνα, την κατασκευή και τη χρήση του κτιρίου.
2. Συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος: Το στάδιο αυτό συνίσταται στον επί τόπου κυρίως έλεγχο, από τον υπεύθυνο του Ενεργειακού Ελέγχου, του κελύφους και των Η/Μ εγκαταστάσεων του κτιρίου και την καταγραφή κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των δομικών κατασκευών και του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων σε ειδικό έντυπο.
3. Αναλυτικός ενεργειακός έλεγχος: Συνιστάται στη λεπτομερή συλλογή και ανάλυση δεδομένων επί τόπου αναλυτικών μετρήσεων και στην πλήρη εξέταση τμημάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου, που θα επιτρέψουν τη σύνταξη του τελικού ενεργειακού ισοζυγίου ενός συστήματος και την ορθή τεχνικοοικονομική αξιολόγηση μιας δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας.

Ένα πρόγραμμα αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής:

- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συνοπτικού ενεργειακού ελέγχου με σκοπό την ενημέρωση του φορέα διαχείρισης του εξεταζόμενου κτιρίου, τον εντοπισμό των σημείων που παρουσιάζουν ελλείψεις από πλευράς στοιχείων και τη συζήτηση και διευκρίνιση του τρόπου και του σκοπού συμπλήρωσης των στοιχείων που λείπουν.
- Παρουσίαση των δυνατοτήτων του μετρητικού εξοπλισμού υποστήριξης του ενεργειακού ελέγχου σε κάθε ενεργειακό υποσύστημα του κτιρίου (κέλυφος, εγκαταστάσεις θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού και ηλεκτρικής κίνησης). Ένας τέτοιος εξοπλισμός πρέπει να περιλαμβάνει θερμομέτρο, υγρασιόμετρο, ροόμετρο, μετρητή διαφορικής πίεσης, ανεμόμετρο, λουξόμετρο, αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, αναλυτή καυσαερίων και πιθανά θερμογραφική κάμερα και μετρητές ηλιακής ακτινοβολίας.

Για την υποστήριξη του αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου συνήθως απαιτείται η καταγραφή κάποιων κρίσιμων μεγεθών και παραμέτρων συναρτήσει του χρόνου και για μεγάλες περιόδους, ώστε να είναι δυνατή η διάκριση της περιοδικότητας και της επίδρασης ορισμένων παραγόντων στις χρονοσειρές. Η διενέργεια μακροχρόνιων καταγραφών, τόσο για κάθε ενεργειακό υποσύστημα όσο και συγκεντρωτικά για όλο το κτίριο, αν και γενικώς συνίσταται, δεν είναι πάντα ενδεδειγμένη (καθώς απαιτεί ακριβό εξοπλισμό) παρά μόνο εφόσον η βαρύτητα των στόχων του ενεργειακού ελέγχου το επιβάλλει. Στα παραπάνω πλαίσια εντάσσονται όλες οι μετρήσεις που σχετίζονται με την ποιότητα της θερμικής και οπτικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα αέρα, φωτεινότητα) καθώς και ηλεκτρικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό του ημερησίου προφίλ της ζήτησης ισχύος, καθώς και σύνθετες μετρήσεις για τη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού (ψύξη / θέρμανση / αερισμός). Το πλήθος, η διάρκεια και η ακρίβεια των σχετικών μετρήσεων εξαρτώνται άμεσα από το εύρος και το βάθος των ενεργειών του αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου.

Τα αποτελέσματα που θα έχουν προκύψει από τις παραπάνω ενέργειες πρέπει να αναλυθούν μέσω της επεξεργασίας των μετρήσεων και μέσω υπολογισμών που βασίζονται στα επιτόπια εποπτικά δεδομένα και σε θεωρητικές εκτιμήσεις, ώστε:

- Να προσδιορισθούν ποσοτικά οι χρήσεις της ενέργειας που υπολείπονται, για την τελική έκφραση της κατανομής της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση.
- Να προσδιορισθούν οι αιτίες που δημιουργούν την σημερινή εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και οι δυνατότητες που συνεπάγονται για εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε εξεταζόμενο σύστημα.
- Να υπολογιστούν οι ενεργειακές απώλειες από τις χρήσεις στο κτίριο ώστε να εκφραστούν τα τελικά ενεργειακά ισοζύγια ανά σύστημα, μέσω των διαγραμμάτων Sankey ενεργειακών ροών. Ο αναλυτικός ενεργειακός έλεγχος καταλήγει σε μια αναφορά όπου συμπεριλαμβάνονται τα αποτελέσματα της καταγραφής και των μετρήσεων και η οποία καταλήγει σε μια σειρά από προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης της επιχείρησης.

2.5.3. Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου έχουν τη δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων με ορθό και παράλληλο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζονται κάθε φορά οι επιθυμητές τιμές των παραμέτρων του εσωκλίματος (εσωτερική θερμοκρασία, υγρασία, ποιότητα αέρα, ταχύτητα αέρα, επίπεδα φωτισμού, θάμβωση, κτλ.). Η χρήση των συστημάτων αυτών δίνει λύση στο πρόβλημα της επίδρασης της λειτουργίας ενός ενεργειακού συστήματος πάνω σε ανταγωνιστικές παραμέτρους. Για παράδειγμα, η λειτουργία του συστήματος αερισμού βελτιώνει την ποιότητα του αέρα, αλλά προκαλεί θερμικές απώλειες, άρα μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Οι τεχνικές αυτοματισμού επιτρέπουν επίσης τη βελτιστοποίηση της συνδυασμένης λειτουργίας των ενεργειακών και παθητικών συστημάτων ενός κτιρίου. Τα ενεργειακά συστήματα πρέπει να λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς τα παθητικά συστήματα και μόνο κατά τη διάρκεια περιόδων που διαπιστώνεται πως οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου δεν δύναται να ικανοποιηθούν από τη λειτουργία των παθητικών συστημάτων. Η συνδυασμένη αυτή λειτουργία μπορεί εύκολα να προγραμματιστεί με τη βοήθεια των τεχνικών αυτοματισμού.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι τεχνικών ελέγχου που εφαρμόζονται στα κτίρια. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται κυρίως από το είδος των εγκαταστάσεων που πρόκειται να ελεγχθούν. Ένα τυπικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου, ανεξάρτητα από την τεχνική που χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του, αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- Αισθητήρες: Τα εξαρτήματα αυτά μετρούν την τιμή των παραμέτρων ελέγχου, οι οποίες είναι η εσωτερική θερμοκρασία, η υγρασία, οι συγκεντρώσεις ρύπων, τα επίπεδα φωτισμού, κτλ.
- Ενεργοποιητές: Οι συσκευές αυτές εκτελούν την αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων που συνδέονται στο σύστημα ελέγχου.
- Ελεγκτές: Αποτελούν τα κύρια στοιχεία του συστήματος ελέγχου, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονισμού των διάφορων ενεργειακών συστημάτων, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου.

Οι κλασικές τεχνικές ελέγχου βάσει των οποίων λειτουργούν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου είναι οι ακόλουθες:

- έλεγχος δύο θέσεων (on-off control)
- αναλογικός έλεγχος (P control)
- αναλογικός-ολοκληρωτικός έλεγχος (PI control)
- αναλογικός-ολοκληρωτικός-διαφορικός έλεγχος (PID control)
- έλεγχος χρονικού προγραμματισμού (time programming control)
- έλεγχος με τη βοήθεια λογικών συστημάτων (logic control)
- έλεγχος με τη βοήθεια optimizer

2.5.4. Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης

Η εγκατάσταση ενός συστήματος αυτοματισμού μπορεί να οδηγήσει σε πολύ σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά στην ενεργειακή εξοικονόμηση. Συγκεκριμένα, ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή/και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των ενεργειακών εγκαταστάσεων από έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και η καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων τα οποία είναι εγκατεστημένα στο κτίριο και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα BEMS βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και το σύστημα European Installation Bus (EIB).

Το σύστημα BEMS αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου: Επιτελεί τον προγραμματισμό και το χειρισμό του συστήματος.
- Αισθητήρια όργανα: Μετρούν τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου, όπως για παράδειγμα, τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα αέρα, τη στάθμη φωτισμού κ.ά..
- Ενεργοποιητές - Συσκευές εκτέλεσης εντολών: Μεταβάλλουν τον τρόπο λειτουργίας των διαφόρων εγκαταστάσεων, όπως για παράδειγμα, θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπά, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το σύστημα BEMS.
- Ελεγκτές: Καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονίζουν όλες τις εγκαταστάσεις. Αποτελούν, ουσιαστικά, τον «εγκέφαλο» του συστήματος.
- Συνδετήριες καλωδιώσεις: Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή των διαφόρων καταστάσεων εκτελείται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν επιλογείς καταστάσεων.

Τα στάδια λειτουργίας ενός συστήματος BEMS είναι τα εξής:

1. Μέτρηση των παραμέτρων ελέγχου.
2. Διενέργεια απαραίτητων διορθώσεων και ρυθμίσεων.
3. Επίβλεψη εγκαταστάσεων και κατανάλωσης ενέργειας.
4. Παρέμβαση για τυχόν βελτιώσεις.

Στο πρώτο στάδιο ανιχνεύονται ή μετρώνται, με τη βοήθεια αισθητήρων, οι τιμές των παραμέτρων του εσωκλίματος των κτιρίων (θερμοκρασία, υγρασία, κτλ.) Στο δεύτερο στάδιο γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές και ρυθμιστικές κινήσεις, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων που ανιχνεύονται ή μετρώνται και τη στρατηγική ελέγχου που έχει επιλεγεί. Στο επόμενο στάδιο καταγράφονται οι εφαρμοζόμενες στρατηγικές ελέγχου και οι αποδόσεις τους ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση και βελτιστοποίησή τους. Τέλος, στο στάδιο της παρεμβολής, ο χρήστης παρεμβαίνει και βελτιώνει τη στρατηγική ελέγχου.

Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα BEMS σε ένα κτίριο είναι τα εξής:

- Συστήματα θέρμανσης ή / και κλιματισμού
- Παθητικά συστήματα όπως, για παράδειγμα, αίθρια, αερισμός, και λοιπά
- Αερισμού
- Εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρική εγκατάσταση: Παρακολουθεί τη διακύμανση αιχμής του ηλεκτρικού φορτίου αναλόγως της χρέωσης τιμολογίου και περιορίζει την αιχμή ηλεκτρικής ζήτησης.
- Υδραυλική εγκατάσταση: Σε περίπτωση πλημμύρας κλείνει το γενικό διακόπτη νερού και ειδοποιεί με μήνυμα SMS τον ιδιοκτήτη στο κινητό τηλέφωνό του.
- Εγκατάσταση θέρμανσης: Την εκκινεί για την αποφυγή παγετού.
- Σύστημα σκιάστρων
- Σύστημα άρδευσης
- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας: όπως για παράδειγμα, πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης, συναγερμού κτλ.

Με το σύστημα BEMS εξασφαλίζονται τα εξής:

- Εύκολο κεντρικό έλεγχο, από ένα σημείο, όλων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.
- Καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας.
- Τήρηση αρχείων (στατιστικών στοιχείων) για τον εντοπισμό των σημείων όπου χρειάζεται παρέμβαση.
- Εξοικονόμηση ενέργειας

Επισημαίνεται ότι το σύστημα BEMS αποτελεί τη μοναδική λύση όσον αφορά στην ορθολογική λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων σε κτίρια μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Η εγκατάστασή του έχει νόημα μόνο εφόσον έχουν προηγηθεί όλες οι απαραίτητες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας όπως για παράδειγμα, θερμομόνωση, διπλοί υαλοπίνακες, συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης και λοιπά.

2.6. Τομείς εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανία

Το περιβάλλον των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου περιλαμβάνει μια σειρά παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και σύνθεση αέρα, στάθμη φωτισμού, κτλ) και ονομάζεται εσωκλίμα. Η διαμόρφωση του κατάλληλου, για κάθε κτίριο, εσωκλίματος επιτυγχάνεται με τη λειτουργία των απαραίτητων ενεργειακών συστημάτων, τα οποία καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου οριοθετούνται από τις επιθυμητές τιμές που πρέπει να πάρουν οι παράμετροι του εσωκλίματος για το συγκεκριμένο κτίριο. Οι επιθυμητές αυτές τιμές διαφοροποιούνται από κτίριο σε κτίριο, ακόμα και από χώρο σε χώρο του ίδιου κτιρίου. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο διαφορετικό κριτήριο που καλείται να ικανοποιήσει το εσωκλίμα του κάθε κτιρίου ή χώρου.

Στα κτίρια του παραγωγικού τομέα, οι κτιριακές εγκαταστάσεις αυτού του τομέα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει κτίρια ή χώρους που χρησιμοποιούνται όπως οι χώροι διάφορων κτιρίων του τριτογενούς τομέα (κυρίως χώροι γραφείων και συνεδρίων). Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κτίρια ή χώρους όπου λαμβάνουν χώρα οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες. Η πρώτη κατηγορία χώρων συναντάται ως επί το πλείστον σε βιομηχανικές μονάδες, αντίθετα η δεύτερη κατηγορία υπάρχει σε όλες τις παραγωγικές μονάδες.

Οι χώροι του παραγωγικού τομέα, των οποίων η χρήση είναι όμοια με εκείνη των αντίστοιχων κτιρίων του τριτογενούς τομέα, αντιμετωπίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όσον αφορά τη διαμόρφωση του κατάλληλου εσωκλίματος, αλλά και γενικότερα. Αυτό σημαίνει πως οι ενεργειακές ανάγκες τους και κατ' επέκταση η λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων τους, δεν αλλάζουν σε σχέση με εκείνες των αντίστοιχων κτιρίων του τριτογενούς τομέα. Αντίθετα, στους χώρους των παραγωγικών μονάδων όπου στεγάζονται οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες, το κριτήριο της διαμόρφωσης του κατάλληλου εσωκλίματος είναι η επίτευξη των απαιτούμενων συνθηκών, οι οποίες ευνοούν την ποιότητα της παραγωγής και την παραγωγικότητα της επιχείρησης και όχι απαραίτητα την άνετη διαβίωση και εργασία των χρηστών. Έτσι, οι επιθυμητές τιμές των παραμέτρων του εσωκλίματος είναι διαφορετικές στους χώρους αυτούς και μάλιστα διαφοροποιούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας που πραγματοποιείται στον κάθε χώρο. Επομένως, οι ενεργειακές ανάγκες μεταβάλλονται και αυτές, με αποτέλεσμα τη διαφορετική ρύθμιση της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων των χώρων, ώστε να επιτυγχάνονται οι κατάλληλες κάθε φορά συνθήκες.

Το εσωκλίμα ενός κτιρίου διαμορφώνεται από έναν ακόμη παράγοντα πλην της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων. Αυτός ο παράγοντας είναι το κέλυφος του κτιρίου. Η σωστή κατασκευή του κτιριακού κελύφους μπορεί να επιφέρει δραστική μείωση της χρήσης των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου με συνακόλουθη εξοικονόμηση ενέργειας (οι ενεργειακές ανάγκες παραμένουν οι ίδιες). Επομένως, οι παρεμβάσεις που εφαρμόζονται στο κτιριακό κέλυφος με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας (π.χ. θερμομόνωση) είναι εξίσου σημαντικές, αν όχι σημαντικότερες, από εκείνες που εφαρμόζονται στα ενεργειακά συστήματα. Επισημαίνεται πως στους χώρους των παραγωγικών μονάδων, όπου πραγματοποιούνται οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες, υφίστανται αρκετές φορές ειδικές τοπικές απαιτήσεις εξαιτίας των παραγωγικών διαδικασιών, οι οποίες πρέπει οπωσδήποτε να ληφθούν υπόψη.

2.6.1. Ηλεκτροκινητήρες

Γενικώς, η σχεδίαση των ηλεκτροκινητήρων γίνεται με στόχο τη λειτουργία μέγιστης ενεργειακής απόδοσης σε πλήρες φορτίο. Στηνπραγματικότητα όμως, η λειτουργία είναι, τις περισσότερες φορές, διαφορετική, τόσο επειδή ορισμένοι κινητήρες επιτυγχάνουν το μέγιστο φορτίο τους σε τιμές ισχύος χαμηλότερες της ονομαστικής όσο και εξαιτίας των διαφόρων περιθωρίων (τα οποία δίδονται κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό των εφαρμογών) για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων καταστάσεων φόρτισης των κινητήρων. Από τηνεμπειρία λοιπόν, προκύπτει πως η φόρτιση των κινητήρων σε βιομηχανικές εφαρμογές είναι της τάξης του 60%.

Υπό τις κατάλληλες τεχνικοοικονομικές προϋποθέσεις, οι κινητήρες χαμηλήςλειτουργικής και ενεργειακής απόδοσης μπορούν να αντικατασταθούν με αντίστοιχους υψηλού βαθμού απόδοσης. Οι κινητήρες αυτοί σχεδιάζονται προς επίτευξη υψηλής απόδοσης σε συνθήκες χαμηλής φόρτισης, έως και 25% του πλήρους φορτίου. Οι ασύγχρονοι κινητήρες είναι κινητήρες οι οποίοι αποδίδουν σταθερή ταχύτητα στο δρομέα τους.Οι βιομηχανικές εφαρμογές οι οποίες απαιτούν μηχανική ισχύ μπορούν, στην πλειονότητα τους,να βελτιωθούν τόσο ενεργειακά όσο και λειτουργικά, μετη χρήση κινητήρων μεταβλητών στροφών, όπου η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα ρυθμίζεται βάσει των απαιτήσεων των διεργασιών.

Οι επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας στην κίνηση είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Κινητήρες μεταβλητών στροφών (inverters)
- Σύγχρονοι κινητήρες υψηλού βαθμού απόδοσης
- Βελτίωση συντελεστή ισχύος (τοπική και κεντρική αντιστάθμιση)
- Ετεροχρονισμός φορτίων - εξομάλυνση αιχμών

2.6.2. Συντελεστής ισχύος

Συντελεστής ισχύος (ή $\cos\phi$ ή $\cos\phi$) ονομάζεται ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος ($P_{\omega\phi}$ σε kW) προς την συνολική απορροφώμενη από το δίκτυο της ΔΕΗ ισχύ (P σε kVA). Οι μεγάλοι εμπορικοί και βιομηχανικοί καταναλωτές ηλεκτρισμού, επιβαρύνονται από τη ΔΕΗ με υψηλότερες χρεώσεις για χαμηλό συντελεστή ισχύος.

Η σωστή λειτουργία του συστήματος επηρεάζεται από το χαμηλό συντελεστή ισχύος των επαγωγικών φορτίων, ιδιαίτερος εκείνων στη μέση τάση, ως εξής:

1. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$, τόσο περισσότερη ένταση απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων.
2. Εξαιτίας της υψηλότερης αυτής έντασης, απαιτείται χρήση μεγαλύτερου μετασχηματιστή ισχύος αλλά και αγωγών μεγαλύτερης διατομής.
3. Κατά συνέπεια, η χρέωση από τη ΔΕΗ είναι υψηλότερη.

Ο καταλληλότερος τρόπος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$ είναι η χωρητική αντιστάθμιση, η οποία πραγματοποιείται με την παράλληλη ζεύξη πυκνωτών. Υπάρχουν δύο τύποι πυκνωτών:

- Στατικοί πυκνωτές: Ενδείκνυνται για εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος (μικρότερης των 50 kVA_r) καθώς και για τοπική αντιστάθμιση.
- Αυτόματα ρυθμιζόμενη συστοιχία πυκνωτών: Εφαρμόζεται κυρίως σε εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος με φορτία έντονης διακύμανσης. Η αυτόματα ρυθμιζόμενη συστοιχία πυκνωτών χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες.

2.6.3. Πεπιεσμένος αέρας

Σε πολλές περιπτώσεις, κατά την παραγωγική διαδικασία είναι απαραίτητη η χρήση πεπιεσμένου αέρα. Ο πεπιεσμένος αέρας παράγεται με ηλεκτροκίνητους αεροσυμπιεστές και χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του παραγωγικού εξοπλισμού, την κίνηση βαλβίδων ελέγχου και χειριστηρίων καθώς και σε άλλες παρόμοιες εφαρμογές.

Όσον αφορά τον αέρα που εισέρχεται στον αεροσυμπιεστή, όσο ψυχρότερος είναι, τόσο μικρότερος θα είναι ο όγκος που θα συμπιεστεί και, κατά συνέπεια, το απαιτούμενο από τον αεροσυμπιεστή έργο θα είναι μικρότερο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα ποσά ενέργειας τα οποία καταναλώνουν οι αεροσυμπιεστές θα είναι μικρότερα. Επομένως, ένα μέτρο ενεργειακής εξοικονόμησης όσον αφορά στους αεροσυμπιεστές είναι η εγκατάστασή τους σε χώρους όσο το δυνατόν χαμηλότερης θερμοκρασίας, δηλαδή σε χώρους οι οποίοι είναι προστατευμένοι από την ηλιακή ακτινοβολία, καλά αεριζόμενοι, μακριά από πηγές θερμότητας και λοιπά. Εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται και με την εξαναγκασμένη (όπως, για παράδειγμα, με ανεμιστήρες και αεραγωγούς) προσαγωγή στο χώρο αέρα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Ένα παράδειγμα τέτοιας προσαγωγής είναι, κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, η προσαγωγή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον.

Όσον αφορά τους αεροσυμπιεστές, οι κλασσικοί αεροσυμπιεστές χαρακτηρίζονται από δύο θέσεις λειτουργίας. Στη θέση έναυσης (ON), ο αεροσυμπιεστής λειτουργεί στη πλήρη ισχύ όταν τα αεροφυλάκια είναι άδεια ή όταν υπάρχει ζήτηση από την παραγωγή. Στη θέση σβέσης (OFF), ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται σε μηδενική ισχύ όταν τα αεροφυλάκια είναι γεμάτα ή όταν δεν υπάρχει καθόλου ζήτηση. Στους σύγχρονους αεροσυμπιεστές (με την εφαρμογή τεχνολογίας μεταβλητών στροφών (inverter)) η ισχύς λειτουργίας και, κατά συνέπεια, η απορροφώμενη ηλεκτρική ισχύς είναι ανάλογη, κάθε φορά, της ζήτησης, με άμεσο αποτέλεσμα αντίστοιχη μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σύγχρονοι αεροσυμπιεστές διαθέτουν, επιπλέον, ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου τόσο για την παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα, όσο και για την επεξεργασία του. Με τη χρήση των συστημάτων αυτών επιτυγχάνεται μείωση της πίεσης λειτουργίας και μείωση των εσωτερικών απωλειών των συμπιεστών. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το 15%. Ενδεχομένως το ποσοστό να μην είναι εντυπωσιακό αλλά, σε μια μακροχρόνια βιομηχανική χρήση, το κέρδος δεν είναι αμελητέο.

Οι επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας στους αεροσυμπιεστές είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Σύγχρονοι αεροσυμπιεστές
- Ορθή επιλογή - διαστασιολόγηση με βάση τις πραγματικές ανάγκες
- Σωστός σχεδιασμός δικτύου
- Ελαχιστοποίηση διαρροών
- Ψύξη αέρα εισαγωγής
- Ανάκτηση θερμότητας

2.6.4. Σχεδίαση δικτύου

Η σωστή σχεδίαση ενός δικτύου πεπιεσμένου αέρα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση, και αυτό γιατί καθώς μπορούν να μειωθούν σημαντικά οι απώλειες πίεσης και, κατά συνέπεια, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον αεροσυμπιεστή προς κάλυψη των απαιτήσεων πίεσης. Ουσιάδους σημασία είναι η καλή κατάσταση στην οποία πρέπει να βρίσκεται ο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα, με απουσία διαρροών οι οποίες προκαλούν σπατάλη ενέργειας.

2.6.5. Ανάκτηση θερμότητας

Η ανάκτηση θερμότητας είναι η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η αξιοποίηση ενός μέρους της θερμότητας η οποία αποβάλλεται από κάποια μονάδα παραγωγής θερμότητας. Η ανάκτηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω εναλλαγής θερμότητας μεταξύ ρευστών τα οποία αποβάλλονται (όπως για παράδειγμα, τα καυσαέρια, τα απόνερα και άλλα) καθώς και ρευστών τα οποία συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία (όπως για παράδειγμα ο αέρας καύσης, τα νερά διεργασιών και λοιπά).

Κατά την διαδικασία παραγωγής πεπιεσμένου αέρα, οι αεροσυμπιεστές παράγουν επίσης θερμότητα, η οποία αντιστοιχεί σε ένα σημαντικό ποσοστό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και η οποία πρέπει να απομακρυνθεί από τους χώρους στους οποίους είναι εγκατεστημένοι. Οι επιτρεπόμενες θερμοκρασίες περιβάλλοντος στο χώρο των συμπιεστών κυμαίνονται από 5°C έως 40°C. Η πολύ χαμηλή θερμοκρασία ενέχει τον κίνδυνο να παγώσουν τα εξαρτήματα του συμπιεστή, ενώ η πολύ υψηλή προκαλεί μείωση της απόδοσης του συμπιεστή και ενδέχεται, επιπλέον, να προκύψει και πρόβλημα υπερφόρτισης του. Η απαγωγή αυτής της απορριπτόμενης θερμότητας επιτυγχάνεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, με τον εξαερισμό του χώρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον. Αυτή η απορριπτόμενη θερμότητα μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί, με άμεση εκμετάλλευσή της μέσω ενός δικτύου αεραγωγών, για θέρμανση χώρων.

Η εκμετάλλευση αυτής της θερμότητας για την παραγωγή θερμού νερού αποτελεί άλλον έναν τρόπο ανάκτησής της. Για παράδειγμα, στους κοχλιωτούς συμπιεστές με έγχυση ελαίου, το έλαιο απάγει περίπου το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία καταναλώνεται. Προς ανάκτηση της θερμικής αυτής ενέργειας, το έλαιο περνά από πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος μπορεί να θερμάνει νερό έως και τους 50°C.

2.6.6. Συστήματα κεντρικής θέρμανσης

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης θεωρείται επιτυχημένη όταν η λειτουργία της χαρακτηρίζεται από επάρκεια, οικονομία και ασφάλεια. Οι κυριότερες παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι οι ακόλουθες:

- Σωστή διαστασιολόγηση του λέβητα: . Υπερδιαστασιολόγηση του λέβητα έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή λειτουργία αυτού υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Έτσι, ο συντελεστής απόδοσης του μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας εκ μέρους του αυξάνεται. Αντίθετα, ένας υποδιαστασιολογημένος λέβητας αδυνατεί να καλύψει πλήρως τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου, ενώ υφίσταται και σοβαρή καταπόνηση εξαιτίας της συνεχούς λειτουργίας του υπό συνθήκες πλήρους φορτίου, γεγονός που μειώνει το χρόνο ζωής του.
- Αντικατάσταση υφιστάμενου λέβητα με λέβητα υψηλής απόδοσης: Η χρήση λεβήτων νέου τύπου με υψηλή απόδοση σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Με δεδομένη την κλίμακα απόδοσης που δίνουν οι κατασκευαστές των λεβήτων (80-110%), ένας λέβητας θεωρείται αποδοτικός, από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας, όταν η απόδοσή του είναι άνω του 90%. Οι πλέον εξελιγμένοι, διαθέσιμοι τύποι λέβητα υψηλής απόδοσης, είναι ο λέβητας αερίου παλμικής καύσης και ο λέβητας συμπύκνωσης. Οι λέβητες αυτοί επιτυγχάνουν συντελεστή απόδοσης πάνω από 95%, μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης κατά 15-20% και έχουν μέγιστη περίοδο απόσβεσης 4-5 έτη.
- Αποφυγή κυκλικής λειτουργίας του λέβητα: Η λειτουργία του λέβητα σε θερμικά φορτία πολύ μικρότερα από την ονομαστική θερμική ισχύ του επί μεγάλα χρονικά διαστήματα, έχει ως συνέπεια την πολύ χαμηλή απόδοση και τη μεγάλη σπατάλη καυσίμου, επομένως και ενέργειας. Για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται η κυκλική λειτουργία του λέβητα (εκκίνηση-παύση-εκκίνηση). Η αποφυγή της κυκλικής λειτουργίας του λέβητα εξασφαλίζεται: α) με τον καθορισμό ελέγχων που χρησιμοποιούν βηματικούς (υψηλός-χαμηλός-μηδενικός) ή μεταβλητούς ρυθμούς καύσης (15-100%) και β) με τη χρήση πολλών μικρών λεβήτων.
- Θερμομόνωση λέβητα: Οι απώλειες ενός μονωμένου λέβητα δεν ξεπερνούν το 1%, ενώ σε έναν αμόνωτο λέβητα είναι μεγαλύτερες του 5%. Επομένως η θερμομόνωση του περιβλήματος του λέβητα είναι επιβεβλημένη.
- Θερμομόνωση συστήματος μεταφοράς: Η θερμομόνωση του δικτύου σωλήνων ή αεραγωγών, όταν αυτοί διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους (υπόγεια, κλιμακοστάσια, κλπ) είναι υποχρεωτική.
- Σωστή κατασκευή σωληνώσεων και αεραγωγών: Η ορθή επιλογή του μήκους, της διαμέτρου και της διαμόρφωσης των σωλήνων του δικτύου μεταφοράς θερμού νερού είναι αναγκαία, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα αυξημένων απωλειών πίεσης, τα οποία οδηγούν σε επιλογή αντλιών μεγαλύτερης ισχύος, με αποτέλεσμα αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, σωστός σχεδιασμός του δικτύου σωληνώσεων εξασφαλίζει την υδραυλική εξισορρόπηση του δικτύου, δηλαδή την παροχή ίσης ποσότητας θερμού νερού σε όλους τους κλάδους σωληνώσεων του δικτύου. Η έλλειψη υδραυλικής εξισορρόπησης προκαλεί μεγαλύτερη πτώση πίεσης

στους κλάδους που είναι απομακρυσμένοι από τον κυκλοφορητή, με αποτέλεσμα την παροχή μικρότερης ποσότητας θερμού νερού στα θερμαντικά σώματα των κλάδων αυτών.

- Εγκατάσταση αναλυτή καυσαερίων: Η εγκατάσταση ενός αναλυτή καυσαερίων, συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη απόδοση του συστήματος. Ο αναλυτής παρακολουθεί τη θερμοκρασία του καυσίμου όπως και τις συγκεντρώσεις CO και CO₂ στα καυσαέρια, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αυτόματη ή χειροκίνητη ρύθμιση της βέλτιστης αναλογίας καυσίμου-αέρα στον καυστήρα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή.
- Εγκατάσταση μετρητικής συσκευής: Οι μετρητικές συσκευές είναι συσκευές υπολογισμού της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας από την εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης. Η χρήση τους επιτρέπει στους καταναλωτές να γνωρίζουν την ποσότητα ενέργειας που έχουν καταναλώσει, ώστε να αποφεύγουν την αλόγιστη σπατάλη καυσίμου.

2.6.7. Βιομηχανική ψύξη

Τα συστήματα ψύξης χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για τη διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών σε συγκεκριμένους χώρους, σύμφωνα κάθε φορά και με τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των τελικών προϊόντων σε ψυκτικούς θαλάμους, αλλά και σε μεγαλύτερους χώρους. Κυρίως, οι βιομηχανίες τροφίμων, όπως βιομηχανίες αλλαντικών, γαλακτοβιομηχανίες και άλλες, απαιτούν τη διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών σε συγκεκριμένους χώρους κατά την παραγωγική διαδικασία καθώς και την συντήρηση των τελικών προϊόντων σε ψυκτικούς θαλάμους.

Όσον αφορά στη βιομηχανική ψύξη, οι σημαντικότερες επεμβάσεις ενεργειακής εξοικονόμησης είναι οι εξής:

- Η αντικατάσταση των παλαιών ψυκτικών συγκροτημάτων με σύγχρονα. Τα σύγχρονα ψυκτικά συγκροτήματα παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερο βαθμό απόδοσης (COP). Επομένως, καταναλώνονται σημαντικά λιγότερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη του ίδιου ψυκτικού αποτελέσματος.
- Η καλή θερμομόνωση των ψυκτικών θαλάμων, καθώς και η μείωση των απωλειών ψύξης από το άνοιγμα και το κλείσιμό τους. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη ενημέρωση του προσωπικού καθώς και με σωστό προγραμματισμό της χρήσης τους.
- Η καλή θερμομόνωση των κλιματιζόμενων χώρων. Αυτό ισχύει τόσο για τους χώρους παραγωγής, όσο και για τους χώρους αποθήκευσης των τελικών προϊόντων.
- Η καλή θερμομόνωση των αγωγών του δικτύου του ψυκτικού μέσου. Αυτό ισχύει τόσο για τους χώρους παραγωγής, όσο και για τους χώρους αποθήκευσης των τελικών προϊόντων.
- Η ανάκτηση θερμότητας από το ψυκτικό συγκρότημα.

2.6.8. Παραγωγικός εξοπλισμός

Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο παραγωγικός εξοπλισμός μιας βιομηχανίας, αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς, με τη φυσιολογική φθορά του παραγωγικού εξοπλισμού, προκαλείται υπερκατανάλωση ενέργειας, αλλά και καθώς η τεχνολογική εξέλιξη έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία νέων μηχανημάτων σημαντικά βελτιωμένης ενεργειακής συμπεριφοράς, εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να προκύψει με την αντικατάσταση ή/και τον εκσυγχρονισμό του παλαιού εξοπλισμού.

Επομένως, σε μια βιομηχανική μονάδα θα πρέπει να υπάρχει μια πλήρης και σαφής εικόνα σχετικά με την κατάσταση στην βρίσκεται ο παραγωγικός εξοπλισμός και μια συνεχής ενημέρωση επάνω στις τεχνολογικές εξελίξεις και τα νέα προϊόντα όσον αφορά στον παραγωγικό εξοπλισμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στον εκάστοτε κλάδο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αποφασίζεται κάθε φορά ο τυχόν εκσυγχρονισμός, βάση τεχνικοοικονομικών κριτηρίων.

2.6.9. Βιομηχανικές κτιριακές εγκαταστάσεις

Όπως όλα τα κτίρια, και τα κτίρια του βιομηχανικού τομέα καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας. Τα μέτρα μείωσης της ενεργειακής τους κατανάλωσης εφαρμόζονται είτε στο κέλυφος είτε στις ηλεκτρομηχανολογικές τους εγκαταστάσεις οι οποίες αφορούν τη λειτουργία τους, όπως σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, αερισμού, και λοιπά. Προφανώς, μια συνολική προσέγγιση ενεργειακής εξοικονόμησης σε μια βιομηχανία αφορά τόσο την οποιαδήποτε διαδικασία παραγωγής όσο και τη λειτουργία των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Σε κτιριακές εγκαταστάσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ως γραφεία ισχύουν όλες οι τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες εφαρμόζονται σε οποιοδήποτε κτίριο του τριτογενούς τομέα. Σε κτιριακές εγκαταστάσεις στις οποίες στεγάζονται οι παραγωγικές διαδικασίες, ο ενεργειακός σχεδιασμός, μολονότι βασίζεται στις ίδιες αρχές, διαφοροποιείται αναλόγως της χρήσης του εκάστοτε χώρου, της λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού και της παρουσίας ανθρώπινης δραστηριότητας.

Δεδομένης τόσο της μεγάλης ποικιλίας των εσωτερικών συνθηκών (οι οποίες προκύπτουν από τη χρήση των μηχανημάτων, είτε απαιτούνται ανάλογα με το παραγόμενο προϊόν), όσο και του ποσού ενέργειας και του είδους καυσίμου τα οποία απαιτούνται για την παραγωγική διαδικασία σε σχέση με τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη λειτουργία των κτιρίων, κρίνεται απαραίτητη μια ειδική ενεργειακή μελέτη. Αυτή η ενεργειακή μελέτη θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα τα οποία καταναλώνουν, ή και παράγουν, ενέργεια και η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα έναν βέλτιστο συνολικό σχεδιασμό.

2.6.10. Κλιματισμός

Οι επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας στον κλιματισμό είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Αντικατάσταση παλαιών συγκροτημάτων με σύγχρονα υψηλού βαθμού απόδοσης (COP).
- Ανάκτηση θερμότητας από τον συμπυκνωτή.
- Τακτική συντήρηση και επισκευή δικτύου σωληνώσεων και αεραγωγών, καθαρισμός ή/και αντικατάσταση φίλτρων.
- Κατάλληλες ρυθμίσεις θερμοστατών και διατάξεων ελέγχου ανάλογα με τα φορτία και τη χρήση των χώρων.
- Καλής ποιότητας θερμομόνωση δικτύων.
- Αντικατάσταση των παλαιών τοπικών κλιματιστικών μονάδων (split units) με κεντρικό σύστημα κλιματισμού.
- Εγκατάσταση ρυθμιστών στροφών (Variable Speed Drivers) σε αντλίες και ανεμιστήρες.
- Ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα.

2.6.11. Άλλες τεχνολογίες βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας

Πέρα από τις επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας που παρουσιάστηκαν ανωτέρω, άλλες τεχνολογίες είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Ενεργειακή ολοκλήρωση διεργασιών (energy process integration)
- Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας
- Εφαρμογή συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

2.6.12. Μέτρα γενικών εφαρμογών

2.6.12.1. Ενεργειακή αναδιοργάνωση – Οικονομική λειτουργία των ηλεκτρικών συστημάτων

Ο περιορισμός της σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί τον προσδιορισμό περιττής ενεργειακής κατανάλωσης και την εξάλειψη ή, τουλάχιστον, τον περιορισμό της. Μέτρα τα οποία συντελούν στον περιορισμό της περιττής ενεργειακής κατανάλωσης αποτελούν:

- Η σβέση των λαμπτήρων σε χώρους στους οποίους δε χρησιμοποιούνται ή στα σημεία στα οποία ο συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού υπερβαίνει τις απαιτήσεις.
- Ο έλεγχος των θερμοκρασιών και της κατάστασης λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού, καθώς και η διακοπή λειτουργίας των κινητήρων όταν αυτοί λειτουργούν χωρίς φορτίο.

Επίσης, σε περιπτώσεις στις οποίες διαπιστώνονται ορισμένες υπερδιαστασιολογήσεις των ηλεκτρικών μηχανών και συσκευών, συνιστάται η κατάστρωση στρατηγικού σχεδίου ως προς τη σειρά φόρτισής τους, αλλά και πιθανώς αντικατάστασής τους.

Υπερδιαστασιολογήσεις παρουσιάζουν, συνήθως, οι παρακάτω κατηγορίες εξοπλισμού:

- Οι κινητήρες
- Τα δίκτυα φωτισμού και λαμπτήρες
- Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού
- Τα ψυγεία
- Οι αεροσυμπιεστές

Καθώς οι παρεμβάσεις ενεργειακής αναδιοργάνωσης δεν απαιτούν σημαντικές επενδύσεις αλλά ενέργειες διοικητικού χαρακτήρα, είναι ιδιαίτερος σημαντικός ο ρόλος του υπεύθυνου, από τη διοίκηση, διαχειριστή ενέργειας. Μέρος του ρόλου είναι και οι τακτικοί έλεγχοι.

Η επίτευξη της οικονομικής λειτουργίας ενός ηλεκτρικού συστήματος καθίσταται δυνατή μέσω της διαχείρισης των φορτίων και της επιλογής ενός καταλληλότερου τιμολογίου, συναρτήσει της μορφής και του μεγέθους της κατανάλωσης.

Με τον έλεγχο των βασικών φορτίων, καθίσταται εφικτός ο ετεροχρονισμός των φορτίων και η μείωση της αιχμής. Επιπλέον, υπάρχει και ο προγραμματισμός των δευτερευόντων φορτίων, τα οποία είναι τα συστήματα αερισμού και δροσισμού, οι ηλεκτρικές αντιστάσεις, οι ανεμιστήρες και οι αεροσυμπιεστές.

Για τον ετεροχρονισμό των ηλεκτρικών φορτίων χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Σωστός χρονικός προγραμματισμός των φορτίων καθώς και της χειροκίνητης διακοπής τους.
- Σωστός χρονικός προγραμματισμός των χρονοδιακοπών.
- Εγκατάσταση κεντρικού ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου των φορτίων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το επενδυτικό κόστος του σωστού χρονικού προγραμματισμού των φορτίων και της χειροκίνητης διακοπής τους καθώς και των χρονοδιακοπών δεν είναι ιδιαίτερος υψηλό. Όσον αφορά την επιλογή από τη βιομηχανία του καταλληλότερου τιμολογίου αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ, είναι ουσιώδης η εκπόνηση ανάλυσης του κόστους αγοράς για το σύνολο του έτους. Σε αυτήν την ανάλυση θα λαμβάνονται υπόψη οι μηνιαίες διακυμάνσεις της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της απορρόφησης ηλεκτρικής ισχύος. Παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπ' όψη σε μια αναθεώρηση, μεταξύ ΔΕΗ και καταναλωτή, των συμφωνημένων τιμολογίων, αποτελούν η μορφή της καμπύλης ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και η βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

2.6.12.2. Συντήρηση

Η συντήρηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και του βασικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού μιας βιομηχανικής μονάδας είναι ουσιώδης για την ομαλή και οικονομική λειτουργία της. Οι κύριες κατηγορίες συντήρησης είναι οι εξής:

- Η προγραμματισμένη και προληπτική συντήρηση.
- Η έκτακτη συντήρηση λόγω βλαβών.

Ο προγραμματισμός της συντήρησης θα πρέπει να γίνεται τόσο σε λειτουργική όσο και οικονομική βάση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ελαχιστοποιείται το κόστος συντήρησης, δεν επηρεάζεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και δε μειώνεται η παραγωγή στη βιομηχανία λόγω βλαβών. Η προληπτική συντήρηση θα πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ιδιαιτέρως σε εξοπλισμό, ο οποίος βάση στατιστικών στοιχείων, παρουσιάζει μεγάλη συχνότητα βλαβών. Ο εξοπλισμός ο οποίος δεν παρουσιάζει μεγάλη συχνότητα βλαβών, όπως για παράδειγμα οι ηλεκτρικές αντιστάσεις ή οι ηλεκτρικοί λέβητες, περνά σε δεύτερη σειρά στον κατάλογο των προτεραιοτήτων συντήρησης.

Τα βασικά σημεία, ανά κατηγορία, τα οποία θα πρέπει να ελέγχονται και να επισκευάζονται, όταν κάτι τέτοιο κρίνεται αναγκαίο ή σκόπιμο, είναι τα εξής:

- Για τους ηλεκτροκινητήρες: ευθυγράμμιση αξόνων κινητήρα και φορτίου, έλεγχος ηλεκτρικών επαφών, καθαρισμός, λίπανση εδράνων και αλλαγή των φθαρμένων.
- Για το φωτισμό: καθαρισμός ή αλλαγή λαμπτήρων.
- Για τα συστήματα ελέγχου: Καθαρισμό των διακοπών, έλεγχο των τερματικών, των επαφών και της λειτουργίας των ηλεκτρονόμων.

Επισημαίνεται ότι η συντήρηση του εξοπλισμού θα πρέπει να γίνεται σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα και λαμβανομένων υπ' όψη των απαιτήσεων της παραγωγικής διαδικασίας.

Κεφάλαιο 3: Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιομηχανικούς χώρους με σύστημα φόρτωσης/εκφόρτωσης

3.1. Εφοδιαστική αλυσίδα στη βιομηχανική παραγωγή

Οι δραστηριότητες που ανήκουν στις εφοδιαστικές δραστηριότητες αφορούν είτε την παραλαβή, αποθήκευση, και εσωτερική διανομή των εισροών του προϊόντος, είτε τη συλλογή, αποθήκευση και φυσική διανομή του προϊόντος στους πελάτες. Γενικότερα, τα αντικείμενα της διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας υπό ευρεία έννοια μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

- Αγορές – προμήθειες
- Διαχείριση αποθεμάτων
- Παραγωγή
- Αποθήκευση
- Μεταφορά
- Διανομή

Η εφοδιαστική αλυσίδα (logistics) περιλαμβάνει τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη ροή και το μετασχηματισμό αγαθών, από το στάδιο των πρώτων υλών μέχρι τον τελικό χρήστη, καθώς και τη ροή πληροφοριών που αναφέρονται σ' αυτές τις δραστηριότητες. Διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας (Εφοδιαστική, logisticsmanagement ή και, απλά, logistics) είναι ο σχεδιασμός, προγραμματισμός, εκτέλεση και έλεγχος των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας σε θέματα λειτουργικού, τακτικού και στρατηγικού χαρακτήρα.

Στα πλαίσια των outboundlogisticsσυμπεριλαμβάνονται και οι διαδικασίες της φόρτωσης, της μεταφοράς και της εκφόρτωσης των προϊόντων. Το προϊόν, μέχρι να φτάσει στο σημείο πώλησης, συσκευάζεται δευτερογενώς, συχνά παλετοποιείται, μεταφέρεται, αποθηκεύεται και αποπαλετοποιείται. Επιπλέον, υπάρχουν διαδικασίες που αφορούν το χειρισμό των φορτίων κατά τη φόρτωση, την εκφόρτωση, την παραλαβή και τη διανομή. Πρόκειται λοιπόν για μια σειρά από διαδικασίες, οι οποίες, ενώ δεν προσθέτουν αξία στο προϊόν, προσθέτουν κόστος και παραμένουν αναπόφευκτες. Η μείωση του κόστους αυτών των διαδικασιών, χωρίς τον υποβιβασμό του επιπέδου εξυπηρέτησης, είναι ένα από τα αντικείμενα της σύγχρονης διοίκησης της αλυσίδας εφοδιασμού.

Το συνολικό κόστος της φόρτωσης, μεταφοράς και εκφόρτωσης επηρεάζεται από τον τρόπο με το οποίο συγκροτούνται τα προϊόντα κατά τη φόρτωσή τους. Η μορφή των μονάδων φόρτωσης (UL - UnitLoads) επηρεάζει άμεσα το εργατικό κόστος, το βαθμό πληρότητας του μεταφορικού μέσου και το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Η φόρτωση, μεταφορά και εκφόρτωση των προϊόντων σε χαρτοκιβώτια διαφέρει από τη φόρτωση, μεταφορά και εκφόρτωση των ίδιων προϊόντων όταν αυτά είναι παλετοποιημένα.

3.2. Αποθήκη και Αποθήκευση

Κέντρο του συστήματος logisticsμιας βιομηχανικής μονάδος είναι η αποθήκη. Η αποθήκη μπορεί να εξυπηρετεί μία μόνο επιχείρηση ή ένα δίκτυο επιχειρήσεων λειτουργώντας ως κέντρο διανομής ή μίαεπιχείρηση που παρέχει υπηρεσίες logistics (όπως αποθήκευση,μεταφορές, διανομές, κλπ.).

Τις τελευταίες δεκαετίες ο ρόλος της αποθήκης έχει μεταβληθεί σημαντικά. Αρχικά, αποτελούσε το χώρο φύλαξης των προϊόντων που χρησιμοποιούσε ή διέθετε μία επιχείρηση στην αγορά. Σήμερα, οι αποθήκες λειτουργούν ως κέντρα παραλαβής των προϊόντων (για παράδειγμα πρώτων υλών) από τους προμηθευτές για την υποστήριξη της παραγωγής των τελικών τους προϊόντων. Επίσης, συνδυάζουν προϊόντα και ενοποιούν αποστολές από τα διάφορα εργοστάσια προς τους πελάτες ή ακόμα λαμβάνουν μεγάλα φορτία από ένα εργοστάσιο που περιλαμβάνουν παραγγελίες πολλών πελατών και τις διασπούν σε μικρότερα φορτία για να πραγματοποιηθεί η αποστολή για τον κάθε πελάτη. Τέλος, λειτουργούν ως κέντρα διανομής ανεφοδιάζοντας το δίκτυο των υποκαταστημάτων μιας επιχείρησης. Στην περίπτωση αυτή οι αποθήκες μπορούν επιπρόσθετα να λειτουργήσουν ως σημείο συντονισμού και προσωρινής εναπόθεσης των αποθεμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, οι τύποι των αποθηκών είναι οι εξής:

- Υποστήριξη Παραγωγής: οι αποθήκες λειτουργούν ως κέντρα ενοποίησης της παραλαβής των προϊόντων (π.χ. πρώτων υλών) από τους προμηθευτές.
- Μίξη προϊόντων: όπου πολλαπλά εργοστάσια αποστέλλουν τα διάφορα προϊόντα (κωδικούς) σε μια κεντρική αποθήκη, καθώς κάθε εργοστάσιο παράγει μόνο ένα μέρος της συνολικής παραγωγής μιας επιχείρησης.
- Ενοποίηση φορτίου: η αποθήκη συνδυάζει προϊόντα και ενοποιεί αποστολές από τα διάφορα εργοστάσια προς τους πελάτες.
- Διάσπαση φορτίου: οι αποθήκες λαμβάνουν μεγάλα φορτία από ένα εργοστάσιο που περιλαμβάνουν παραγγελίες πολλών πελατών και τις διασπούν σε μικρότερα φορτία για να πραγματοποιηθεί η αποστολή για τον κάθε πελάτη.
- Cross-docking: η αποθήκη λειτουργεί ως σημείο συντονισμού και προσωρινής εναπόθεσης των αποθεμάτων παρά ως σημείο αποθήκευσης. Τα εμπορεύματα διανέμονται συνεχώς στους πελάτες μέσω αποθηκών, στις οποίες παραμένουν συνήθως μέχρι 10-15 ώρες.

Η σημαντικότητα της αποθήκης καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- Αποθήκη και αποθέματα: Η αποθήκη αποτελεί το χώρο διατήρησης των αποθεμάτων των προϊόντων. Συνεπώς, η αποθήκη σχετίζεται με τα αποθέματα και την κάλυψη του χώρου (απόστασης) και του αντίστοιχου χρόνου κάλυψης αυτής της απόστασης (place - timegap) μεταξύ των σημείων παραγωγής και των σημείων πώλησης / κατανάλωσης των προϊόντων. Με τη διατήρηση αποθεμάτων σε αποθηκευτικούς χώρους κοντά στα σημεία ζήτησης επιτυγχάνεται ο έγκαιρος και αποτελεσματικός ανεφοδιασμός της αγοράς.
- Αποθήκη και εκτέλεση παραγγελιών: Στο χώρο της αποθήκης εκτελούνται μερικές από τις βασικότερες εργασίες της Διοίκησης Logistics. Εργασίες όπως η διαδικασία παραλαβής προϊόντων στην αποθήκη, η διαδικασία τακτοποίησης και ανατακτοποίησης προϊόντων, η ετικετοποίηση, η διαδικασία συλλογής και ελέγχου παραγγελιών, η διαδικασία φόρτωσης και αποστολής, η διαδικασία χειρισμού επιστροφών, οι απογραφές, κλπ. υλοποιούνται στους χώρους της αποθήκης. Ενώ παραδοσιακά η φύση της λειτουργίας της αποθήκης ήταν εντάσεως εργασίας (δηλαδή απαιτούσε πολύ και βαριά χειρωνακτική εργασία από τους αποθηκάρους για τη φορτοεκφόρτωση και στοίβαξη των προϊόντων και την περισυλλογή τους για την εκτέλεση των παραγγελιών) σήμερα απαιτεί άτομα με ιδιαίτερες γνώσεις και

δεξιότητες για να διαχειριστούν πολύπλοκες και σύνθετες εργασίες. Άτομα που χειρίζονται μηχανήματα, εργαλεία και ακριβό εξοπλισμό για να εκτελέσουν εργασίες ακριβείας. Επίσης, ένα συντονιστή (υπεύθυνο αποθήκης) που θα συντονίζει τις ανωτέρω εργασίες που εκτελούνται στο χώρο τα αποθήκης, το ανθρώπινο δυναμικό και τον εξοπλισμό.

- Αποθήκη και παραγωγή προϊόντων: Στην αποθήκη μιας μονάδας παραγωγής συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται οι πρώτες ύλες ή τα ημιέτοιμα προϊόντα για την παραγωγή ή τη συναρμολόγηση τους σε τελικά προϊόντα. Επίσης, χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των τελευταίων και τη διάθεση τους στην αγορά.
- Αποθήκη και οικονομίες κλίμακας: Οι μονάδες παραγωγής θέλοντας να εκμεταλλευτούν τις οικονομίες κλίμακας μπορούν να παράγουν και να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το κόστος παραγωγής. Παρόμοια, οι εμπορικές επιχειρήσεις μπορούν να προμηθευτούν μεγάλες ποσότητες προϊόντων επιτυγχάνοντας μειωμένες τιμές αγοράς.
- Αποθήκη και λειτουργικό κόστος: Η αποθήκη περιλαμβάνει επιχειρηματικούς πόρους (εξειδικευμένο προσωπικό, αποθηκευτικούς χώρους, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, πληροφοριακά συστήματα και τεχνολογίες) η διαχείριση των οποίων στην υλοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών είναι κοστοβόρα.
- Αποθήκη και εποχικότητα προϊόντων: Υπάρχουν προϊόντα η ζήτηση των οποίων (εποχικότητα ζήτησης) ή η παραγωγή (π.χ. συγκομιδή) τους (εποχικότητα παραγωγής) αφορά σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέσα σε ένα έτος. Συνεπώς, υπάρχει η ανάγκη αποθήκευσης και διάθεσής τους στον κατάλληλο χρόνο.
- Αποθήκη και τιμές αγαθών: Στην αποθήκη διατηρείται το απαιτούμενο απόθεμα ώστε να διατηρούνται οι τιμές των αγαθών στην αγορά σταθερές. Πιθανή έλλειψη του επιπέδου αποθέματος ενός προϊόντος προκαλεί αύξηση της τιμής του στην αγορά και το αντίστροφο.

Αποθήκευση είναι η λειτουργία μιας επιχείρησης ή οργανισμού, που ασχολείται με τη διαχείριση των αποθεμάτων των προϊόντων παρέχοντας πληροφορίες για την κατάσταση και τη διαθεσιμότητα αυτών. Στην αποθήκη εκτελούνται οι εργασίες παραλαβής, αποθήκευσης και αποστολής, εργασίες απαραίτητες για να φτάσει το προϊόν από την παραγωγή ως την κατανάλωση, στη σωστή κατάσταση, με το σωστό κόστος.

Η αποθήκευση αποτελεί κύριο τμήμα των λειτουργιών της Διοίκησης Logistics και περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε ομάδες εργασιών:

1. Είσοδος αγαθών: αρχική παραλαβή, έλεγχος εντύπων, εκφόρτωση και τοποθέτηση στο χώρο παραλαβών, επιθεώρηση (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος), παραλαβή, αποσυσκευασία / ανασυσκευασία, τοποθέτηση στο χώρο αποθήκευσης ή στο χώρο επιστρεφόμενων.
2. Κύρια αποθήκευση: τοποθέτηση στο σημείο αποθήκευσης, ενημέρωση επιπέδου αποθεμάτων, έκδοση ή ενημέρωση καρτέλας υλικών.
3. Εκτέλεση παραγγελιών: έκδοση και λήψη δελτίου περισυλλογής, περισυλλογή προϊόντων παραγγελίας, ομαδοποίηση προϊόντων ανά παραγγελία, συσκευασία και σήμανση, έλεγχος εντύπων, ενημέρωση καρτέλας υλικών.
4. Έξοδος αγαθών: φόρτωση, αποστολή / μεταφορά προϊόντων.
5. Στο χώρο της αποθήκης εκτελούνται και άλλες εργασίες όπως, καθαριότητα και τακτοποίηση χώρων, συντήρηση εξοπλισμού και μηχανημάτων καθώς και άλλες

διοικητικές εργασίες οι σημαντικότερες των οποίων είναι η απογραφή και η διαχείριση των διαθέσιμων πόρων.

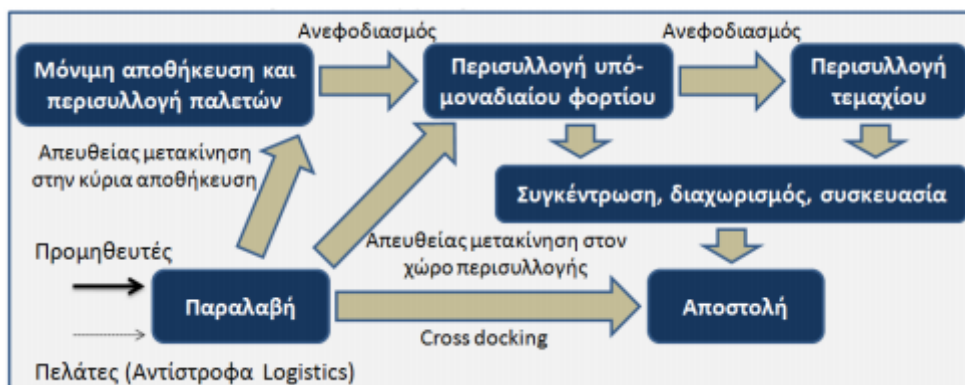
Οι αντικειμενικοί στόχοι της αποθήκευσης και της οργάνωσης της αποθήκης είναι οι εξής:

- Μειστοποίηση αποτελεσματικής χρήσης του χώρου, του εξοπλισμού και του προσωπικού.
- Μειστοποίηση της δυνατότητας προσέγγισης των αποθηκευμένων προϊόντων.
- Μειστοποίηση της προστασίας των αντικειμένων.
- Μειστοποίηση της προστασίας του προσωπικού.

Ο βασικός στόχος της αποθήκευσης ακολουθεί τη γενική ιδέα του στόχου της Διοίκησης Logistics, δηλαδή στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους λειτουργίας της αποθήκης με την ταυτόχρονη παροχή του υψηλότερου δυνατού επιπέδου εξυπηρέτησης στους πελάτες της επιχείρησης. Και όπως στη Διοίκηση Logistics έτσι και στην Αποθήκευση ο στόχος αυτός δεν μπορεί να επιτευχθεί στο μέγιστο βαθμό.

Για τη μείωση του λειτουργικού κόστους, πρέπει πάντα να επιδιώκεται η μέγιστη αξιοποίηση του χώρου, η απλά η αξιοποίηση του κάθε κυβικού εκατοστού της αποθήκης. Το αυξημένο ενοίκιο και η ανάγκη αγοράς και εγκατάστασης κατάλληλων αποθηκευτικών συστημάτων για την πλήρη εκμετάλλευση του ύψους είναι πια κύρια σημεία που επηρεάζουν το κόστος λειτουργίας μιας αποθήκης. Ο δεύτερος κανόνας σχετίζεται με την κίνηση των φορτίων και ορίζει ότι: «ρέπει να επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων. Πολύ απλά, οι μετακινήσεις κοστίζουν και δεν προσφέρουν τίποτε στην αύξηση του παρεχόμενου επιπέδου εξυπηρέτησης (δεύτερος στόχος της αποθήκευσης). Σε αυτά μπορεί να προστεθεί αφενός η επιλογή της τοποθεσίας της αποθήκης (είναι λογικό ότι στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στα σημεία πώλησης το ενοίκιο και γενικά τα λειτουργικά έξοδα να είναι αυξημένα) και αφετέρου η προστασία των προϊόντων (που επιβάλλουν τη χρήση συστημάτων ασφαλείας για κλοπές, πυρασφάλειας ή γενικά φυσικών καταστροφών).

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εργασίες που εκτελούνται καθημερινά σε μια αποθήκη:



Εικόνα 3.1: Κύριες ροές αποθήκευσης

Αρχικά, η διαδικασία της παραλαβής περιλαμβάνει την εκφόρτωση των προϊόντων από το μέσο μεταφοράς, μέσω των αποβάθρων, στην περιοχή παραλαβών (τα προϊόντα λαμβάνονται είτε από τους προμηθευτές ή από τους πελάτες ως επιστρεφόμενα), την ενημέρωση του επιπέδου αποθεμάτων, και τον έλεγχο για τυχόν ασυμφωνία σε θέματα ποιότητας

ήποσότητας. Σε μία τέτοια περίπτωση, τα προϊόντα ή επιστρέφονται ή μετακινούνται στο χώρο των μη συμμορφούμενων. Ακολουθεί η απευθείας μετακίνηση στην περιοχή αποθήκευσης μέσω του κυρίου διαδρόμου που μπορεί να περιλαμβάνει επίσης την αποπαλετοποίηση και την αποθήκευση σε ελαφριά ράφια ως υπο-μοναδιαίο φορτίο (για παράδειγμα χαρτοκιβώτια) ή τεμαχίων.

Η περισυλλογή των παραγγελιών είναι η κυριότερη διαδικασία στις περισσότερες επιχειρήσεις. Περιλαμβάνει την επιλογή, συλλογή και μετακίνηση των προϊόντων (σε παλέτες, χαρτοκιβώτια, τεμάχια) μίας ή περισσότερων παραγγελιών στην περιοχή συλλογής παραγγελιών. Η συγκέντρωση / διαχωρισμός, των περισυλλεγόντων παραγγελιών σε μεμονωμένες (ανά πελάτη) παραγγελίες είναι μία υποχρεωτική εργασία στην περίπτωση συγκεντρωτικής περισυλλογής, όπου οι παραγγελίες μαζοποιούνται ανά προϊόν και η περισυλλογή γίνεται για κάθε προϊόν (κωδικό) ξεχωριστά.

Με την ολοκλήρωση της περισυλλογής, οι παραγγελίες συσκευάζονται, τοποθετούνται στο κατάλληλο μοναδιαίο φορτίο (για παράδειγμα σε μία παλέτα) και αποστέλλονται στον πελάτη. Όλα αυτά υλοποιούνται στην περιοχή συσκευασίας και αποστολών. Η περίπτωση του cross-docking εκτελείται όταν τα προϊόντα μετακινούνται απευθείας στην περιοχή περισυλλογής / αποβάθρες αποστολών.

Στο χώρο διοίκησης, ο υπεύθυνος μεριμνά για τη σωστή εκτέλεση των ανωτέρω εργασιών, την αποτελεσματική χρήση και αξιοποίηση του διαθέσιμου ανθρώπινου δυναμικού, μηχανημάτων και λοιπού εξοπλισμού και διαθέσιμου χώρου και την αποτελεσματική διαχείριση του όγκου των προϊόντων που παραλαμβάνεται, αποθηκεύεται και αποστέλλεται.

Οι τύποι των δημόσιων αποθηκών, οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος αναγκών και προϊόντων της αγοράς, είναι οι εξής:

- Αποθήκες εμπορευμάτων: Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση συγκεκριμένων αγαθών, όπως βαμβάκι, καπνός και ξυλεία.
- Αποθήκες χύδην φορτίου: Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ρευστών χημικών, πετρελαίου, κλπ.
- Αποθήκες με ελεγχόμενη θερμοκρασία: Διαθέτουν μηχανισμούς ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας. Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ευαίσθητων προϊόντων, όπως φρούτα, λαχανικά και κατεψυγμένα.
- Αποθήκες οικιακών αγαθών: Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση οικιακών αγαθών και επίπλων.
- Αποθήκες γενικού εμπορίου: Είναι ο συνηθέστερος τύπος και δεν απαιτούνται ειδικές προδιαγραφές.
- Μικροαποθήκες: Είναι μικρές αποθήκες με επιφάνεια καθεμίας που κυμαίνεται από 10 έως 100 τετραγωνικά μέτρα. Χρησιμοποιούνται, όταν απαιτηθεί, ως επιπλέον χώρος αποθήκευσης.

3.2.1. Επιλογή τοποθεσίας αποθήκης

Το πρόβλημα επιλογής τοποθεσίας της αποθήκης αναφέρεται στον προσδιορισμό της πλέον συμφέρουσας γεωγραφικής της θέσης, ώστε να επιτευχθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό η

μείωση του κόστους λειτουργίας και η παροχή καλύτερων υπηρεσιών στην αγορά. Αυτά θα οδηγήσουν στην αύξηση των εσόδων της επιχείρησης και στην αύξηση της ικανοποίησης των καταναλωτών.

3.2.2. Αρχιτεκτονική σχεδίαση αποθήκης και βασική χωροθέτηση

Η αρχιτεκτονική σχεδίαση και χωροθέτηση του κτιρίου της αποθήκης περιλαμβάνει τον καθορισμό των ορίων της οικοδομήσιμης ζώνης, το σχεδιασμό των διαδρομών (δρόμων διέλευσης) φορτηγών φορτο-εκφόρτωσης, τον καθορισμό του πλήθους και θέσης των βιομηχανικών θυρών, και φυσικά το χωρισμό του κτιρίου σε διακριτά τμήματα / χώρους κριτήριο τον λειτουργικό σχεδιασμό της αποθήκης.

Αναφορικά, οι κύριοι λειτουργικοί χώροι είναι οι εξής:

- Χώροι αποθήκευσης, φορτοεκφόρτωσης, μεταποιητικών διαδικασιών και υποστηρικτικών λειτουργιών.
- Χώροι διοικητικών λειτουργιών (είτε διακριτών είτε όχι) από τους προηγούμενους χώρους αποθήκευσης.
- Χώροι παραγωγικών λειτουργιών, συσκευασίας, ανασυσκευασίας και τυποποίησης προϊόντων
- Χώροι ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων υποστήριξης της αποθήκης, αντλιοστάσιο πυρόσβεσης - ύδρευσης, συστήματα κλιματισμού θέρμανσης, κλπ.

3.2.3. Χωροταξία αποθήκης και λεπτομερή χωροθέτηση

Το ζήτημα αυτό αφορά αφενός στην επιλογή της θέσης κάθε κωδικού προϊόντος στους χώρους αποθήκευσης και αφετέρου στην οριστική διάταξη των χώρων της αποθήκης. Στην πρώτη περίπτωση έχουν προταθεί πολλές μεθοδολογίες, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- Βάσει του μοναδιαίου φορτίου που χρησιμοποιεί η επιχείρηση (παλέτες, χαρτοκιβώτια, κλπ.).
- Βάσει του τίτλου του προϊόντος ή του κωδικού του (προμηθευτή ή εταιρείας).
- Βάσει της κίνησης του προϊόντος. Για παράδειγμα, επιλέγονται τα ταχυκίνητα και τοποθετούνται κοντά στο χώρο περισυλλογής των παραγγελιών. Παραλλαγή της περίπτωσης αυτής είναι η χωροθέτηση των προϊόντων με βάση το δείκτη: «Αριθμός που ζητήθηκε ένας κωδικός» προς την «Απαιτούμενο αποθηκευτικό χώρο» και τοποθέτηση των προϊόντων ξεκινώντας από το μεγαλύτερο πηλίκιο κοντά στο χώρο περισυλλογής επιτυγχάνοντας την τοποθέτηση μεγαλύτερου πλήθους ταχυκίνητων κωδικών κοντά στο χώρο περισυλλογής.
- Βάσει οικογένειας (ομάδας) προϊόντος (κωδικού). Στην περίπτωση αυτή τα προϊόντα ομαδοποιούνται και τοποθετούνται έχοντας ίδιες διαστάσεις, βάρος και επιμέρους τμήματα, απαιτούν ίδιες συνθήκες ψύξης, ασφάλεια (τοξικά, εύφλεκτα).
- Βάσει ροής κυκλοφορίας, δηλαδή στην περίπτωση εφαρμογής της φιλοσοφίας FIFO (First-In-First-Out) απαιτείται πρόσβαση σε όλες τις θέσεις και εξασφάλιση εξαγωγής

αυτών που λήγουν, ενώ στην περίπτωση της LIFO (Last-In-First-Out) υπάρχει απαίτηση για μικρότερους χώρους και περισσότερα επίπεδα βάθους.

- Βάσει συστημάτων ενδο-διακίνησης (παλετοφόρο, περονοφόρο με αντίβαρο, Reachtruck, VNAttruck, κλπ.).
- Βάσει περισυλλογής παραγγελιών (χειροκίνητη, ημι-αυτοματοποιημένη ή πλήρως αυτοματοποιημένη).

Το ζήτημα αυτό περιλαμβάνει επίσης τον τελικό καθορισμό όλων των χώρων της αποθήκευσης με βάση τις απαιτούμενες συνθήκες αποθήκευσης.

3.2.4. Επιλογή φιλοσοφίας αποθήκευσης

Η επιχείρηση πρέπει να αποφασίσει για κάθε προϊόν ή για κάθε ομάδα προϊόντων τη φιλοσοφία διαχείρισης τους (και συγκεκριμένα του χρόνου και τρόπου εξαγωγής τους από την αποθήκη). Οι κυριότερες φιλοσοφίες είναι οι εξής:

- Last-In-First-Out, (LIFO) όπου το τελευταίο εισαχθέν στην αποθήκη είναι το πρώτο που εξάγεται. Η φιλοσοφία αυτή συναντάται σε προϊόντα όπως ρούχα, υποδήματα, ηλεκτρικές συσκευές, κλπ. Συνεπώς, το κριτήριο διαχείρισης (εξαγωγής) των προϊόντων είναι η ημερομηνία εισαγωγής τους.
- Πολλές φορές το σύστημα LIFO μετατρέπεται σε FISH (First-In-StillHere) όταν δεν υπάρχει ανακύκλωση και τα προϊόντα που μπήκαν πρώτα στην αποθήκη παραμένουν εκεί και δεν εξέρχονται ποτέ. Η κατάσταση αυτή είναι ανεπιθύμητη στις περισσότερες περιπτώσεις.
- First-In-First-Out (FIFO), όπου το πρώτο εισαχθέν στην αποθήκη είναι το πρώτο που εξάγεται. Η φιλοσοφία αυτή εφαρμόζεται σε όλα τα ευπαθή προϊόντα, ενώ κριτήριο διαχείρισης / εξαγωγής είναι ο αριθμός παρτίδας.
- First-Expired-First-Out (FEFO). Στην περίπτωση αυτή, αυτό που λήγει πρώτο είναι αυτό που εξάγεται πρώτο, δηλαδή, είναι ένα αυστηρότερο FIFO και κριτήριο διαχείρισης (εξαγωγής) των προϊόντων είναι η ημερομηνία λήξης τους.

3.2.5. Επιλογή μοναδιαίου φορτίου

Το μοναδιαίο φορτίο είναι η μικρότερη μονάδα αποθήκευσης και μεταφοράς. Εφαρμόζεται στη μαζική διαχείριση των εμπορευμάτων, καθώς επίσης και στη διευκόλυνση και ελαχιστοποίηση των χρόνων διακίνησης της φόρτωσης και εκφόρτωσης των συσκευασμένων προϊόντων στα μέσα μεταφοράς. Η απόφαση επιλογής του είναι σημαντική γιατί τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή του κατάλληλου μοναδιαίου φορτίου είναι με τη σειρά τους σημαντικά, όπως η εξοικονόμηση χρόνου, η μείωση ζημιών, η αύξηση ταχύτητας, η αύξηση παραγωγικότητας και η μείωση κόστους.

Τα κυριότερα μοναδιαία φορτία που υπάρχουν στην αγορά και συναντώνται στις αποθήκες είναι: φιάλες, κιβώτια, μικρά μεταλλικά δοχεία, παλέτες, παλετοδεξαμενές, παλετοκιβώτια, σάκοι, βαρέλια, κλπ. Σε αυτά μπορούμε να προσθέσουμε και το εμπορευματοκιβώτιο (E/K)

που αποτελεί το κυριότερο μοναδιαίο φορτίο για τη συνδυασμένη μεταφορά δηλαδή τη μεταφορά με τη χρήση περισσότερα του ενός μέσα μεταφοράς (φορτηγό, πλοίο, αεροπλάνο, τρένο, κλπ.).

Όσον αφορά στις φιάλες, η χρήση τους αφορά σε προϊόντα με υγρή ή παχύρρευστη μορφή, όπως ποτά, γαλακτοκομικά, αναψυκτικά, νερά, φαρμακευτικά και χημικά προϊόντα. Οι φιάλες κατασκευάζονται από γυαλί ή πλαστικό.

Όσον αφορά στα κιβώτια, χρησιμοποιούνται για όλα τα προϊόντα: στερεά, υγρά, παχύρρευστα και μικρού έως μεγάλου μεγέθους και βάρους.

Όσον αφορά στις παλέτες, αποτελούν κυριότερο μοναδιαίο φορτίο. Η παλέτα φορτοεκφορτώνεται εύκολα με περονοφόρα οχήματα και γεραμούς σε φορτηγά, βαγόνια και πλοία. Είναι τόσο σημαντική στη Διοίκηση Logistics που ακόμα και η κατασκευή των κύριων συστημάτων μεταφοράς, διανομής και αποθήκευσης βασίζεται στις διαστάσεις της παλέτας. Συγκεκριμένα, βάσει αυτής τυποποιούνται οι διαστάσεις των βαγονιών των τρενών, των εμπορευματοκιβωτίων, των περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων και των συστημάτων αποθήκευσης, όπως και οι αντίστοιχοι χώροι αποθήκευσης φορτηγών, πλοίων και αεροπλάνων.

Για παράδειγμα, μία πιθανή «ασυμφωνία» διαστάσεων παλέτας με τις καρότσες φορτηγών δημιουργεί τα εξής προβλήματα:

- Δυσκολίες στην φορτοεκφόρτωση των παλετών.
- Μη πλήρη εκμετάλλευση χώρου των μέσων μεταφοράς και αποθήκευσης.
- Όχι καλή στήριξη παλέτας που μπορεί να δημιουργήσει τυχόν ζημιές στα προϊόντα που μεταφέρονται.

Υπάρχουν οι εξής δύο τύποι παλετών:

- Ευρωπαϊκά
- Παλέτα Αμερικής και Αγγλίας

Η Ευρωπαϊκά έχει διαστάσεις: 0,80 x 1,22 μέτρα και ύψος 16 εκατοστά. Το σημείο αναγνώρισης της είναι τα αρχικά πιστοποίησης EUR μέσα σε ένα οβάλ πλαίσιο, που είναι τυπωμένα σε εμφανές σημείο πάνω στο σώμα της. Μία πιστοποιημένη ευρωπαϊκά έχει συγκεκριμένη ποιότητα ξύλου, πάχος σανίδων και τάκων, αριθμό και μήκος καρφιών. Ο τρόπος κατασκευής της είναι επίσης τυποποιημένος. Η χρήση της στην Ευρώπη είναι αποκλειστική στηριζόμενη από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σχετική απόφαση για χρήση σε κάθε τομέα δραστηριοτήτων: βιομηχανία, εμπόριο και μεταφορές.

Η παλέτα Αμερικής και Αγγλίας έχει τυποποιημένες διαστάσεις: 1,02x1,22 μέτρα με ύψος 16 εκατοστά. Υπακούουν διαφορετικές συνθήκες μεταφοράς από Ευρώπη και διαφορετική σύνθεση του κόστους για τους εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς.

Η βιομηχανική παλέτα υπερτερεί στο ότι μειώνει τις διαδρομές των ανυψωτικών κατά 25%, γιατί περισσότερες συσκευασίες χωρούν πάνω σε αυτήν χωρίς να εξέχουν (μεγαλύτερο εμβαδόν). Από την άλλη η ευρωπαϊκά υπερτερεί στα βαγόνια του τρένου για τα οποία και σχεδιάστηκε και βάση απόφασης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής τα φορτηγά σχεδιάζονται έτσι ώστε να κάνουν πλήρη εκμετάλλευση τους. Συγκεκριμένα, τρεις ευρωπαϊκές χωρούν σε ένα σύνηθες φορτηγό με δύο μόνο παλέτες αγγλοσαξονικού τύπου.

Όσον αφορά στις παλετοξεμενές, πρόκειται για δεξαμενές συναρμολογημένες πάνω σε παλέτες για μεταφορά υγρών και αέριων προϊόντων. Ενώ τα παλετοκιβώτια είναι κιβώτια με βάση που έχει μορφή παλέτας, ώστε να είναι δυνατό να διαχειριστούν από περνοφόρα οχήματα. Κατασκευάζονται από ξύλο και κυρίως πλαστικό ή μέταλλο.

Όσον αφορά στους σάκους, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση και ροή χύμα υλικών και χύδηνφορτία. Κατασκευάζονται από χαρτί, ύφασμα, συνθετικές πλαστικές ύλες ή από συνδυασμό χαρτιού και υφάσματος ή πλαστικού. Λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης στοιβασίας αποτελεί μία ιδανική επιλογή για στοιβάξη. Μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί η μικρή αντοχή σε αιχμηρά αντικείμενα και σε καιρικές συνθήκες.

Όσον αφορά στα βαρέλια, χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά κυρίως υγρών και παχύρρευστων φορτίων ή υλικών σε κόκκους. Κατασκευάζονται από υλικά όπως σκληρό χαρτί, ξύλο, πλαστικό και μέταλλο.

Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη μοναδοποίηση ενός φορτίου είναι οι εξής:

- Σχήμα, μέγεθος και βάρος προϊόντος.
- Μέγεθος βάσης μεταφορικής μονάδας.
- Η δυνατότητα στήριξης μίας μονάδας συσκευασίας πάνω σε μία άλλη.
- Η ευκολία (εκ)φόρτωσης από τα μεταφορικά μέσα.
- Το διαθέσιμο πλάτος των διαδρόμων από τις εγκαταστάσεις στις οποίες θα περάσει
- Η αντοχή δαπέδου εγκαταστάσεων στις οποίες θα περάσει.

Αξίζει να επισημανθεί το εμπορευματοκιβώτιο, καθώς αποτελεί σημαντικό μοναδιαίο φορτίο. Είναι ένα κιβώτιο που μοιάζει με κουτί, το οποίο αποθηκεύει, προστατεύει και διαχειρίζεται ένας πλήθος μικρών φορτίων ως μία ενιαία μονάδα μεταφοράς. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση του εμπορευματοκιβωτίου είναι:

- Εύκολη διαμετακόμιση μεταξύ διαφορετικών μέσων μεταφοράς χωρίς να απαιτείται επέμβαση στο φορτίο του, προτού προσεγγιστεί ο τελικός προορισμός.
- Παρέχει τα εχέγγυα για σωστή, οικονομική και χωρίς ζημίες μεταφορά του περιεχόμενου του.

Ο βασικότερος τύπος εμπορευματοκιβωτίου είναι το ISO E/K το οποίο συναντάται κυρίως με μήκος 20 ή 40 ποδών (ft) ορίζοντας μία μονάδα μέτρησης δυναμικότητας λιμανιών και πλοίων το TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit) που αντιστοιχεί εμπορευματοκιβωτίου με μήκος 20 πόδια.

3.2.6. Επιλογή συστημάτων αποθήκευσης

Η επιλογή συστημάτων μόνιμης αποθήκευσης είναι από τις βασικότερες αποφάσεις που λαμβάνει ο Υπεύθυνος Logistics. Η απόκτηση του συστήματος αποθήκευσης απαιτεί σημαντικό κόστος επένδυσης και συννοδεύει την επιχείρηση για πολλά χρόνια. Σήμερα η αγορά προσφέρει ένα μεγάλο εύρος λύσεων που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κύριες ομάδες:

- Στοίβαξη
- Ράφια
- Ειδικά συστήματα αποθήκευσης

Η απλή στοίβαξη είναι η χειροκίνητη τοποθέτηση προϊόντων στην αποθήκη (το ένα δίπλα στο άλλο και το ένα πάνω στο άλλο). Η στοίβαξη αποτελεί μία ιδανική λύση για επιχειρήσεις που διαθέτουν μικρό αριθμό προϊόντων (κωδικών) και που τα προϊόντα τους παρουσιάζουν χαμηλή κινητικότητα (ζήτηση). Επίσης, επειδή υλοποιείται εύκολα και δεν απαιτεί κάποιο κεφάλαιο εφαρμόζεται σε περιόδους που αναζητείται / αναμένεται μία μονιμότερη λύση από την επιχείρηση.

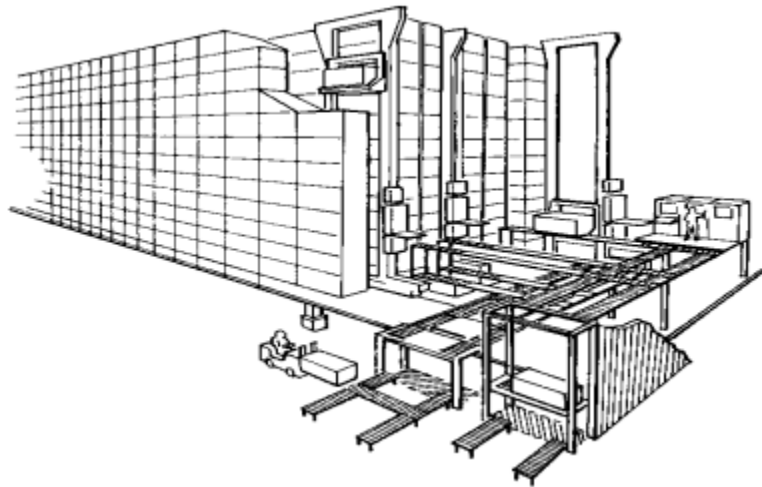
Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της απλής στοίβαξης παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα απλής στοίβαξης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Καλή χρήση (δηλαδή μεγάλη εκμετάλλευση) της επιφάνειας (οριζόντια κάλυψη)	Περιορισμένη (συνήθως) εκμετάλλευση του ύψους (κάθετη κάλυψη) που εξαρτάται από την αντοχή των φορτίων / μοναδιαίων φορτίων / συσκευασιών και την κατάσταση του εδάφους (κλίση, αντοχή, κλπ.)
Άμεση έναρξη εργασιών («στήσιμο») μιας νέας αποθήκης	Χαμηλή παραγωγικότητα και πρόσβαση σε όλα τα προϊόντα
Υποχρεωτική εφαρμογή LIFO όταν το προϊόν το απαιτεί	Μη δυνατότητα εφαρμογής FIFO
Μικρό κόστος εφαρμογής (απαιτούνται μηδαμινά κεφάλαια)	Κίνδυνος καταστροφής των προϊόντων από πιθανή φυσική καταστροφή (όπως πλημύρα, φωτιά, κλπ.) και από το βάρος των υψηλότερων επιπέδων

Παραλλαγή της απλής στοίβαξης είναι η επάλληλη στοίβαξη όπου τα μοναδιαία φορτία (μονάδες διακίνησης), δηλαδή οι παλέτες, τα κιβώτια, κλπ. τοποθετούνται πλάι-πλάι ή το ένα πάνω στο άλλο σχηματίζοντας ένα ενιαίο μπλοκ. Δύο ή τρία μπλοκ τοποθετούνται σε ένα κατάλληλο σκελετό ποστιάσματος ικανό να διατηρήσει μεγάλο βάρος. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του ύψους (τουλάχιστον διπλάσια). Στην περίπτωση αυτή τα προϊόντα (συνήθως σε παλέτες) τοποθετούνται είτε χειρωνακτικά σε χαμηλότερο επίπεδο ή με ανυψωτικά μηχανήματα σε υψηλότερα επίπεδα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται παλέτες με μεταλλικά πλαίσια ή παλέτες ποστιάσματος. Οι παλέτες αυτές είναι ειδικές μεταλλικές κατασκευές που φέρουν συνήθως υποδοχές στην βάση και στην κορυφή τους. Κατά τη στοίβαξη η μια υποδοχή μπαίνει μέσα στην άλλη, παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη ευστάθεια και σταθερότητα.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται σύγχρονη εκδοχή επάλληλης στοίβαξης όπου οι παλέτες τοποθετούνται ή εξέρχονται από τις θέσεις αποθήκευσης με αυτοματοποιημένα συστήματα ρομποτικής.



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα επάλληλης στοίβαξης

Τόσο η απλή όσο και η επάλληλη στοίβαξη υιοθετείται συνήθως από επιχειρήσεις που διακινούν ή εμπορεύονται μικρό αριθμό κωδικών σε μεγάλες ποσότητες (διατήρηση προϊόντων σε μεγάλο απόθεμα) που έχουν μεγάλο χρόνο ζωής.

Τα ράφια αποτελούν τη συνηθέστερη επιλογή συστήματος αποθήκευσης. Υπάρχουν δύο βασικές επιλογές: τα ράφια θυρίδας και τα ράφια παλέτας.

Τα ράφια θυρίδας έχουν υιοθετηθεί από ένα μεγάλο αριθμό επιχειρήσεων, ιδιαίτερα μετά την υιοθέτηση των μεταλλικών διάτρητων ραφιών (τύπου dexion) που προφέρει πολλά πλεονεκτήματα όπως: χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, ευκολότερη πρόσβαση στα προϊόντα, καλύτερη αξιοποίηση ύψους, μη καταστροφή προϊόντων, καλύτερη οργάνωση και εκμετάλλευση χώρου, δυνατότητα μεταβολής του ύψους για προϊόντα με διαφορετικές συσκευασίες, μοναδιαία φορτία ή διαστάσεις τεμαχίου, εύκολη και γρήγορη αποσύνδεση και επανασύνδεση / εγκατάσταση, δυνατότητα αντικατάστασης κατεστραμμένων μερών και δυνατότητα επίσης «απομόνωσης» των προϊόντων για μικρότερη επίδραση από φυσικές καταστροφές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ράφια που επειδή έχουν μία ελαφριά κλίση επιτρέπουν την αυτόματη μετακίνηση (λόγω βαρύτητας και κλίσης) από τη μία μεριά (συνήθως η μεριά προς τις μόνιμες θέσεις αποθήκευσης) που τοποθετούνται, έως την άλλη μεριά που εξέρχονται γιατί ζητήθηκαν. Τα ράφια αυτά ονομάζονται άμεσης πρόσβασης (live picking) και εφαρμόζονται σε προϊόντα που έχουν μεγάλη ζήτηση (ή όπως αλλιώς λέγεται είναι ταχυκίνητα).

Με την επικράτηση της παλέτας ως το βασικότερο μοναδιαίο φορτίο έχουν κατασκευαστεί και διατίθενται στην αγορά πολλές επιλογές παλετοράφων όπως: κανονικά ράφια back-to-back, ράφια πολύ στενών διαδρόμων, πολύ υψηλά ράφια για γερανούς στοίβαξης παλετών, κινητά ράφια, ράφια ελεύθερης εισόδου (drive-in) ή διέλευσης (drive through), ράφια τύπου slide-in, και κεκλιμένα ράφια.

Πολύ συνηθισμένη περίπτωση αποτελούν τα Ράφια για θέσεις δύο παλετών (ή back-to-back παλετοράφα). Σε αυτό το σύστημα τα πλαίσια των ραφιών σχηματίζουν διπλές σειρές, οι

οποίες χωρίζονται μεταξύ τους με διαδρόμους (μονές σειρές τοποθετούνται σε τοίχους). Το σύστημα back-to-back είναι πολύ ευέλικτο, εφαρμόζεται άριστα η φιλοσοφία FIFO και παρέχει την δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης του ύψους ενός κτιρίου (συνήθως φτάνει και δέκα μέτρα).

Η εισαγωγή και εξαγωγή των παλετών γίνεται με τη χρησιμοποίηση ειδικών ανυψωτικών μηχανημάτων, δηλαδή με περονοφόρα πλάγιας φόρτωσης ή περονοφόρων για ράφια παλέτας στενών διαδρόμων. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση του αποθηκευτικού χώρου έως και 50- 60%. Η απαίτηση σε πλάτος διαδρόμων είναι μικρότερη (μεταξύ 1,6 με 1,8 μέτρα), η δε εκμετάλλευση του ύψους του αποθηκευτικού κτιρίου μπορεί να φθάσει και μέχρι 13 μέτρα, όπου και φτάνουν τα περονοφόρα πλάγιας φόρτωσης. Αυτό το σύστημα συνδυάζει άριστα την εφαρμογή FIFO, τη δυνατότητα πρόσβασης και συλλογής με μεγάλη ασφάλεια και καλή εκμετάλλευση χώρου.

Τα Κεκλιμένα ράφια βασίζονται στη λογική των ραφιών της άμεσης πρόσβασης (liverpicking). Δηλαδή, έχουν μία μικρή κλίση (3-5%) και έτσι επιτρέπουν τη μετακίνηση των παλετών ή κιβωτίων λόγω της βαρύτητας ώστε να φορτώνονται από τη μία μεριά και να εκφορτώνονται από την άλλη. Επιτρέπουν υψηλή εκμετάλλευση χώρου και την εφαρμογή FIFO ενώ συνήθως χρησιμοποιούνται για προϊόντα που έχουν μεγάλη ζήτηση.

Τέλος, υπάρχουν και τα ειδικά ράφια για συγκεκριμένα προϊόντα ή υλικά, όπως τα Ράφια με πριόβλους (cantilever) για την αποθήκευση αντικειμένων που έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Το μήκος τους είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με τις άλλες διαστάσεις τους, όπως ράβδοι από σίδηρο, σωλήνες, κλπ.
- Αποτελούν μοναδιαία φορτία από μόνα τους και δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε παλέτες ή να μοναδοποιηθούν με άλλον τρόπο, ώστε να αποθηκευθούν στα συνήθη ράφια, όπως τα φύλλα αλουμινίου, καπλαμά, κλπ.

Ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν και τα carousel που επιτρέπουν την περισυλλογή «προϊόν - προς τον - άνθρωπο» ή part-to-man, δηλαδή το προϊόν κινείται προς τον υπάλληλο σε αντίθεση με όλα τα προηγούμενα συστήματα που ο άνθρωπος κινείται προς το προϊόν. Στην αγορά διατίθενται τόσο οριζόντια όσο και κάθετα carousel. Η χρήση συστημάτων carousel εξασφαλίζουν πολύ μεγάλη εξοικονόμηση του διαθέσιμου χώρου και μειώνουν σημαντικά το χρόνο περισυλλογής. Τέλος, ενώ έχουν υψηλό κόστος απόκτησης έχουν χαμηλό κόστος χρήσης.

Τέλος υπάρχουν και Πλήρη αυτοματοποιημένα συστήματα τοποθέτησης και εξαγωγής (AutomatedStorage / RetrievalSystem, AS/RS) σχεδιασμένες για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών και βιομηχανιών, οι οποίες έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικαταστήσει τα συμβατικά συστήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Τέτοιες εγκαταστάσεις συνδυάζουν και τις ανάγκες ελέγχου, διαχείρισης αποθέματος και λειτουργίας αποθήκης κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η επιλογή των κατάλληλων συστημάτων αποθήκευσης γίνεται με κριτήρια όπως:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (διαστάσεις, ανάγκη ειδικής αποθήκευσης, χρόνος ζωής, κλπ).
- Τα χαρακτηριστικά της ζήτησης του προϊόντος.

- Τη συσκευασία και το μοναδιαίο φορτίο που χρησιμοποιείται.
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά της αποθήκης (όπως η χωροταξία της, οι διαστάσεις της, το πλάτος των διαδρόμων, κλπ.).
- Τον τρόπο τοποθέτησης των προϊόντων στην αποθήκη.
- Τον αριθμό των παλετών ανά προϊόν.
- Τις δυνατότητες των περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν και γενικότερα του υφιστάμενου εξοπλισμού.
- Ποιο είναι το ύψος του κεφαλαίου που προκύπτει να επενδυθεί σε εξοπλισμό;

Γενικά, η επιλογή εξαρτάται από όλες τις αποφάσεις. Γι' αυτό το λόγο επίσης, τα συστήματα αποθήκευσης θεωρούνται και είναι «συμπληρωματικά» με τα συστήματα ενδο-διακίνησης που αποτελούν την επόμενη απόφαση.

3.2.7. Επιλογή συστημάτων ενδο-διακίνησης

Η ενδο-μετακίνηση αναφέρεται στους χειρισμούς και στις κινήσεις του προϊόντος ή υλικού (ή καλύτερα του μοναδιαίου φορτίου) εντός των εγκαταστάσεων μιας επιχείρησης (και όχι αποκλειστικά εντός της αποθήκης). Από την άλλη, η μεταφορά προϊόντων χρησιμοποιείται για την κίνηση προϊόντων σε μεγάλες διαδρομές εκτός επιχείρησης. Η επιλογή των συστημάτων ενδο-διακίνησης περιλαμβάνει την επιλογή μιας σειράς συσχετιζόμενων στοιχείων εξοπλισμού ή συσκευών που έχουν σχεδιασθεί να δουλεύουν σε συγχρονισμό με σκοπό να οργανώσουν τη διαχείριση (κίνηση, αποθήκευση και έλεγχο) των υλικών σε μια διαδικασία αποθήκευσης.

Ειδικότερα, οι βασικές επιλογές που υπάρχουν είναι οι εξής:

- (Ηλεκτροκίνητο) παλετοφόρο πεζού ή εποχούμενου χειριστού: Αποτελεί ένα ευέλικτο όχημα πολλαπλών χρήσεων για την τοποθέτηση και συλλογή παλετών σε αποθήκες μικρού ύψους.
- Περονοφόρο με αντίβαρο (counterbalanceforklifttruck): χρησιμοποιείται και αυτό για την τοποθέτηση και συλλογή παλετών σε αποθήκες μικρού ύψους, προσφέροντας δυνατότητα κίνησης και στον περιβάλλοντα χώρο και απαιτώντας διαδρόμους στο εσωτερικό της αποθήκης από 3,5μ έως 4,5μ.
- Reachtruck: Το μέσο αυτό είναι κατάλληλο για αποθήκες μέχρι 12μ, είναι γρηγορότερο από το προηγούμενο αλλά ακριβότερο και απαιτεί διαδρόμους μικρότερου πλάτους (μέχρι 2,8 μ).
- VeryNarrowAisle (VNA) truck: κατάλληλο για αποθήκες μεγάλου ύψους (αποτελεί μάλιστα τη μοναδική επιλογή για ύψη άνω των 12 μ). Η τοποθέτηση και συλλογή παλετών γίνεται και από τις δύο πλευρές των παλετόραφον ενώ υπάρχει η δυνατότητα ανύψωσης του χειριστή σε ειδική καμπίνα. Έχει δυνατότητα περιστροφής κατά 180 μοίρες, απαιτεί διαδρόμους (από 1,5μ έως 1,8μ), είναι γρήγορο αλλά έχει υψηλό κόστος αγοράς.
- Orderpicker: κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες ανάλογα με το επίπεδο (ύψος): χαμηλό, μεσαίο και υψηλό.

3.2.8. Εργασίες παραλαβής

Κατά την εισαγωγή εμπορευμάτων στην αποθήκη αρχικά γίνεται εισαγωγή στο σύστημα (WMS) είτε αυτά είναι παραλαβές από προμηθευτές είτε επιστροφές από πελάτες. Συγκεκριμένα, μόλις γίνει η εκφόρτωση των προϊόντων στον χώρο παραλαβών γίνεται ποσοτικός έλεγχος με αντιπαράθεση του δελτίου αποστολής και της λίστας αναμενόμενων παραλαβών. Στη συνέχεια, εφόσον επιβεβαιωθεί ότι η εισαγωγή είναι σωστή δίνεται το δελτίο αποστολής στον υπεύθυνο αποθήκης ώστε να γίνει ενημέρωση στο σύστημα. Παράλληλα, ενημερώνεται ο υπεύθυνος αποθήκης για τυχόν φθορές στα εμπορεύματα που εισήχθησαν, αλλά και για την παλετοποίηση τους (κιβώτια ανά παλέτα) ώστε στο σύστημα να υπάρχουν ακριβή στοιχεία της εισαγωγής.

Η διαδικασία της εκτέλεσης παραγγελιών διακρίνεται στις επιμέρους φάσεις: (α) της καταχώρησης παραγγελίας, και (β) της διεκπεραίωσης παραγγελίας (περισυλλογή, αποστολή και φόρτωση).

Ο χώρος αποστολών αναφέρεται σε μία διαγραμμισμένη περιοχή της αποθήκης, χωρίς συγκεκριμένο εξοπλισμό, στην οποία καταλήγουν οι παραγγελίες με όλα τα συνοδευτικά έγγραφα και τα συναφή παραστατικά. Σε αυτό το τελευταίο στάδιο πριν τη φόρτωση, ταξινομούνται οι παραγγελίες είτε ανά πελάτη, είτε ανά περιοχή (ταχυδρομικός κώδικας), ώστε να δρομολογηθούν βάσει προ-επιλεγμένων κριτηρίων. Η συγκεκριμένη διαδικασία προϋποθέτει συστηματική επεξεργασία των κριτηρίων και των στοιχείων. Ενώ στο προηγούμενο βήμα της συσκευασίας γίνεται ο τελευταίος ποιοτικός έλεγχος των προϊόντων, στο στάδιο της εξαγωγής από το χώρο αποστολών διεξάγεται ο τελικός ποσοτικός έλεγχος και η ταυτοποίηση με τα συνοδευτικά έγγραφα. Σημαντικός παράγοντας επιτυχίας του χώρου αποστολών είναι ο υπολογισμός του χρόνου φόρτωσης, ώστε να αποφεύγεται ο συνωστισμός και η καθυστέρηση του στόλου. Η διαχείριση του στόλου δύναται να βελτιστοποιηθεί με τη χρήση εφαρμογών τηλεματικής και την εγκατάσταση επιπρόσθετων στο σύστημα WMS, στοχεύοντας τόσο στην υποβοήθηση του στρατηγικού σχεδιασμού, όσο και στην καθημερινή διαχείριση του μεταφορικού έργου. Η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου δημιουργεί την ανάγκη για μη προγραμματισμένα (ondemand) δρομολόγια, γεγονός που δυσχεραίνει τον καθορισμό σταθερών δρομολογίων. Επιπρόσθετοι παράγοντες, όπως η απόσταση, το βάρος, ο όγκος, η αξία των εμπορευμάτων, οι απαιτήσεις των πελατών για συγκεκριμένο χρόνο παράδοσης υπαγορεύουν την εγκατάσταση προηγμένων συστημάτων. Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας δρομολόγησης συντελεί και στη μείωση του χρόνου συλλογής, καθώς ο υπεύθυνος αποθήκης διαμορφώνει το σχετικό πρόγραμμα βάσει των δρομολογίων. Κατά συνέπεια, μειώνονται οι νεκροί χρόνοι κατά τη συλλογή και τη φόρτωση. Επιπρόσθετα, τα εν λόγω συστήματα παραμετροποιούνται ώστε να παρέχουν και εναλλακτικά σενάρια, ελέγχοντας και το αντίστοιχο κόστος.

3.2.9. Φόρτωση

Η φόρτωση επί του οχήματος αποτελεί το τελικό βήμα ολοκλήρωσης των εργασιών της αποθήκης. Τη διαδικασία της φόρτωσης αναλαμβάνουν είτε οι αποθηκάριοι είτε ο οδηγός με το βοήθό του, ανάλογα με τη συμφωνία που έχει υπογραφεί μεταξύ των συναλλασσόμενων.

Τα εμπορεύματα βρίσκονται ήδη στο χώρο αποστολών, οπότε ο οδηγός πραγματοποιεί ποσοτικό και ποιοτικό έλεγχο. Σε περίπτωση που συμφωνεί η ποσότητα και η ποιότητα με την παραγγελία, εκδίδονται από το λογιστήριο τα τελικά παραστατικά (τιμολόγιο, δελτίο αποστολής), τα οποία υπογράφονται και από τα δύο μέρη. Σε περίπτωση που υπάρχει κάποια παρατήρηση, σημειώνεται από τον οδηγό σε σχετικό έντυπο. Τέλος, η φόρτωση ολοκληρώνεται και το όχημα αναχωρεί από το χώρο της αποθήκης.

3.3. Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής και Τεχνολογία Ομάδων

Το βασικό χαρακτηριστικό των Ευέλικτων Συστημάτων Παραγωγής (Flexible Manufacturing System) είναι η αυτοματοποίηση. Οι αυξανόμενες ανάγκες για συστήματα παραγωγής με υψηλή παραγωγικότητα και ευελιξία, οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής. Ο αυτοματισμός ασχολείται όχι μόνο με τη μηχανοποίηση απλών και σύνθετων μεθόδων παραγωγής, αλλά και με τα συστήματα μεταφοράς και ελέγχου που τις συνδέουν. Η ευέλικτη αυτοματοποίηση βρίσκει εφαρμογή στους τομείς της επεξεργασίας, της κατασκευής, της συναρμολόγησης, του φινιρίσματος, της αποθήκευσης, της διαχείρισης και της μεταφοράς πρώτων υλών. Τα ευέλικτα συστήματα αυτοματοποίησης περιλαμβάνουν εξελιγμένες μηχανές παραγωγής και επιθεώρησης (ποιοτικού ελέγχου), συστήματα ελέγχου με υπολογιστές, συστήματα επικοινωνίας καθώς και συστήματα διαχείρισης υλικών.

3.3.1. Τεχνολογία ομάδων

Βασικό εργαλείο οργάνωσης και σχεδιασμού των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής αποτελεί η μεθοδολογία της τεχνολογίας ομάδων (group technology).

Η τεχνολογία ομάδων (group technology) αποτελεί μία μέθοδο οργάνωσης της παραγωγής διακριτών προϊόντων σε παρτίδες. Η παραγωγή σε παρτίδες αποτελεί τη πιο κοινή μέθοδο οργάνωσης της παραγωγής στις αναπτυγμένες βιομηχανικά οικονομίες (ενδεικτικά στις ΗΠΑ η παραγωγή σε παρτίδες αποτελεί περίπου το 50% της συνολικής βιομηχανικής παραγωγής) είναι συνεπώς σημαντικό να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά και οικονομικά. Η ανάγκη για μεγαλύτερη ταχύτητα και αποτελεσματικότητα σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση της τεχνολογίας των Η/Υ οδηγεί επίσης σε στενότερη σύνδεση των λειτουργιών του σχεδιασμού και της κατασκευής (σύγχρονος σχεδιασμός/concurrent engineering) με απώτερο στόχο την πλήρη ολοκλήρωση (integrated manufacturing).

Ένα σύστημα παραγωγής σε παρτίδες, παράγει μέτρια ποικιλία προϊόντων σε μέσο όγκο παραγωγής. Στην περίπτωση αυτή, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας/παραγωγικότητας του συστήματος παραγωγής επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό με τη μείωση του χρόνου, που δαπανάται για την προετοιμασία των μηχανών και του εξοπλισμού, αλλά και του χρόνου που σχετίζεται με τη μεταφορά και την αναμονή των υλικών και των ημιεπεξεργασμένων μονάδων μεταξύ των διάφορων σταδίων της διαδικασίας παραγωγής.

Ο χρόνος προετοιμασίας (setuptime) είναι ουσιαστικά ο χρόνος που απαιτείται για την αλλαγή από την παραγωγή ενός προϊόντος σε ένα άλλο, και περιλαμβάνει κυρίως τον χρόνο προσαρμογής του εξοπλισμού (π.χ. χρόνο για την αλλαγή εργαλείων, τοποθέτηση υλικών κα.) αλλά και για τον επανα-προγραμματισμό λειτουργίας του. Η παράλληλη εκτέλεση παραγγελιών για την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων έχει, συχνά, ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση ημιεπεξεργασμένων προϊόντων μέσα στο σύστημα, προϊόντων δηλαδή που έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία και περιμένουν για να προχωρήσουν στα επόμενα στάδια. Οι μονάδες αυτές συχνά αναφέρονται και ως μονάδες υπό επεξεργασία (work-in-process) ή ενδιάμεσο απόθεμα. Η συσσώρευση αυτών των μονάδων μεταφράζεται συνήθως σε υψηλό κόστος, καθώς έχει δαπανηθεί χρόνος, υλικά και ενέργεια για τη μέχρι στιγμής επεξεργασία τους, αλλά και καθυστερήσεις στην παραγωγή. Σύμφωνα με μελέτες μόνο ένα μικρό ποσοστό του συνολικού χρόνου παραγωγής ενός προϊόντος (το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης παραγωγής μιας μονάδας και της εξόδου της από το σύστημα) αφορά τις απαιτούμενες εργασίες και στάδια παραγωγής (συνήθως μικρότερο του 5%) ενώ το μεγαλύτερο διάστημα αφορά παραμονή/αναμονή μεταξύ των διαφόρων σταδίων ως ενδιάμεσο απόθεμα.

Μια προσέγγιση που βοηθά στην αύξηση της αποτελεσματικότητας στην παραγωγή σε παρτίδες είναι και αυτή της τεχνολογίας ομάδων. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση τα κομμάτια/προϊόντα ομαδοποιούνται σε ομάδες/οικογένειες (groups/families) με βάση ομοιότητες ή κοινά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν τόσο στη μορφή/σχέδιο όσο και στην κατασκευή. Η ομαδοποίηση αυτή είναι δυνατή γιατί πολλά προϊόντα αποτελούν ουσιαστικά παραλλαγές ενός κεντρικού βασικού σχεδίου με μικρές κατά περίπτωση διαφοροποιήσεις που εξυπηρετούν συγκεκριμένες ανάγκες κατά πελάτη. Έτσι δεν αποτελεί σπάνιο φαινόμενο ένα εργοστάσιο να παράγει ένα φαινομενικά μεγάλο αριθμό προϊόντων π.χ. 10.000 τα οποία όμως μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 50 περίπου οικογένειες με βάση κεντρικά κοινά χαρακτηριστικά.

Τα κοινά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά συνεπάγονται συνήθως κοινές επίσης μεθόδους κατεργασίας και έτσι προκύπτει λογικά ότι είναι πιο αποτελεσματικό να ομαδοποιηθεί οργανωτικά και χωροταξικά και ο σχετικός απαιτούμενος εξοπλισμός, έτσι ώστε να μειωθεί ο χρόνος παραγωγής και τα ενδιάμεσα αποθέματα. Οι οργανωτικές ομάδες μηχανών και εξοπλισμού περιγράφονται συχνά με τον όρο «κύτταρα παραγωγής» (production cells) τα οποία συνδέονται με την παραγωγή μιας συγκεκριμένης οικογένειας προϊόντων. Η σχετική μέθοδος οργάνωσης της παραγωγής αναφέρεται συχνά με τον όρο «παραγωγή σε κύτταρα» (cellular manufacturing) και έχει προφανή, από άποψη διαχείρισης της παραγωγής, οφέλη, καθώς απλοποιεί τον προγραμματισμό και της διαχείρισης υλικών και μηχανών. Συνοπτικά, τα επιδιωκόμενα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας ομάδων είναι τα εξής:

- Καθίσταται δυνατή η μεγαλύτερη τυποποίηση στα εργαλεία παραγωγής και τις διατάξεις συγκράτησης, γεγονός που συνεπάγεται μείωση του αντίστοιχου κόστους.
- Μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ μηχανών και κατά συνέπεια η ενέργεια/χρόνος που καταναλώνεται στη μεταφορά υλικών.
- Απλοποιείται η διαδικασία προγραμματισμού και ελέγχου της παραγωγής με αποτέλεσμα τη μείωση του αντίστοιχου χρόνου.
- Μειώνονται οι χρόνοι προετοιμασίας.
- Μειώνονται τα ενδιάμεσα αποθέματα και οι μονάδες που είναι σε επεξεργασία εντός του συστήματος.

- Αυξάνεται, συνήθως, η ικανοποίηση των εργαζόμενων λόγω του αυξημένου αισθήματος συνεργασίας σε μία ομάδα.
- Επιτυγχάνεται υψηλότερη ποιότητα κατασκευής.

3.3.2. Ευέλικτο Σύστημα Παραγωγής

Το ευέλικτο σύστημα παραγωγής (FlexibleManufacturingsystem - FMS) αποτελεί ουσιαστικά ένα ιδιαίτερα αυτοματοποιημένο και τεχνολογικά εξελιγμένο κύτταρο παραγωγής. Ένα ευέλικτο σύστημα αποτελείται, συνήθως, από διάφορους σταθμούς επεξεργασίας, μεταξύ των οποίων μπορεί να δρομολογηθεί η ταυτόχρονη παραγωγή διάφορων τύπων προϊόντων. Για να είναι αυτό εφικτό, ένα τυπικό FMS ενσωματώνει πολλές τεχνικές αυτοματοποίησης και ψηφιακού ελέγχου, όπως ευέλικτα/αυτόματα συστήματα μεταφοράς/αποθήκευσης, εργαλειομηχανές CNC, τεχνολογία ομάδων, κατανεμημένο έλεγχο, ρομποτικά συστήματα και άλλα.

Τα ευέλικτα συστήματα παραγωγής θεωρούνται γενικά κατάλληλα όταν η παραγωγή έχει χαρακτηριστικά αντίστοιχα με αυτά που υποδεικνύουν την οργάνωση σε κύτταρα παραγωγής, δηλαδή παραγωγή μέσης ποικιλίας προϊόντων, τα οποία μπορούν να ομαδοποιηθούν σε σχετικά λίγες ομάδες/οικογένειες (μερικές δεκάδες) και παράγονται σε μέσο όγκο ετήσιας παραγωγής (5.000-75.000 τεμάχια/έτος). Η βασική διαφορά με ένα τυπικό κύτταρο παραγωγής, που εμπεριέχει κυρίως οργανωτικές και χωροταξικές βελτιώσεις, έγκειται κυρίως στο αρκετά υψηλότερο επίπεδο τεχνολογίας, κυρίως αυτοματοποίησης, που ενσωματώνει. Λόγω αυτού το αρχικό κόστος επένδυσης σε ένα FMS είναι αρκετά υψηλό, ενώ αντίστοιχα υψηλές είναι και οι απαιτήσεις σε καλά εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Το αυξημένο κόστος επένδυσης και εργασίας καλύπτεται από την αναμενόμενη αύξηση του βαθμού εκμετάλλευσης του εξοπλισμού (μείωση άεργου χρόνου), τη μείωση του απαιτούμενου χώρου, την καλύτερη ανταπόκριση σε αλλαγές των παραγωγικών απαιτήσεων, τα χαμηλότερα αποθέματα, το μειωμένο χρόνο διεκπεραίωσης εντολών παραγωγής, καθώς και την υψηλότερη παραγωγικότητα της εργασίας. Η κύρια εφαρμογή των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής αφορά σε προϊόντα που κατασκευάζονται με σχετικά πολύπλοκες και απαιτητικές διαδικασίες κοπής.

Η ευελιξία ενός συστήματος παραγωγής συνδέεται τόσο με την δυνατότητα παραγωγής πολλών διαφορετικών τύπων προϊόντων, όσο και με την ταχύτητα εφαρμογής των απαιτούμενων αλλαγών κατά τη μετάβαση από έναν τύπο προϊόντος σε έναν άλλο. Η ταχύτητα αλλαγής συνδέεται με τον χρόνο που απαιτείται για τον επανα-προγραμματισμό των μηχανών αλλά και για την φυσική προετοιμασία του εξοπλισμού με την αλλαγή εργαλείων παραγωγής, διατάξεων συγκράτησης κλπ.

Από τεχνική άποψη το ιδανικά ευέλικτο σύστημα παραγωγής ενσωματώνει εξοπλισμό που μπορεί να τροποποιηθεί και να προγραμματιστεί εύκολα και γρήγορα για την παραγωγή μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων, για αυτό και τα περισσότερα FMS διαθέτουν εξοπλισμό CNC και ρομπότ που είναι εξ' ορισμού γενικής χρήσης (ευέλικτες) μηχανές. Η χρήση εξοπλισμού αυτού του είδους, απαιτεί με τη σειρά της καλά εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό που μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες των μηχανών. Σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παραγωγής η ευελιξία πρέπει να ενσωματωθεί στους

μηχανισμούς προγραμματισμού και ελέγχου, ωστόσο, και εδώ ο ανθρώπινος παράγοντας κατέχει καίρια θέση, τόσο στη φάση του σχεδιασμού όσο και στο πλαίσιο της διαχείρισης και ελέγχου του συστήματος.

Τα κύρια εκτιμώμενα οφέλη από την υλοποίηση ενός FMS μπορούν να συνοψιστούν ως εξής.

- Μεγαλύτερος βαθμός εκμετάλλευσης των μηχανών λόγω καλύτερου προγραμματισμού, καλύτερης χρήσης των περιοχών ενδιάμεσης αποθήκευσης και δυναμικού προγραμματισμού.
- Απαιτούνται λιγότερες μηχανές κυρίως λόγω του μεγαλύτερου βαθμού εκμετάλλευσης.
- Καλύτερη εκμετάλλευση χώρου. Σε σύγκριση με ένα τυπικό κατάστημα εργασιών εκτιμάται ότι ένα FMS απαιτεί περίπου τον μισό χώρο.
- Μεγαλύτερος βαθμός ανταπόκρισης σε αλλαγές. Η εισαγωγή νέων προϊόντων καθώς και οι αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής είναι σχετικά ευκολότερες από ότι σε ένα σύστημα με χαρακτηριστικά αντίστοιχα της γραμμής παραγωγής.
- Μείωση αποθεμάτων/μονάδων υπό επεξεργασία. Επειδή κατασκευάζεται ένα μίγμα προϊόντων και όχι οι τυπικές ομοιογενείς παρτίδες προϊόντων, τόσο τα αποθέματα πρώτων υλών και έτοιμων προϊόντων όσο και τα ενδιάμεσα αποθέματα (μονάδες υπό επεξεργασία) μπορούν να περιοριστούν σημαντικά, συνήθως σε ποσοστά 60-80%.
- Ταχύτερη παράδοση. Καθώς μειώνονται οι μονάδες υπό επεξεργασία μειώνεται αντίστοιχα ο χρόνος διεκπεραίωσης μιας εντολής παραγωγής ή παραγγελίας.
- Υψηλότερη παραγωγικότητα εργασίας. Ο υψηλότερος ρυθμός παραγωγής σε συνδυασμό με τη χρήση τεχνολογιών αυτοματοποίησης και ψηφιακής τεχνολογίας αυξάνει την παραγωγικότητα της εργασίας και μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους εργασίας.
- Δυνατότητα λειτουργίας χωρίς επίβλεψη. Το υψηλό επίπεδο αυτοματοποίησης επιτρέπει θεωρητικά τη λειτουργία του συστήματος συνεχώς (24 ώρες) και με ελάχιστη επίβλεψη.

3.3.2.1. Στοιχεία ενός ευέλικτου συστήματος παραγωγής

Ένα FMS αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: α) τους σταθμούς εργασίας (workstations) β) το σύστημα διαχείρισης και αποθήκευσης υλικών (materialhandlingandstoragesystem) και γ) το ψηφιακό σύστημα ελέγχου (computercontrolsystem). Πέρα από τα παραπάνω, ένα FMS διαθέτει, συνήθως, δίκτυα παροχής βοηθητικών υλικών (π.χ. ψυκτικά υγρά) και αποκομιδής των αποβλήτων. Για τη λειτουργία του απαιτείται φυσικά και η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα, παρότι η αυτοματοποίηση είναι αρκετά μεγάλη.

3.3.2.1.1. Σταθμοί εργασίας

Ο τύπος του εξοπλισμού και των αντίστοιχων σταθμών εργασιών που περιλαμβάνει ένα FMS εξαρτώνται από τα προϊόντα που παράγει και τον τύπο των σχετικών εργασιών που απαιτούνται. Γενικά διακρίνονται τέσσερις τύποι σταθμών εργασίας:

- Ο σταθμός φόρτωσης/εκφόρτωσης (load/unloadstations)
- Ο σταθμόςκατεργασιών (processingoperationsstation)
- Ο σταθμός συναρμολόγησης (assemblystation)
- Ο σταθμός άλλων εργασιών

Οι σταθμοί φόρτωσης/εκφόρτωσης είναι τα σημεία διασύνδεσης του FMS με τα άλλα τμήματα της παραγωγικής μονάδας, την αποθήκη πρώτων υλών και την αποθήκη έτοιμων προϊόντων. Οι σχετικές εργασίες μπορούν να διενεργούνται είτε χειρωνακτικά με τη βοήθεια γερανών και άλλου σχετικού εξοπλισμού (παλετοφόρα κλπ.), που διευκολύνει τον χειρισμό επικίνδυνων και βαρέων φορτίων, είτε αυτόματα (π.χ. ρομποτικά συστήματα), εάν υπάρχει μεγάλος βαθμός τυποποίησης. Στους σταθμούς αυτούς ενσωματώνεται, συνήθως, και εξοπλισμός καθαρισμού με πεπιεσμένο αέρα ή νερό. Η θέση καθαρισμού είναι, συνήθως, ελαφρά ανυψωμένη και διαθέτει δάπεδο σχάρας, έτσι ώστε να διευκολύνεται η απομάκρυνση υπολειμμάτων και αποβλήτων επεξεργασίας και ο καθαρισμός. Στο σταθμό φόρτωσης/εκφόρτωσης είναι εγκατεστημένο και ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων και επικοινωνίας, μέσω του οποίου ο χειριστής εισάγει δεδομένα της παραγωγής και παραλαμβάνει εντολές και οδηγίες παραγωγής (ποιο προϊόν είναι προγραμματισμένο να παραχθεί στη δεδομένη στιγμή). Με βάση αυτή την εντολή ο χειριστής προετοιμάζει την παλέτα επεξεργασίας, η οποία είναι το πιο συνηθισμένο μέσο μεταφοράς των μονάδων υπό επεξεργασία μεταξύ των διάφορων σταθμών. Η παλέτα διαθέτει μηχανισμούς στήριξης και συγκράτησης των υλικών κατά την μετέπειτα επεξεργασία, οι οποίοι ρυθμίζονται, επίσης, στη φάση της φόρτωσης.

Στους σταθμούς κατεργασιών επιτελούνται οι βασικές κατεργασίες μορφοποίησης των προϊόντων. Η πιο κοινή εφαρμογή των FMS αφορά σε κατεργασίες κοπής και έτσι οι περισσότεροι σταθμοί κατεργασιών εξοπλίζονται με εργαλειομηχανές CNC. Πέρα από τις κατεργασίες κοπής, έχουν ενσωματωθεί με επιτυχία σε FMS κατεργασίες και άλλων τύπων, ειδικά κατεργασίες επεξεργασίας φύλλων, όπως σφυρηλάτηση (forging), αποτύπωση (stamping), πρεσάρισμα (punching) και κάμψης (bending). Η αυτοματοποίηση αυτών των εργασιών, που είναι συνήθως υψηλής εντάσεως εργασίας, απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη. Ένας τυπικός σταθμός διαμόρφωσης περιλαμβάνει ένα θερμαντικό κλίβανο (heatingfurnace), μια πρέσα σφυρηλάτησης και ένα υποσταθμό τελειοποίησης/λείανσης (trimmingstation).

Κάποια FMS σχεδιάζονται για την παραγωγή συναρμολογημένων προϊόντων σε παρτίδες, αυτοματοποιώντας έτσι διαδικασίες που είναι κατά κύριο λόγο εντάσεως εργασίας. Για το σκοπό αυτό αξιοποιούνται συχνά βιομηχανικά ρομπότ, τα οποία είναι δυνατόν να προγραμματιστούν να εκτελούν μια ποικιλία εργασιών για διαφορετικά προϊόντα. Ένας άλλος τύπος εξοπλισμού, που χρησιμοποιείται συχνά σε ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής ηλεκτρονικού/ηλεκτρικού εξοπλισμού, είναι οι προγραμματιζόμενες μηχανές τοποθέτησης εξαρτημάτων, οι οποίες πρακτικά, προσαρμόζουν τυποποιημένα εξαρτήματα σε διαφορετικές διατάξεις.

Σε ένα ευέλικτο σύστημα μπορούν να ενσωματωθούν και λειτουργίες επιθεώρησης και ελέγχου, είτε με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού, όπως οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων, είτε με την χρήση εργαλείων μέτρησης (π.χ. κεφαλές/ακίδες μέτρησης και συστήματα μηχανικής όρασης) σε εξοπλισμό κατεργασιών CNC (κυρίως κέντρα κατεργασιών). Η λειτουργία του έλεγχου είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε ευέλικτα συστήματα συναρμολόγησης, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι έχουν προστεθεί όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα στο προϊόν.

3.3.2.1.2. Σύστημα διαχείρισης και αποθήκευσης υλικών

Το σύστημα μεταφοράς και αποθήκευσης αποτελεί το δεύτερο βασικό στοιχείο ενός FMS και επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες.

- Απρόσκοπτη και ευέλικτη κίνηση των κομματιών (μονάδων υπό επεξεργασία) μεταξύ των σταθμών.
- Διαχείριση μιας ποικιλίας διαφορετικών διατάξεων κομματιών και φόρτωση/εκφόρτωση σταθμών. Για πρισματικά κομμάτια χρησιμοποιούνται κυρίως παλέτες με διατάξεις συγκράτησης και σταθεροποίησης των κομματιών, ενώ για αξονοσυμμετρικά κομμάτια, που παράγονται με τórνευση, χρησιμοποιούνται συχνά βιομηχανικά ρομπότ.
- Προσωρινή αποθήκευση των κομματιών, τα οποία βρίσκονται σε σχετικά μικρές ουρές αναμονής για επεξεργασία.
- Επικοινωνία με το κεντρικό σύστημα ψηφιακού ελέγχου και σύνδεση των διάφορων σταθμούς εργασίας με αποθηκευτικούς χώρους.

Στον εξοπλισμό διαχείρισης υλικών περιλαμβάνονται τα τυπικά μέσα μεταφοράς υλικών, μηχανισμοί αυτόματης μεταφοράς (ταινιόδρομοι) και βιομηχανικά ρομπότ. Το σύστημα διαχείρισης χωρίζεται στο πρωτεύον που ουσιαστικά επιτελεί τη μετακίνηση των μονάδων υπό επεξεργασία μεταξύ των σταθμών και το δευτερεύον, που εκτελεί τις εργασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης των σταθμών με κομμάτια, στον κατάλληλο προσανατολισμό και με την κατάλληλη ακρίβεια και σταθερότητα. Στο δευτερεύον σύστημα περιλαμβάνονται και οι ενδιάμεσοι χώροι αποθήκευσης (buffers) που εξασφαλίζουν τη συνεχή τροφοδοσία των μηχανών και συνεπώς τη βέλτιστη αξιοποίηση του εξοπλισμού. Το πρωτεύον σύστημα είναι αυτό που καθορίζει τη χωροταξική διάταξη του συστήματος FMS, η οποία μπορεί να ταξινομηθεί σε πέντε βασικούς τύπους: τη γραμμική, την κυκλική, τη διάταξη σκάλας, τη διάταξη ανοικτού πεδίου και τη διάταξη με κεντρικό ρομποτικό σταθμό.

3.3.2.1.3. Ψηφιακό σύστημα ελέγχου

Βασικό στοιχείο ενός FMS αποτελεί το ψηφιακό σύστημα ελέγχου το οποίο περιλαμβάνει έναν κεντρικό Η/Υ, ο οποίος χρησιμοποιείται για το συντονισμό των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού, καθώς και τους Η/Υ ελέγχου των επιμέρους μηχανών και σταθμών εργασιών. Η επικοινωνία μεταξύ του συστήματος ελέγχου και του εξοπλισμού είναι αμφίδρομη, δεδομένα δηλαδή αποστέλλονται και από το κεντρικό σύστημα προς τον εξοπλισμό αλλά και αντίστροφα. Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος ελέγχου είναι οι εξής:

- Έλεγχος των σταθμών εργασιών: Ο έλεγχος των διάφορων σταθμών αφορά κυρίως στον προγραμματισμό των σχετικών εργασιών. Ο βαθμός ελέγχου των επιμέρους σταθμών εξαρτάται από το βαθμό αυτοματοποίησης. Έτσι, σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα, ο έλεγχος/προγραμματισμός των επιμέρους σταθμών πραγματοποιείται αποκλειστικά από τον κεντρικό Η/Υ.
- Έλεγχος παραγωγής: Με βάση το μίγμα προϊόντων και τους ημερήσιους στόχους παραγωγής καθορίζεται και ελέγχεται από το κεντρικό σύστημα ο ρυθμός εισόδου υλικών στο σύστημα και ο αντίστοιχος ρυθμός εξόδου προϊόντων, με την φόρτωση/εκφόρτωση των κατάλληλων παλετών ή άλλων μεταφορικών μέσων.
- Δρομολόγηση (routing): Η συγκεκριμένη λειτουργία αφορά στον έλεγχο της κίνησης των παλετών/μονάδων μέσα στο σύστημα, καθώς και στο έλεγχο του δευτερεύοντος συστήματος φόρτωσης και εκφόρτωσης των σταθμών εργασίας.
- Παρακολούθηση κομματιών: Για να είναι δυνατός ο συντονισμός των εργασιών και η βέλτιστη εκμετάλλευση του χρόνου πρέπει προφανώς να ελέγχεται η πορεία μιας υπό επεξεργασία μονάδας στο σύστημα, λειτουργία η οποία πραγματοποιείται από το κεντρικό σύστημα.
- Παρακολούθηση εργαλείων: Η θέση και η διαθεσιμότητα εργαλείων παρακολουθείται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι υπάρχει το κατάλληλο εργαλείο την κατάλληλη στιγμή σε ένα σταθμό εργασίας. Το κεντρικό σύστημα ελέγχου καταγράφει, επίσης, τις ώρες χρήσης ενός εργαλείου, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η αντικατάστασή του πριν υποστεί φθορά μεγαλύτερη του επιτρεπόμενου ορίου.
- Μέτρηση στόχων απόδοσης και κατάρτιση αναφορών: Το σύστημα ελέγχου καταγράφει δεδομένα σχετικά με την παραγωγή και την απόδοση, τα οποία συνοψίζονται σε συνολικές εκθέσεις αναφοράς.
- Διάγνωση σφαλμάτων: Η διαγνωστική λειτουργία του κεντρικού συστήματος ενεργοποιείται όταν παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα στην παραγωγική διαδικασία και έχει ως στόχο την ανακάλυψη των αιτιών που προκάλεσαν τη δυσλειτουργία. Τα εργαλεία διαγνωστικού ελέγχου βοηθούν, επίσης, στον προγραμματισμό/παρακολούθηση των εργασιών τακτικής συντήρησης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο ανενεργός χρόνος του εξοπλισμού και να μεγιστοποιηθεί η διαθεσιμότητα.

3.4. Σύγχρονες τάσεις

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας με ραγδαίους ρυθμούς και οι σύγχρονες εξελίξεις στην παραγωγή και διανομή προϊόντων και υπηρεσιών (διεθνοποίηση) έχουν δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για την εμφάνιση νέων τάσεων και προσεγγίσεων στην οργάνωση των συστημάτων παραγωγής-διανομής και στα logistics.

Χαρακτηριστικά των σύγχρονων τάσεων και προσεγγίσεων της αποθήκευσης είναι τα εξής:

- Ελάττωση στο ελάχιστο δυνατό του χρόνου ανταπόκρισης στις πραγματικές συνθήκες της ζήτησης και γενικότερα η ελαχιστοποίηση του χρόνου στη ροή των υλικών και των πληροφοριών
- Πίεση για μείωση των αποθεμάτων στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα
- Εξασφάλιση στην παραγωγή της δυνατότητας να ανταποκρίνεται σε εξατομικευμένες προτιμήσεις της κατανάλωσης
- Αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας, όπως το Internet και, γενικότερα, η αλληλεξάρτηση υπολογιστών, συστημάτων διαχείρισης υλικών, συστημάτων αποθήκευσης και συστημάτων μεταφορών.

Οι συνέπειες των νέων τάσεων είναι οι εξής:

- Μετάβαση από τις μεγάλες αποθήκες σε μικρότερα, πιο αυτοματοποιημένα και με ταχύτερους ρυθμούς διακίνησης συστήματα
- Αυξανόμενο μέγεθος οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων στους αυτοκινητοδρόμους και σιδηροδρόμους
- Αυξανόμενη χρήση της αεροπορικής μεταφοράς εμπορευμάτων
- Αύξηση της ταχύτητας φόρτωσης, εκφόρτωσης και επαναφόρτωσης, που είναι χαρακτηριστικό των συστημάτων μεταφοράς τύπου εμπορευματοκιβωτίου)

3.5. Ανάθεση λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας σε τρίτους(Third Party Logistics, 3PL)

Με τον όρο «εφοδιαστική τρίτων» ορίζεται η ανάληψη από τρίτους (εξειδικευμένες εταιρείες, οι αποκαλούμενες «εταιρίες 3PL»), εκτόςεπιχείρησης, εφοδιαστικών υπηρεσιών που παραδοσιακά εκτελούντανεντός της επιχείρησης. Βασική αιτία ανάπτυξης της «εφοδιαστικής τρίτων» είναι η μετακίνηση των κέντρων παραγωγής σε χώρες χαμηλού εργατικού κόστους και η ανάγκη για άμεση πρόσβαση στους προμηθευτές και καταναλωτές. Η ίδρυση υποκαταστημάτων και κέντρων παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής εγχώρια ή στην αλλοδαπή μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή ή και απαγορευτική λύση. Η ανάπτυξη συμφωνιών συνεργασίας μεταξύ μια επιχείρησης και μιας εταιρίας 3PL είναι συχνά η οικονομικότερη ή και η μόνη δυνατή λύση για την κάλυψη αυτών των υπηρεσιών.

Οι υπηρεσίες των εταιριών 3PL είναι οι εξής:

- Παραλαβή προμηθειών υλικών και εξαρτημάτων και μεταφορά τους στο σύστημα παραγωγής
- Συσκευασία, εκφόρτωση, αποσυσκευασία, ανασυσκευασία και επαναφόρτωση
- Αποθήκευση και φυσική διανομή των προϊόντων
- Επικόλληση μηχανογραφημένης ετικέτας
- Διαχείριση αποθεμάτων
- Διατήρηση προϊόντων υπό ψύξη (συντήρηση, κατάψυξη)
- Διατήρηση προϊόντων υπό ψύξη (συντήρηση, κατάψυξη)
- Διενέργεια απογραφών
- Παραγγελιοληψία και διεκπεραίωση παραγγελίας
- Έκδοση εγγράφων (δελτία αποστολής, τιμολόγια κ.α.)

- Διαχείριση επιστροφών
- Εκτελωνισμοί
- Ασφαλιστική κάλυψη
- Παροχή υπηρεσιών πληροφορικής (συστήματα ηλεκτρονικής ανταλλαγής πληροφοριών, EDI)

Κεφάλαιο 4: Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιομηχανικούς χώρους με συστήματα θερμοκρασίας και υγρασίας

4.1. Γενικά

Η αισθανόμενη θερμοκρασία είναι διαφορετική από την ένδειξη του θερμομέτρου και εξαρτάται από την απόλυτη και τη σχετική υγρασία.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στη βιομηχανία είναι επιθυμητός σε πάρα πολλές εφαρμογές. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργάνων σε σχετικά χαμηλές τιμές.

Ορισμένοι από τους τύπους των αισθητήρων θερμοκρασίας είναι οι εξής:

- Αισθητήρια θερμοκρασίας διμεταλλικού τύπου
- Θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης
- Θερμόμετρα υγρού
- Θερμίστορς
- Θερμοστοιχεία

Τα θερμόμετρα υγρού είναι τα αρχαιότερα θερμόμετρα που όμως και σήμερα χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές λόγω κυρίως του χαμηλού κόστους τους. Το πρόβλημα με τα θερμόμετρα υγρού είναι ότι δεν μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν σαν αισθητήρια σε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου ούτε να δώσουν τη μέτρηση σε Η/Υ, παρά το ότι έχουν γίνει προσπάθειες και υπάρχουν κάποιοι τύποι κατάλληλοι γι' αυτό το σκοπό.

Τα αισθητήρια θερμοκρασίας διμεταλλικού τύπου στηρίζουν την λειτουργία τους στο φυσικό φαινόμενο της διαστολής των μετάλλων. Πιο συγκεκριμένα στην ιδιότητα ενός διμεταλλικού ελάσματος (έλασμα αποτελούμενο από δύο συγκολλημένα μεταξύ τους ελάσματα) να κάμπτεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα ελάσματα πρέπει να είναι από υλικά με διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής και η κάμψη οφείλεται ακριβώς σ' αυτή την ανισοτροπία του διμεταλλικού ελάσματος όσον αφορά την διαστολή του. Τέτοια αισθητήρια κυκλοφορούν ευρέως λόγω κυρίως του μικρού τους κόστους και της απλότητας τους.

Επισημαίνεται ότι διάφορες παραλλαγές στη βασική χρήση του διμεταλλικού ελάσματος. Στην πιο ενδιαφέρουσα απ' αυτές, το διμεταλλικό έλασμα χρησιμοποιείται σαν επαφή που ανοίγει ή κλείνει κάποιο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η συσκευή τότε είναι ο γνωστός από την πλατιά χρήση του θερμοστάτης. Θερμοστάτες χρησιμοποιούνται σε οικιακές συσκευές (σίδηρο, τοστιέρα), για τον έλεγχο της κεντρικής θέρμανσης, αλλά και σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όταν είναι επιθυμητός έλεγχος θερμοκρασίας δύο θέσεων (ON-OFF).

Τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης βασίζονται στο φαινόμενο της μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης των μετάλλων και των ημιαγωγών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία. Το απλούστερο από τα παραπάνω αισθητήρια αποτελείται από ένα λεπτό σύρμα από χαλκό ή νικέλιο ή πλατίνα που αφού πάρει κατάλληλο σχήμα (συνήθως μαιάνδρου) κλείνεται σε ένα προστατευτικό περίβλημα. Το παραπάνω αισθητήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού ή αερίου (οπότε απλώς εμβαπτίζεται στο ρευστό) είτε για την μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας των στερεών - οπότε το αισθητήριο έχει τη μορφή λεπτού φιλμ και επικολλάται στην επιφάνεια της οποίας επιθυμούμε να μετρήσουμε την θερμοκρασία.

Τα θερμίστορς, σε αντίθεση με τα προηγούμενα που χρησιμοποιούν μεταλλικό στοιχείο αντίστασης, διαθέτουν ημιαγωγό στοιχείο. Το πλεονέκτημα τους είναι η μεγάλη ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τους μεταλλικούς αγωγούς, παρουσιάζουν μείωση της αντίστασης με την αύξηση της θερμοκρασίας. Συνηθισμένα θερμίστορς έχουν αντίσταση της τάξης των 100 Ω σε υψηλές θερμοκρασίες και εκατοντάδες megaohms σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα θερμίστορς χρησιμοποιούνται σε όλο και περισσότερες εφαρμογές καθώς το κόστος τους πέφτει και η αξιοπιστία τους ανεβαίνει.

Η αρχή λειτουργίας του θερμοστοιχείου είναι γνωστή ως το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο: Όταν δύο συρματίδια από διαφορετικά υλικά ενώνονται σε δύο διαφορετικά σημεία (επαφές) έτσι που να σχηματίζεται βρόχος μεταξύ των επαφών αυτές δεν έχουν διαφορετική θερμοκρασία, αναπτύσσεται τάση μεταξύ τους που είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας τους. Οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι της τάξης των mV και συνεπώς απαιτούνται ευαίσθητα ηλεκτρονικά για τη σωστή μέτρηση τους. Ακόμη για να είναι δυνατή η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να υπάρχει μια άλλη θερμοκρασία αναφοράς, αφού το θερμοστοιχείο αντιλαμβάνεται μόνο διαφορές θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία αυτή (που συνήθως είναι το 0 °C) προσομοιώνεται ηλεκτρονικά. Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρονικό κύκλωμα του αισθητηρίου παράγει την τάση που θα παρήγαγε η κρύα επαφή. Έτσι το όργανο διαθέτει μόνο μια επαφή που χρησιμοποιείται απ' ευθείας για την μέτρηση της θερμοκρασίας.

4.2. Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

Οι κυριότερες εσωκλιματικές παράμετροι που καθορίζουν τη θερμική άνεση ενόρσεσωτερικού χώρου είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Επομένως, οι παρεμβάσεις που θαπραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, θα πρέπει να έχουν ως στόχο τη διατήρηση των δύο αυτών παραμέτρων στο επιθυμητό, για το κάθε κτίριο ή την κάθε θερμική ζώνη, επίπεδο.

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης διαφέρουν για κάθε κτίριο και πολλές φορές διαφέρουν ακόμα και για ανεξάρτητους εσωτερικούς χώρους του ίδιου κτιρίου. Οι εσωτερικοί χώροι του ίδιου κτιρίου για τους οποίους ισχύουν διαφορετικές συνθήκες θερμικού περιβάλλοντος, ονομάζονται θερμικές ζώνες. Η διαίρεση σε θερμικές ζώνες επιβάλλεται σε όλα τα κτίρια του τριτογενούς και του παραγωγικού τομέα, τα οποία αποτελούνται από χώρους που παρουσιάζουν διαφορετικές χρήσεις. Η θερμική άνεση σε έναν χώρο επιτυγχάνεται από το σωστό σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, τα οποία συνεργάζονται με τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και τα συστήματα παθητικού δροσισμού.

Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι αναφορικά με τη θερμοκρασία του αέρα, μεγάλη σημασία έχει και η κατακόρυφη διαφορά της σε έναν κλειστό χώρο. Συγκεκριμένα, για να μην νιώθουν οι χρήστες του κτιρίου δυσφορία στο κάτω και άνω άκρο του σώματος από τη μεγάλη κατακόρυφη διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα, αυτή δεν πρέπει να ξεπερνά τους 3°C, από το δάπεδο και για κατακόρυφη απόσταση 1.7m πάνω από αυτό. Επομένως μένει να ελεγχθούν η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα και να προσαρμοστούν αντίστοιχα από το σύστημα θέρμανσης (η θερμοκρασία) ή κλιματισμού (θερμοκρασία και σχετική υγρασία), ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική άνεση. Οι

απαιτούμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επιβάλλεται να επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους κάθε κατηγορίας κτιρίων του τριτογενούς τομέα, καθορίζονται από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1/2010. Οι τιμές αυτού του πίνακα ισχύουν και για όσους χώρους του παραγωγικού τομέα παρουσιάζουν παρόμοιες χρήσεις. Αντίθετα, δεν ισχύουν για τους χώρους στους οποίους πραγματοποιούνται οι διάφορες παραγωγικές διεργασίες. Για τους συγκεκριμένους χώρους ισχύουν άλλες τιμές, οι οποίες καθορίζονται από το είδος των διεργασιών που συντελούνται σε αυτούς.

Το κτιριακό κέλυφος είναι το περίβλημα του κτιρίου που διαχωρίζει τους εσωτερικούς χώρους του με το εξωτερικό περιβάλλον. Ο ρόλος του είναι πολυδιάστατος. Καταρχήν, προσφέρει προστασία στους χρήστες του κτιρίου από τα διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα, παρέχοντας ασφαλείς συνθήκες παραμονής και εργασίας. Ακόμη, απομονώνει τους χρήστες του κτιρίου από τον περίγυρό τους, δίνοντας τους μια αίσθηση ιδιωτευσης και χαλάρωσης. Αποτελεί, δε, το κύριο μέσο αλληλεπίδρασης του κτιρίου με το περιβάλλον. Σε αυτή την αλληλεπίδραση οφείλεται η διαμόρφωση των εσωτερικών συνθηκών του κτιρίου. Αυτές οι συνθήκες όμως, σπάνια ταυτίζονται με τις επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης που οφείλουν να επικρατούν σε κάθε κτίριο ή σε κάθε θερμική ζώνη του. Επομένως, απαιτείται η λήψη κατάλληλων μέτρων προκειμένου να επιτευχθεί σύγκλιση των δύο καταστάσεων.

Ο εύκολος τρόπος επίτευξης αυτού του στόχου είναι η εκτεταμένη χρήση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Έτσι, όμως, η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγάλη, αφού τα συστήματα αυτά λειτουργούν συνεχώς και σε υψηλό επίπεδο έντασης κατά τη διάρκεια της ημέρας, ελλείπει άλλων λύσεων. Αποτέλεσμα είναι η απώλεια της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας. Ο έτερος τρόπος είναι η λήψη μέτρων με στόχο τη βελτίωση των προδιαγραφών του κελύφους. Αυτή η μέθοδος απαιτεί την κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων ενέργειας, αφού τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης υποστηρίζονται αποτελεσματικά από ένα κέλυφος με βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά. Επομένως, η λειτουργία τους είναι περιοδική και σε χαμηλότερα επίπεδα έντασης. Ο στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας έχει επιτευχθεί.

Οι κυριότερες εσωκλιματικές παράμετροι που καθορίζουν τη θερμική άνεση ενός εσωτερικού χώρου είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Επομένως, οι παρεμβάσεις που θα πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, θα πρέπει να έχουν ως στόχο τη διατήρηση των δύο αυτών παραμέτρων στο επιθυμητό, για το κάθε κτίριο ή την κάθε θερμική ζώνη, επίπεδο.

4.2.1. Υγρομόνωση

Οι υδρατμοί αποτελούν την αέρια φάση του νερού. Η παρουσία υδρατμών μέσα στη μάζα του αέρα ονομάζεται υγρασία. Η υγρασία αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά του κλίματος κάθε περιοχής, επηρεάζοντας έτσι τις περιβαλλοντικές συνθήκες του εκάστοτε τόπου. Η αλληλεπίδραση μεταξύ κτιρίου και εξωτερικού περιβάλλοντος, καθιστά την υγρασία ρυθμιστικό παράγοντα και του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων.

Η υγρασία αποτελεί μια σοβαρή απειλή τόσο για το κέλυφος του κτιρίου, όσο και για την υγεία και ευεξία των χρηστών του κτιρίου, όταν το επίπεδο της ξεπεράσει κάποια

καθορισμένη τιμή. Οι επιθυμητές τιμές υγρασίας των παραγωγικών μονάδων όπου στεγάζονται οι παραγωγικές διαδικασίες έχουν καθοριστεί με γνώμονα ώστε η ύπαρξη υγρασίας να μη δημιουργεί διάφορα προβλήματα σε αυτές.

Η υγρασία οφείλεται στο νερό που διεισδύει με την υγρή ή αέρια φάση του στη μάζα των δομικών υλικών. Το νερό κινείται μέσω των τριχοειδών αγγείων των υλικών όταν είναι σε υγρή φάση και μέσω της διάχυσης των υδρατμών όταν είναι στην αέρια. Έτσι, η υγρασία προσβάλλει το εσωτερικό των δομικών στοιχείων του κελύφους, αλλά πολλές φορές γίνεται αντιληπτή και στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Οι επιπτώσεις που προκαλεί στην τοιχοποιία και τα άλλα δομικά στοιχεία κυμαίνονται από την απλή καταστροφή του χρώματος των επιφανειών έως και την πλήρη καταστροφή των δομικών υλικών της οικοδομής. Επειδή οι βλάβες που προκαλούνται από την υγρασία είναι σοβαρές και πολλές φορές μη αναστρέψιμες, απαιτείται η θωράκιση του κτιριακού κελύφους έναντι αυτής της απειλής. Η θωράκιση αυτή επιτυγχάνεται με την υγρομόνωση του κελύφους. Η αποτελεσματικότητα της τελευταίας κρίνεται από την ολοκληρωμένη μελέτη της ήδη από τη φάση σχεδιασμού του κτιρίου, την επιλογή των κατάλληλων υλικών για την εφαρμογή της και την σωστή και φροντισμένη τοποθέτησή της κατά τη διάρκεια κατασκευής του κτιρίου.

4.2.2. Υγρασία και ατμοσφαιρικός αέρας

Η ποσότητα των υδρατμών που περιέχεται στον αέρα, κυμαίνεται από το μηδέν μέχρι μια μέγιστη τιμή, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα. Όταν η παρουσία υδρατμών στη μάζα του αέρα είναι μηδενική, τότε ο αέρας ονομάζεται ξηρός. Όταν η ποσότητα των υδρατμών που έχει απορροφήσει ο αέρας έχει φτάσει στη μέγιστη τιμή της, τότε ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει φθάσει σε κατάσταση κορεσμού. Όσο θερμότερος είναι ο αέρας, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει στη μάζα του.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας παρουσιάζει κάποια χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν σχέση με την υγρασία του και η γνώση τους είναι σημαντική για την περαιτέρω ανάλυση του θέματος. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

Ειδική υγρασία w : είναι η ποσότητα υδρατμών που περιέχεται σε 1 kg ξηρού αέρα. Μονάδα μέτρησης είναι [g/kg].

Απόλυτη υγρασία W : είναι η ποσότητα υδρατμών που περιέχεται σε 1 /m³ ξηρού αέρα. Μονάδα μέτρησης είναι [g/m³].

Σχετική υγρασία ϕ : είναι ο λόγος της ποσότητας υδρατμών που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα, προς τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να απορροφήσει ο αέρας για τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας (κατάσταση κορεσμού). Προφανώς, στην κατάσταση κορεσμού ισχύει: $\phi = 100\%$.

Σημείο δρόσου t_{dp} : είναι η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, στην οποία αρχίζει η συμπύκνωση των υδρατμών (υγροποίηση). Στη θερμοκρασία αυτή, η σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα είναι πάντα $\phi = 100\%$. Μονάδα μέτρησης είναι [°C].

Επιφανειακή συμπύκνωση υδρατμών προκύπτει όταν στις εσωτερικές επιφάνειες ενός χώρου (τοιχοί, οροφή, παράθυρα) παρατηρούμε σταγόνες νερού, γεγονός που δηλώνει την ύπαρξη

υγρασίας. Η επιφανειακή συμπύκνωση υδρατμών παρουσιάζεται συνήθως στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων που συνιστούν θερμογέφυρες, καθώς στις επιφάνειες αυτές η επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία πλησιάζει τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, η οποία, πολλές φορές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, συμβαίνει να είναι ίση ή ακόμα και μικρότερη του σημείου δρόσου t_{dp} .

Επιφανειακή συμπύκνωση υδρατμών συναντάται συνήθως στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων που συνιστούν θερμογέφυρες. Στις επιφάνειες αυτές η επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία t_{si} πλησιάζει τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα t_e , η οποία, πολλές φορές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, συμβαίνει να είναι ίση ή ακόμα και μικρότερη του σημείου δρόσου t_{dp} .

4.2.3. Υγρομονωτικά υλικά

Υγρομονωτικά ή στεγανωτικά ή στεγανοποιητικά υλικά ονομάζονται όλα τα ειδικά δομικά υλικά που έχουν σαν κύριο σκοπό την προστασία των κατασκευών από τη διαβρωτική και καταστροφική επίδραση του νερού.

Τα στεγανωτικά υλικά είναι κυρίως συνθετικά υλικά. Βάσει της μηχανικής και θερμικής συμπεριφοράς τους, τα συνθετικά υλικά χωρίζονται σε ελαστομερή, θερμοπλαστικά πολυμερή και θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή. Ελαστομερή ή ελαστικά ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που παρουσιάζουν μεγάλες και αντιστρεπτές παραμορφώσεις, ακόμα και υπό την άσκηση μικρών τάσεων, χωρίς να επέρχεται θραύση. Όταν θερμαίνονται, δεν μπορούν να διαμορφωθούν. Θερμοπλαστικά πολυμερή ή πλαστομερή ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που μπορούν να παραμορφωθούν – με αντιστρεπτό τρόπο – αφού αρχικά έχουν θερμανθεί. Τέλος, θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που μπορούν να παραμορφωθούν – με μη αντιστρεπτό τρόπο – αφού θερμανθούν. Έτσι, μετά την πήξη τους η παραμόρφωσή τους είναι μόνιμη.

Ανάλογα με τη μορφή με την οποία είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, τα στεγανωτικά υλικά διακρίνονται σε στεγανωτικά υλικά υπό μορφή μεμβρανών (φύλλων) και σε επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες περιλαμβάνει ένα πλήθος ελαστομερών, θερμοπλαστικών και θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών υλικών. Πέραν των δύο βασικών κατηγοριών, υπάρχουν ακόμη μικρότερες κατηγορίες υγρομονωτικών υλικών όπως είναι τα ασφαλτικά κεραμίδια και τα υλικά για την ελαστική στεγάνωση των αρμών στις κατασκευές.

Τα στεγανοποιητικά υλικά που διατίθενται στο εμπόριο υπό μορφή μεμβρανών χρησιμοποιούνται για τη στεγάνωση δωματίων (ταρατσών), ταρατσόκηπων, υπογείων και τοιχίων. Τέτοια υλικά είναι οι μεμβράνες πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), πολυαιθυλενίου, πολυπροπυλενίου και αλουμινίου και οι ασφαλτικές μεμβράνες ή κοινώς ασφαλτόπανα. Τα ασφαλτόπανα είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στην Ελλάδα και χρησιμοποιούνται κυρίως για την υγρομόνωση των δωματίων. Αποτελούνται από ένα πυρήνα οπλισμού (ο οποίος τα προστατεύει από το σχίσιμο και τη διάτρηση) και το ασφαλτικό υλικό που περιβάλλει τον πυρήνα. Διακρίνονται σε ελαστομερή και πλαστομερή. Ο οπλισμός τους επηρεάζει καθοριστικά την ποιότητα και την τιμή τους. Η εφαρμογή των ασφαλτόπανων γίνεται με τη βοήθεια φλόγιστρου προπανίου.

Τα επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά, ελαστομερή και μη, διατίθενται στο εμπόριο σε ημίρρευστη μορφή. Η εφαρμογή τους γίνεται με επάλειψη σε τοίχους, ταράτσες, τοιχία και υπόγεια. Μετά το στέγνωμα τους, τα ελαστομερή επαλειφόμενα υλικά σχηματίζουν μια στεγανή, μόνιμα ελαστική μεμβράνη. Στα επαλειφόμενα στεγανοποιητικά υλικά ανήκουν τα τσιμεντοειδή κονιάματα με στεγανωτικά υλικά, τα στεγανωτικά ακρυλικά χρώματα, τα πολουρεθανικά ελαστομερή, τα ασφαλτικά ελαστομερή που έχουν ως βάση το νερό, και τα ασφαλτικά γαλακτώματα ή νερόπισσες που χρησιμοποιούνται για το παραδοσιακό μαύρισμα των τοιχίων, αλλά πλέον θεωρούνται ξεπερασμένα. Στην κατηγορία των επαλειφόμενων στεγανωτικών υλικών ανήκουν και όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά το προπαρασκευαστικό στάδιο της υγρομόνωσης και ονομάζονται αστάρια. Τέτοια υλικά είναι τα ασφαλτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται σαν αστάρια για τη συγκόλληση των ασφαλτόπανων.

Τα στεγανοποιητικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ελαστική σφράγιση τωναρμών ονομάζονται αλλιώς και σφραγιστικά υλικά ή μαστίχες. Πρόκειται για υλικά υπόμορφη πάστας που όταν σκληρυνθούν παραμένουν μόνιμα ελαστικά και προσαρμόζονταιχωρίς πρόβλημα στις συστολές-διαστολές των αρμών, εγγυώμενα παράλληλα την απόλυτηστεγανοποίηση των αρμών.

4.2.4. Είδη υγρασίας και αντίστοιχες τεχνικές υγρομόνωσης του κελύφους

Η εμφανιζόμενη υγρασία είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων. Ανάλογα με το αίτιο προέλευσής της, η υγρασία διακρίνεται σε διάφορα είδη, τα οποίαείναι δυνατόν να εμφανιστούν ταυτόχρονα σε μια κατασκευή, αν οι αντίστοιχοιπαράγοντες εμφάνισής τους είναι ευνοϊκοί. Οι τεχνικές υγρομόνωσης πουχρησιμοποιούνται προς αντιμετώπιση της υγρασίας διαφέρουν ανάλογα με το είδος της.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες υγρασίας και οι αντίστοιχες τεχνικές υγρομόνωσης.

4.2.4.1. Υγρασία εδάφους

Η υγρασία αυτή οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά, στάσιμα ή τρεχούμενα ύδατα, τα οποία δια μέσου των τριχοειδών αγγείων ανεβαίνουν από τη θεμελίωση και προσβάλλουν την τοιχοποιία. Η κατανομή της είναι ομοιόμορφη σε όλο το πάχος του τοίχου και το ύψος μέχρι το οποίο φθάνει εξαρτάται από παράγοντες όπως οι συνθήκες περιβάλλοντος, ο ηλιασμός των τοίχων, το πάχος τους και η ηλικία του κτιρίου.

Η αντιμετώπιση αυτού του είδους υγρασίας πρέπει να προβλέπεται ήδη από τη φάση σχεδιασμού του κτιρίου και να πραγματοποιείται κατά τη φάση κατασκευής του, καθώς δύσκολα μπορεί να γίνει κάτι μετά την ολοκλήρωση της οικοδομής. Οι τρόποι υγρομόνωσης που χρησιμοποιούνται για αυτήν την περίπτωση είναι οι εξής:

- Τοποθέτηση οριζόντιου φράγματος υγρασίας σε όλο το πάχος του τοίχου.

- Τοποθέτηση επαλειφόμενης ή υπό μορφή μεμβράνης, υγρομονωτικής στρώσης στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- Κατασκευή περιμετρικής τάφρου έμπροσθεν της τοιχοποιίας.
- Μείωση της επιφάνειας απορρόφησης.

Εάν, για οποιαδήποτε αιτία, υγρομόνωση πρέπει να τοποθετηθεί στο κτίριο μετά την κατασκευή του, τότε υποχρεωτικά επαλείφεται η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου με στεγανωτικό κονίαμα, αφού έχει αφαιρεθεί ο σοβάς.

4.2.4.2. Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών

Αυτό το είδος υγρασίας οφείλεται στο φαινόμενο της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών. Οι αιτίες που προκαλούν την εμφάνιση της στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου είναι οι εξής:

- Αναπνευστική και θερμορυθμιστική λειτουργία έμψυχων οργανισμών: Όταν ο αέρας των εσωτερικών χώρων έχει ήδη υψηλή σχετική υγρασία και επομένως πλησιάζει την κατάσταση κορεσμού, οι υδρατμοί που μπορεί να απορροφήσει είναι μικρής ποσότητας. Οι υπόλοιποι συμπυκνώνονται σε σταγόνες νερού και προκαλούν το φαινόμενο της υγρασίας επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών.
- Εξάτμιση οικοδομικών στοιχείων: τα οικοδομικά στοιχεία, τα οποία δεν έχουν αποβάλλει ακόμα την υγρασία δόμησης, αποτελούν σημαντική πηγή προέλευσης υδρατμών. Επιπλέον, υδρατμοί προέρχονται και από δομικά στοιχεία τα οποία εμφανίζουν υγρασία εδάφους ή έχουν ρωγμές.
- Ανθρώπινες δραστηριότητες: Οι διάφορες δραστηριότητες των ανθρώπων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό ενός οποιουδήποτε χώρου, και συνήθως απαιτούν διάφορες συσκευές ή συστήματα για την πραγματοποίησή τους, παράγουν υδρατμούς.
- Έναρξη περιόδου θέρμανσης του χώρου: Όταν οι ψυχροί εσωτερικοί χώροι ενός κτιρίου θερμαίνονται, ο αέρας, εξαιτίας της μικρής ειδικής θερμότητας που τον χαρακτηρίζει, θερμαίνεται πιο γρήγορα από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Επομένως η επιφανειακή θερμοκρασία των στοιχείων είναι σημαντικά χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία και βρίσκεται πιο κοντά στα επίπεδα του σημείου δρόσου.
- Απουσία ακτινοβολούμενης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία: Σε εσωτερικές περιοχές του περιβλήματος του κτιρίου, όπου ο αέρας είναι εξαιρετικά ήρεμος, υπάρχει έλλειψη ακτινοβολούμενης θερμότητας εκ μέρους των δομικών στοιχείων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μη αναθέρμανση του αέρα των περιοχών αυτών και την ενδεχόμενη συμπύκνωση των υδρατμών.

Η υγρασία που οφείλεται στην επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, προκαλεί την εμφάνιση γκριζόμαυρων κηλίδων στην επιφάνεια των τοίχων και της οροφής, οι οποίες οφείλονται στην ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και στην προσκόλληση μορίων σκόνης. Οι κηλίδες αυτές αρχικά είναι πολύ μικρές, αλλά η επιφάνειά τους μεγαλώνει συνεχώς με την μεγέθυνση του φαινομένου. Αποτέλεσμα της υγρασίας αυτής είναι η καταστροφή του χρώματος των τοίχων και της οροφής. Επιπλέον, οι μύκητες μούχλας μπορούν να

δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα υγείας στους χρήστες των χώρων, πέραν των προβλημάτων που προκαλεί η ίδια η υγρασία ως φαινόμενο. Προς αποφυγή αυτού του είδους υγρασίας πρέπει να εξασφαλίζεται η επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία τοιχωμάτων υψηλότερη του σημείου δρόσου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με βελτίωση του αερισμού του χώρου, βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους και καλή θέρμανση του χώρου.

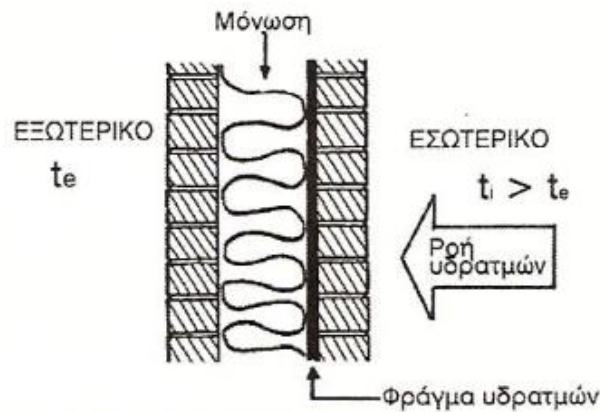
4.2.4.3. Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών

Η υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών οφείλεται και αυτή στο φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του σημείου δρόσου, μόνο που αυτή τη φορά οι υδρατμοί υγροποιούνται στο εσωτερικό της μάζας των δομικών στοιχείων και όχι στην επιφάνειά τους. Η διέλευση των υδρατμών από τη μάζα των δομικών στοιχείων είναι ένα φαινόμενο που οφείλεται στην πάγια ροή των υδρατμών από τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς τη μικρότερη, όπως ακριβώς συμβαίνει με τη θερμότητα. Επομένως, το χειμώνα υπάρχει ροή υδρατμών από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το καλοκαίρι η ροή υδρατμών πραγματοποιείται από το εξωτερικό περιβάλλον προς το κτίριο.

Ο ρυθμός διέλευσης των υδρατμών από ένα δομικό στοιχείο (για παράδειγμα τοίχος, οροφή) εξαρτάται από τη συνολική αντίσταση του στοιχείου στη διέλευση των υδρατμών, η οποία είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων των υλικών που το απαρτίζουν. Η αντίσταση κάθε υλικού είναι το γινόμενο του πάχους του υλικού επί το συντελεστή αντίστασης μ του υλικού στη διέλευση των υδρατμών. Ο συντελεστής μ αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε υλικού. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει το μικρότερο συντελεστή, $\mu = 1$.

Η διέλευση των υδρατμών χωρίς τη δημιουργία υγρασίας στο εσωτερικό των στοιχείων, είναι ακίνδυνη. Αντίθετα, η εσωτερική συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να προκαλέσει διάφορες καταστροφές στο κέλυφος του κτιρίου, όπως καταστροφή της μόνωσης, αποσάθρωση της τοιχοποιίας, σκούριασμα των σίδερων και σάπισμα των ξύλων.

Τα τοιχώματα του κτιρίου κατασκευάζονται με μια κατάλληλη τεχνική προκειμένου να προστατευτούν από την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών. Η τεχνική αυτή προβλέπει την τοποθέτηση ενός υδρατμοδιαπερατού επιχρίσματος στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και τη χρήση πορωδών υλικών που διευκολύνουν την «αναπνοή» του τοίχου. Η θερμομόνωση τοποθετείται προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου, ενώ φράγμα υδρατμών, το οποίο αποτελεί την υγρομόνωση του τοίχου, τοποθετείται προς την εσωτερική πλευρά του.



Εικόνα 4.1: Θέση φράγματος υδρατμών στην τοιχοποιία

Το φράγμα υδρατμών είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού ή υλικών με μεγάλο συντελεστή αντίστασης στη διέλευση των υδρατμών. Τα υλικά από τα οποία μπορεί να αποτελείται είναι φύλλο αλουμινίου ή PVC ή πολυαιθυλενίου, στεγανωτικό ελαστικό χρώμα (για παράδειγμα αλουμινίου), κ.ά. Η χρήση του είναι απαραίτητη σε περιοχές με ηπειρωτικό κλίμα ή με μεγάλη υγρασία, αλλά όχι σε περιοχές με ήπιο κλίμα (για παράδειγμα στα νησιά).

Η υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών συμβαίνει κατά τη διάρκεια του χειμώνα εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν, οι οποίες ευνοούν την εμφάνιση θερμοκρασιών εντός των δομικών στοιχείων που να είναι ίσες ή μικρότερες του σημείου δρόσου. Την ίδια χρονική περίοδο οι υδρατμοί ρέουν από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον. Η κατεύθυνση της ροής των υδρατμών δικαιολογεί τη θέση τοποθέτησης του φράγματος υδρατμών.

Γενικότερα, κατά την κατασκευή ενός τοίχου, είναι πάγιος κανόνας η τοποθέτηση των υλικών με το μεγαλύτερο συντελεστή μ (στεγανωτικά υλικά) προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου και εκείνων με το μικρότερο συντελεστή λ (θερμομονωτικά υλικά) προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου. Τα φράγματα υδρατμών είναι απαραίτητα σε χώρους που παρουσιάζουν μεγάλη σχετική υγρασία όπως τα κλειστά κολυμβητήρια και διάφοροι βιομηχανικοί χώροι.

4.2.4.4. Υγρασία βροχής

Το νερό της βροχής έχει τη δυνατότητα να εισχωρεί στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του κτιρίου έως ένα ορισμένο βάθος. Το βάθος αυτό δεν ξεπερνά τα 6-8 εκατοστά για ένα σωστά κατασκευασμένο τοίχο. Όταν όμως ο τοίχος παρουσιάζει κατασκευαστικά προβλήματα, τότε μπορεί να παρουσιαστεί υγρασία στην εσωτερική πλευρά του, η οποία οφείλεται είτε στο νερό της βροχής που έχει απορροφήσει ο τοίχος και στη συνέχεια έχει εξατμιστεί, είτε στην εισχώρηση της βροχής σε μεγαλύτερο βάθος από το αναμενόμενο. Τα προβλήματα που μπορεί να παρουσιάζει ο τοίχος, τα οποία ευνοούν τη βαθύτερη διείσδυση του νερού της βροχής είναι η ύπαρξη ρωγμών στους σοβάδες, τα κακής ποιότητας χρώματα και οι έντονα απορροφητικές επιφάνειες.

Τα μέτρα υγρομόνωσης που λαμβάνονται κατά τη φάση της κατασκευής ώστε να περιοριστεί η διείσδυση της βροχής στα τοιχώματα είναι τα εξής:

- Τοποθέτηση συμπαγών τούβλων στην εξωτερική σειρά του τοίχου. Αν γίνει χρήση διάτρητων τούβλων, αυτά πρέπει να τοποθετηθούν με τις οπές σε παράλληλη διεύθυνση προς το μήκος του τοίχου.
- Επάλειψη και της πλάγιας πλευράς του τοίχου με το συνδεδειγμένο κονίαμα για την κάλυψη τυχόν κενών.
- Τοποθέτηση υγρομονωτικής στρώσης στην εξωτερική πλευρά του τοίχου.

Σε περίπτωση που τα τοιχώματα και η οροφή παρουσιάζουν προβλήματα όπως ρωγμές και σαθρούς, ρηγματωμένους ή αποκολλημένους σοβάδες, τα οποία εμφανίστηκαν μετά την κατασκευή του κτιρίου, τότε η σφράγιση και στεγάνωσή τους αποτελεί αναγκαίο μέτρο για την προστασία του κτιρίου από την υγρασία του νερού της βροχής (και όχι μόνο). Η στεγάνωση αυτών των ανωμαλιών γίνεται προφανώς με τη χρήση στεγανωτικών στρώσεων.

Μη αντιμετώπιση της υγρασίας βροχής μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα από μια απλή αποκόλληση χρώματος μέχρι την πλήρη αποσάθρωση του σοβά.

4.2.4.5. Υγρασία κακοτεχνιών του κτιρίου

Αυτού του είδους η υγρασία προέρχεται από διάφορες κακοτεχνίες και αστοχίες που υπάρχουν στο κέλυφος του κτιρίου, όπως ρωγμές και κενά στις ταράτσες, στα μπαλκόνια, στην τοιχοποιία και στα σημεία επαφής των τοίχων με στοιχεία κατασκευασμένα από σκυρόδεμα (για παράδειγμα πλάκες, δοκοί, κολόνες). Οι κακοτεχνίες αυτές μπορεί οφείλονται στην κακή κατασκευή του κτιρίου ή στην έλλειψη συντήρησης. Άλλη αιτία που προκαλεί υγρασία είναι τυχόν προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στους σωλήνες των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε διαρροή νερού. Επικίνδυνη μπορεί να είναι και η κατάβρεξη των τοίχων με μεγάλες ποσότητες νερού για τον καθαρισμό τους.

Η αντιμετώπιση των κακοτεχνιών που υπάρχουν στο κέλυφος γίνεται με τη σφράγιση και τη στεγάνωσή τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται στεγανωτικά φύλλα ή επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά, ανάλογα με το σημείο που παρατηρούνται οι ατέλειες.

4.3. Κλιματισμός

Ως κλιματισμός ορίζεται η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης, εντός ορισμένων ορίων, της θερμοκρασίας και της υγρασίας μέσα σε ένα κτίριο. Κατά τη διαδικασία του κλιματισμού ο αέρας του κτιρίου υφίσταται με ελεγχόμενο τρόπο κατάλληλη επεξεργασία που περιλαμβάνει καθαρισμό, θέρμανση ή ψύξη, ύγρανση ή αφύγρανση. Οι παραπάνω επεξεργασίες του αέρα, είναι δυνατόν να συμβαίνουν στο σύνολο ή μερικά, ανάλογα με τις ανάγκες.

Ως κλίμα χαρακτηρίζεται το σύνολο μιας σειράς περιβαλλοντικών στοιχείων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η κατεύθυνση μετακίνησης του αέρα, η σύνθεση

του αέρα (αναλογία αερίων, παρουσία προσμείξεων και ατμών αλλά και στερεών ή υγρών αιωρημάτων).

Το κλίμα ενός χώρου ρηηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Εξωτερικό περιβάλλον
- Κατασκευαστικά δεδομένα
- «Περιεχόμενο» του χώρου
- Χρήση του χώρου

Τεχνητός αερισμός είναι η διαδικασία εξαναγκασμένης αντικατάστασης του αέρα ενός κλειστού χώρου. Κατά τη διαδικασία αυτή απάγεται συνεχώς ένα ποσοστό του αέρα του χώρου και αντικαθίσταται από νωπό αέρα που λαμβάνεται από το εξωτερικό περιβάλλον.

Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι ο όρος κλιματισμός διαφέρει από αυτόν της ψύξης. Αυτή η διαφορά έγκειται στο ότι στις εγκαταστάσεις κλιματισμού κτιρίων εκτός από την ψύξη των χώρων που επιτυγχάνεται γίνεται ταυτόχρονα και επεξεργασία του αέρα έτσι ώστε να ελέγχεται η υγρασία και η καθαρότητα αυτού. Με άλλα λόγια, μια εγκατάσταση κλιματισμού προσφέρει τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ποιότητας αέρα στους χώρους του κτιρίου. Ενώ σε μια εγκατάσταση ψύξης επιτυγχάνεται μόνο ο έλεγχος της θερμοκρασίας των χώρων.

4.3.1. Βιομηχανικός κλιματισμός

Ο κλιματισμός των κτιρίων και ειδικά των βιομηχανικών εγκαταστάσεων είναι απαραίτητος για να διατηρηθούν συνθήκες που ανταποκρίνονται με πληρότητα, ασφάλεια, αξιοπιστία και προσιτό κόστος, στις απαιτήσεις του ανθρώπου για άνετη και υγιεινή διαβίωση στους κλειστούς χώρους παραμονής, διαμονής και εργασίας. Η τεχνολογία και οι οικονομικές δυνατότητες των ανθρώπων έχουν διαμορφώσει ένα πολύπλευρο πλέγμα απαιτήσεων, οι οποίες πρέπει να καλυφθούν από κάθε σύστημα κλιματισμού και τεχνητού αερισμού. Η συνθήκη για την πλήρη κλιματική άνεση, λαμβάνει ως βασικές παραμέτρους τη θερμοκρασία και υγρασία των χώρων, την καθαρότητα, τον τρόπο και την ταχύτητα κινήσεως του αέρα και την ένταση των θορύβων.

Σε κάθε βιομηχανική εγκατάσταση, οι επιλογές των κλιματιστικών συστημάτων πρέπει να συνδυάζουν μια σειρά από ανάγκες και επιθυμίες των χρηστών, με τις εφικτές τεχνολογικές λύσεις, τα οικονομικά κριτήρια, την αναγκαία λειτουργικότητα, καθώς επίσης την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων που χρησιμοποιούν τα κτίρια και χειρίζονται τον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων. Ο βιομηχανικός κλιματισμός προορίζεται για την εξυπηρέτηση στόχων της βιοτεχνίας, της βιομηχανίας και γενικότερα παραγωγικών ή εργασιακών χώρων. Οι εγκαταστάσεις βιομηχανικού κλιματισμού έχουν ως στόχο τον άνθρωπο (προστασία της υγείας των εργαζομένων), ή την παραγωγική διαδικασία (δημιουργία ειδικού περιβάλλοντος που ευνοεί κάποια χημική ή βιολογική εξέλιξη ή κάποια μηχανική κατεργασία) ή και τα δύο (βελτίωση της παραγωγικότητας ανθρώπων και μηχανών).

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης ή ευεξίας εξασφαλίζεται όταν η θερμότητα που παράγεται από τον ανθρώπινο οργανισμό διαχέεται στο περιβάλλον με την ίδια ταχύτητα με την οποία

παράγεται. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια σταθερή θερμική ισορροπία ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον του και δεν παρουσιάζονται φαινόμενα που οφείλονται σε έλλειψη συνθηκών άνεσης.

Οι παράμετροι που συντελούν στη διαμόρφωση των συνθηκών θερμικής άνεσης και που μπορούν να ρυθμιστούν από ένα σύστημα κλιματισμού είναι τα εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα του χώρου
- Η θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο
- Η υγρασία του αέρα του χώρου
- Η κίνηση του αέρα στο χώρο
- Η ανανέωση του αέρα
- Η καθαρότητα του αέρα του χώρου

Οι παραπάνω παράμετροι έχουν να κάνουν περισσότερο με την υγιεινή του αέρα, βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση μεταξύ τους και δημιουργούν συνθήκες άνεσης όταν βρίσκονται σε ισορροπία και έχουν ορισμένες τιμές.

Μεγάλες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στους χώρους το χειμώνα μπορούν να επιβαρύνουν σημαντικά τόσο το κόστος εγκατάστασης, όσο και το κόστος λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού. Το ίδιο αποτέλεσμα έχει συνήθως και η επιλογή χαμηλών τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Έχει διαπιστωθεί, ότι κατά τη διαδικασία της θέρμανσης ή του δροσισμού, την αίσθηση της κλιματικής άνεσης επηρεάζει σημαντικά όχι μόνο η θερμοκρασία του αέρα αλλά και των στερεών τοιχωμάτων, επίπλων και γενικά των στερεών αντικειμένων του χώρου.

Μία από τις βασικότερες παραμέτρους των συνθηκών κλιματικής άνεσης είναι η υγρασία η οποία περιέχεται στον αέρα του χώρου με τη μορφή υδρατμών. Χαμηλά ποσοστά υγρασίας δίδουν μια ενοχλητική αίσθηση και επιτείνουν την αίσθηση του ανθρώπινου ψύχους γιατί δημιουργείται η τάση εξατμίσεως της υγρασίας του ανθρώπινου σώματος (ιδρώτας, σίελος κ.α.). Ακόμη, η χαμηλή υγρασία αυξάνει τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα (εμφάνιση και συσσώρευση επιφανειακών ηλεκτροστατικών φορτίων και ιδιαίτερα ενοχλητική συγκέντρωση σκόνης) στα περισσότερα συνθετικά υλικά (γενικά τους μονωτές) τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην εσωτερική διαμόρφωση και επίπλωση του χώρου. Η υψηλή υγρασία μειώνει τη διεργασία του φυσικού δροσισμού του δέρματος, επιβραδύνοντας την εξάτμιση του ιδρώτα, οπότε δημιουργείται αίσθηση υψηλότερης θερμοκρασίας από την πραγματική. Σε γενικές γραμμές τα επιθυμητά όρια μεταβολής της σχετικής υγρασίας είναι από 40 μέχρι και 70%.

Ιδιαίτερα ενοχλητική είναι η εμφάνιση ανεπιθύμητων συμπυκνωμάτων σε στερεές επιφάνειες του χώρου, όταν η επιφάνεια αυτών των στερεών βρεθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία δρόσου του χώρου (για παράδειγμα τζάμια παραθύρων θερμαινόμενου χώρου τον χειμώνα). Όταν είναι σταθερή η θερμοκρασία του χώρου, η θερμοκρασία δρόσου αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα. Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει την παραμόρφωση διαφόρων ευαίσθητων υλικών, την αλλοίωση τροφίμων και υγροσκοπικών ουσιών και ακόμη μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στη δομική κατασκευή.

4.3.2. Συστήματα κλιματισμού

Ο χωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες βοηθά στην επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για τον κλιματισμό τους. Η βασική κατάταξη των συστημάτων κλιματισμού γίνεται με κύριο κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η τελική διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών εσωτερικού κλίματος στον κλιματιζόμενο χώρο. Με την εγκατάσταση κλιματισμού γίνεται προσπάθεια τουλάχιστον ρύθμισης της θερμοκρασίας ή της ανανέωσης του αέρα ενός χώρου. Ένα σύστημα κλιματισμού στοχεύει στον έλεγχο των εξής:

- Της θερμοκρασίας του αέρα
- Της υγρασίας του αέρα
- Της κυκλοφορίας του αέρα
- Της ποιότητας του αέρα

Τα συστήματα κλιματισμού, ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που παρέχουν στον αέρα, μπορούν να διακριθούν στις εξής κατηγορίες:

- συστήματα αερισμού-εξαερισμού, που εξασφαλίζουν την ανανέωση του αέρα ενός χώρου
- συστήματα μερικού κλιματισμού, τα οποία εκτός από την ανανέωση του αέρα, παρέχουν και μία μερική επεξεργασία που περιλαμβάνει κυρίως τον καθαρισμό και τη θέρμανση του αέρα. Για να επιτυγχάνεται ασφαλώς το επιθυμητό αποτέλεσμα, προβλέπονται συνήθως και διατάξεις ρύθμισης.
- συστήματα πλήρους κλιματισμού, τα οποία εξασφαλίζουν τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας ενός κλειστού χώρου μέσα σε προκαθορισμένα όρια και περιλαμβάνει διατάξεις για τον καθαρισμό, τη θέρμανση, την ψύξη, την ύγρανση, την αφύγρανση και την ανανέωση του αέρα, καθώς και τοπικές ή κεντρικές διατάξεις αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Επιπλέον, με κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η τελική διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης στον κλιματιζόμενο χώρο, διακρίνονται οι εξής τέσσερις κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού:

- Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα: η θέρμανση και η ψύξη των χώρων καθώς και ο έλεγχος της υγρασίας τους, εξασφαλίζεται με τις συνθήκες του κλιματισμένου αέρα που εισέρχεται στους χώρους. Οι χώροι που έχουν απαίτηση σε ψύξη κλιματίζονται με αέρα κατάλληλης παροχής, ο οποίος έχει υποστεί ψύξη, αφύγρανση και σε πολλές περιπτώσεις μεταθέρμανση. Οι χώροι που έχουν απαίτηση σε θέρμανση, κλιματίζονται με αέρα κατάλληλης παροχής, ο οποίος έχει υποστεί θέρμανση και ύγρανση.
- Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό: ο έλεγχος των συνθηκών του αέρα γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα των χώρων μέσα από κατάλληλες τερματικές συσκευές, στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ή ψυχρό νερό (Fan-coils). Η παρασκευή του ψυχρού νερού γίνεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες ή αερόψυκτες). Η παρασκευή του θερμού νερού γίνεται σε λέβητες. Οι τερματικές συσκευές (Fan-coils) περιλαμβάνουν θερμαντικό /ψυκτικό στοιχείο και ανεμιστήρα για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα.

- Συστήματα κλιματισμού αέρα – νερού: παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό σε κατάλληλες τερματικές συσκευές, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου. Απαιτείται επομένως η εγκατάσταση ενός δικτύου αεραγωγών και ενός δικτύου σωληνώσεων νερού.
- Μονάδες κλιματισμού ψυκτικού ρευστού - αέρα, διαιρούμενου τύπου: Η πιο διαδεδομένη κατάταξη συστημάτων κλιματισμού βασίζεται σε κριτήρια μεγέθους και εκτάσεως, που συσχετίζουν δηλαδή τη θέση της μονάδας θερμότητας (θερμική μηχανή) με τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση εφαρμογής του συστήματος κλιματισμού. Με κριτήριο τη θέση των συσκευών κλιματισμού ως προς τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση εφαρμογής του συστήματος διακρίνονται οι παρακάτω δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού: α) Τοπικά Συστήματα Κλιματισμού, β) Κεντρικά Συστήματα Κλιματισμού.

4.3.3. Αντλία Θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι ένα σύστημα κλιματισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση. Η αρχή λειτουργίας της είναι ότι έχει τη δυνατότητα να αναστρέφει την διαδικασία μεταφοράς θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο.

Οι αντλίες θερμότητας έχουν πολύ καλύτερη ενεργειακή απόδοση από άλλα συστήματα κλιματισμού. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι απλός: αντί να καταναλώνει καύσιμα, αυτό που κάνει είναι να "μεταφέρει τη θερμότητα". Για το λόγο αυτό οι αντλίες θερμότητας είναι μέχρι και πέντε φορές περισσότερο αποδοτικές, από πλευράς ενέργειας, από άλλα συστήματα κλιματισμού. Η αντλία θερμότητας, επίσης, επιτρέπει την αναστροφή του κύκλου του ψυκτικού. Αυτό που κάνει είναι να αντλεί ενέργεια από το εξωτερικό περιβάλλον και μεταφέρει τη θερμότητα στο εσωτερικό.

Το κόστος λειτουργίας των αντλιών θερμότητας εξαρτάται μόνο από την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το κόστος αυτό είναι αισθητά χαμηλότερο από το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μικρής εγκατάστασης κλασσικού συστήματος κεντρικής θέρμανσης με ζεστό νερό και θερμαντικά σώματα.

Η αντλία θερμότητας, εκμεταλλευόμενη ποσά θερμότητας του φυσικού περιβάλλοντος, δίνει συχνά την οικονομικότερη λύση για τον κλιματισμό μεμονωμένων χώρων ή μικρών κτιρίων. Ακόμη, δε συμβάλλει στη ρύπανση του περιβάλλοντος και η εγκατάσταση δεν απαιτεί μεγάλους χώρους. Έχει την ικανότητα να θερμαίνει ή να ψύχει ένα χώρο ανάλογα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή, πράγμα, που βέβαια δεν προσφέρει το κοινό καλοριφέρ. Για ήπια κλίματα σαν της χώρας μας, η αντλία θερμότητας παρουσιάζει υψηλό συντελεστή απόδοσης. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας, η κίνηση δίνεται από μια μηχανή diesel. Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με την άμεση καύση πετρελαίου. Αυτό συμβαίνει επειδή το κόστος εγκατάστασης μιας αντλίας θερμότητας είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού καλοριφέρ και ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας

θερμότητας, μειώνεται κατά πολύ σε περιόδους που οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μεγάλες.

Τα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι τα εξής:

- Ο εναλλάκτης θερμότητας (συμπυκνωτής, εξαεριστής)
- Ο συμπιεστής
- Ο κινητήρας
- Το εργαζόμενο (ψυκτικό) ρευστό
- Η στραγγαλιστική βαλβίδα
- Ο μηχανισμός αντιστροφής της λειτουργίας του κύκλου
- Οι αυτοματισμοί που είναι απαραίτητοι για τον έλεγχο και τη λειτουργία του συστήματος.

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με:

- το υλικό μέσο που αντλείται και κυκλοφορεί
- το είδος της κινητήριας μηχανής
- τη θέση των διαφόρων μηχανισμών
- τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους
- το είδος του κύκλου που χρησιμοποιείται

Ανάλογα με το υλικό μέσο που αντλείται και κυκλοφορεί, σε κλειστό κύκλωμα, και το υλικό μέσο που αποβάλλεται στο περιβάλλον, οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται στις πέντε ακόλουθες κατηγορίες:

- Αέρα – αέρα: είναι ο συνηθέστερος και πιο διαδεδομένος τρόπος.
- Αέρα – νερού: Μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση νερού σε οικιακή ή βιομηχανική εφαρμογή ή για θέρμανση και ψύξη νερού
- Νερού – νερού
- Νερού – αέρα: Η πηγή ή ο αποδέκτης θερμότητας είναι το νερό, ενώ ο αέρας είναι το μέσο μεταφοράς της θερμότητας, στον ή από τον κλιματιζόμενο χώρο.
- Εδάφους – αέρα: η επιτυχία του συστήματος εξαρτάται από την ποιότητα του εδάφους που περιβάλλει το θαμμένο στο έδαφος τμήμα της αντλίας θερμότητας, την υγρασία, τη σύνθεση, την πυκνότητα και ομοιομορφία του. Επίσης η διαβρωτικότητα του εδάφους και το υλικό των σωληνώσεων επηρεάζουν τόσο την ικανότητα στη μεταφορά θερμότητας, όσο και τον αριθμό των επισκευών που θα χρειαστούν κατά τη διάρκεια ζωής του μηχανήματος.

Στην Ελλάδα, οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες είναι οι αντλίες θερμότητας αέρα - αέρα και αέρα - νερού, αφενός γιατί αυτοί οι δύο τύποι έχουν το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, αφετέρου λόγω έλλειψης ποτάμιων και νερών σε κατοικημένες περιοχές.

Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής, οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε δύο είδη:

- αντλίες θερμότητας με ηλεκτροκινούμενους συμπιεστές
- αντλίες θερμότητας των οποίων οι συμπιεστές κινούνται από μηχανές εσωτερικής καύσεως (πετρέλαιο, ατμό, αέριο).

Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων μηχανισμών, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε:

- Ενιαίες ή αυτόνομες (compact or self-contained): Όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος.
- Διαιρούμενες (split): Όπου ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος.

Ανάλογα με τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους (ψυκτικός -θερμικός κύκλος), οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου: Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.
- Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου: Γίνεται αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου.

Ανάλογα με το είδος του κύκλου που χρησιμοποιείται, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε:

- Κλειστού κύκλου συμπιεσμένου ατμού
- Κύκλου μηχανικής ανασυμπιέσεως ατμού με εναλλάκτη θερμότητας
- Ανοικτού κύκλου ανασυμπιέσεως ατμού
- Οδηγούμενης απορριπτόμενης θερμότητας από κύκλο Rankine

4.3.3.1. Βιομηχανική εφαρμογή των αντλιών θερμότητας

Σε αντίθεση με τις οικιακές αντλίες θερμότητας, όπου η θερμότητα εξάγεται από τον αέρα ή το έδαφος, η πηγή θερμότητας στις βιομηχανικές εφαρμογές είναι συνήθως η απορριπτόμενη θερμότητα. Με τις σύγχρονες αντλίες θερμότητας μπορεί να παραχθεί θερμότητα μέχρι 120 °C. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές στη βιομηχανία είναι οι εξής:

- Ξηραντήρια: Εδώ το φορτίο θερμάνσεως απορροφάται κυρίως για την εξάτμιση του νερού που υπάρχει στο προϊόν. Ο αέρας υφίσταται αδιαβατική ψύξη κατά την εξάτμιση και η περίσσεια αέρα ίση με την ποσότητα του συνεχώς εισαγόμενου "νωπού" αέρα απορρίπτεται σε υψηλή θερμοκρασία και με μεγάλο ποσοστό υγρασίας στο περιβάλλον. Αν η θερμοκρασία του θερμού και υγρού απορριπτόμενου αέρα δεν υπερβαίνει τους 50 °C, η χρησιμοποίηση της αντλίας θερμότητας δίνει εντυπωσιακά αποτελέσματα και αφού λειτουργεί όλο το χρόνο έχει εξαιρετικά σύντομο χρόνο απόσβεσης.
- Άντληση θερμότητας από βιομηχανικά απόβλητα: Η ευρεία και συνεχώς αυξανόμενη χρήση των εναλλακτών με επίπεδες πλάκες, οι οποίες κατασκευάζονται και από ανοξείδωτο μέταλλο, επιτρέπει τη μετάδοση της θερμότητας με πολύ μικρές διαφορές θερμοκρασίας, σε νερό που κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα και ψύχεται από την αντλία θερμότητας. Η θερμότητα που αποβάλλεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων και νερού χρήσεως ή άλλων θερμικών αναγκών του εργοστασίου.
- Άντληση θερμότητας κατά τη συμπύκνωση στις χημικές βιομηχανίες: Για παράδειγμα, η συμπύκνωση των απορριπτόμενων πτητικών αερίων, επιτρέπει την ανάκτηση σημαντικού ποσού θερμότητας και επιπλέον, σε συνδυασμό με άλλα μηχανήματα, την εξοικονόμηση όχι μόνο ενέργειας αλλά και πρώτης ύλης.
- Εργοστάσια Πλαστικών: Τα μηχανήματα πλαστικών ψύχονται και η θερμότητα συνήθως απορρίπτεται στο ύπαιθρο. Με τη βοήθεια αντλίας θερμότητας η

απορριπτόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή την κάλυψη άλλων θερμικών αναγκών του εργοστασίου.

4.4. Παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC)

Η λειτουργία αυτών των συστημάτων απαιτεί γενικά μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας και ευθύνεται για μεγάλο μέρος των λειτουργικών εξόδων ενός κτιρίου. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα αυτά κρίνεται επιτακτική. Στις διάφορες εφαρμογές κτιρίων, όπου η χρήση συστημάτων HVAC είναι απαραίτητη, έχει υπολογισθεί από διάφορες μελέτες ότι μέχρι και το 30% του τυπικού ενεργειακού κόστους μπορεί να εξοικονομηθεί εάν ληφθεί πρόνοια για:

- Την κατάλληλη επιλογή του συστήματος.
- Τον ενεργειακά συνειδητό σχεδιασμό της εγκατάστασης.
- Τον καλό έλεγχο του συστήματος.
- Την αποτελεσματική λειτουργία και συντήρηση του συστήματος.

Επισημαίνεται ότι ακόμα και το καταλληλότερα επιλεγμένο σύστημα HVAC μπορεί να είναι ακριβό στη λειτουργία του εάν δεν είναι σωστά εγκατεστημένο, ρυθμισμένο, ελεγχόμενο και συντηρούμενο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σειρά μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία ενδείκνυνται προς εφαρμογή στα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού με στόχο την μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και του λειτουργικού τους κόστους. Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

- Επιλογή του κατάλληλου συστήματος HVAC για κάθε εφαρμογή: Πριν την επιλογή και εγκατάσταση κάποιου συστήματος HVAC σε ένα κτίριο, θα πρέπει να γίνεται μελέτη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου, καθώς και όλων των πιθανών τρόπων μείωσης αυτών. Πολλές φορές, προκύπτει πως είναι αρκετή η εγκατάσταση ενός συστήματος μηχανικού αερισμού αντί ενός συστήματος κλιματισμού. Σε περιπτώσεις που επιβάλλεται η τοποθέτηση ενός συστήματος κλιματισμού, πρέπει να προτιμώνται συγκεντρωμένα ή μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα κλιματισμού, εάν αυτό είναι οικονομικά εφικτό και το επιτρέπει η χρήση του κτιρίου. Τα συστήματα αυτά έχουν πολύ καλύτερη ενεργειακή απόδοση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα αυτόνομα κλιματιστικά μηχανήματα.
- Εγκατάσταση συστημάτων μεταβλητού όγκου αέρα: Τα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα αποτελούν την ιδανικότερη επιλογή συστημάτων κλιματισμού, καθώς η λειτουργία τους απαιτεί τη μικρότερη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και περιορίζει αισθητά την εκπομπή ρύπων, και κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, προς το περιβάλλον. Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει τόσο από την ιδιότητα αυτών των συστημάτων να μεταβάλλουν την παροχή αέρα σε κάθε θερμική ζώνη ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της, όσο και από τη διαστασιολόγησή τους, η οποία γίνεται βάσει μικρότερου μέγιστου φορτίου.
- Σωστή διαστασιολόγηση των συστημάτων HVAC: Η ορθή επιλογή της ονομαστικής ισχύος των διαφόρων συσκευών και εξαρτημάτων, τα οποία περιλαμβάνονται στα

συστήματα HVAC (λέβητες, ψύκτες, αντλίες θερμότητας, κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, αντλίες, ανεμιστήρες, κτλ.), ώστε να καλύπτει επαρκώς τα πραγματικά φορτία, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του πραγματικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών και την κατανάλωση λιγότερης ενέργειας από μέρους τους.

- Χωρισμός κτιρίου σε θερμικές ζώνες: στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κρίνεται απαραίτητος ο χωρισμός τους σε θερμικές ζώνες, ώστε η εξυπηρέτησή τους από το σύστημα ή τα συστήματα κλιματισμού να γίνεται βάσει των ειδικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτές. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Επιλογή συσκευών με υψηλό βαθμό απόδοσης: Οι ψυκτικές μονάδες που επιλέγονται για τα συστήματα κλιματισμού πρέπει να χαρακτηρίζονται από υψηλούς δείκτες ενεργειακής απόδοσης (EER - COP), ενώ οι λέβητες πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία των λεβήτων υψηλής απόδοσης. Σε παλαιές εγκαταστάσεις, η αντικατάσταση των υφιστάμενων ψυκτικών μονάδων και των λεβήτων με αντίστοιχες συσκευές υψηλής απόδοσης, επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Σωστός σχεδιασμός δικτύου αεραγωγών και σωληνώσεων: Για τον ορθολογικό σχεδιασμό τόσο του δικτύου αεραγωγών, όσο και του δικτύου σωληνώσεων εφαρμόζονται όσα είπαμε και στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης.
- Θερμομόνωση των αεραγωγών και των σωληνώσεων θερμού/ψυχρού νερού: η θερμομόνωση του δικτύου διανομής των συστημάτων HVAC είτε πρόκειται για αεραγωγούς, είτε πρόκειται για σωληνώσεις, κρίνεται απαραίτητη, ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες του φορέα μεταφοράς ενέργειας.
- Χρήση εναλλάκτη θερμότητας: Η χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας επιτρέπει στα συστήματα HVAC την ανάκτηση του μεγαλύτερου μέρους της θερμότητας του αποβαλλόμενου αέρα. Σε κάθε κλιματιζόμενο κτίριο, μεγάλες ποσότητες κλιματισμένου αέρα απορρίπτονται στο περιβάλλον και αναπληρώνονται από εισερχόμενο αέρα, ο οποίος πρέπει να ψυχθεί ή να θερμανθεί κατά αρκετούς βαθμούς Κελσίου (πολλές φορές πάνω από 20). Η χρήση όμως ενός εναλλάκτη θερμότητας, επιτρέπει στα συστήματα κλιματισμού να χρησιμοποιούν την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εισερχόμενου, μειώνοντας έτσι το αντίστοιχο θερμικό ή ψυκτικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ανάκτηση της αποθηκευμένης ενέργειας του εξερχόμενου αέρα κατά 70-80%. Η ανάκτηση θερμότητας επιβάλλεται σε κλιματιστικά συστήματα μεγάλης ονομαστικής ισχύος.
- Χρήση εξοικονομητών: Τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων είναι δυνατόν, ειδικά σε εποχές με όχι ιδιαίτερα υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα (άνοιξη, φθινόπωρο), να καλύπτονται εξ' ολοκλήρου ή εν μέρει με την εισαγωγή εξωτερικού αέρα στο κτίριο. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται ελεύθερη ψύξη (freecooling). Οι εξοικονομητές είναι συσκευές που επιτρέπουν την ελεγχόμενη εισαγωγή και χρήση εξωτερικού αέρα στο κτίριο, ρυθμίζοντας την υγρασία, τη θερμοκρασία, την ενθαλπία και τις συγκεντρώσεις ρύπων του. Ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται είτε για τον απευθείας δροσισμό του κτιρίου (μηχανικός αερισμός), είτε προψύχεται από το κλιματιστικό σύστημα και στη συνέχεια διανέμεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Ανάλογα με το είδος του κλιματιστικού συστήματος χρησιμοποιούνται εξοικονομητές νερού ή αέρος. Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό με συστήματα ανάκτησης της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα.

- Διαχείριση της ροής του αέρα: Η διαχείριση της ροής του αέρα στα συστήματα κλιματισμού ή μηχανικού εξαερισμού πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η ταχύτητα του και η στατική πίεση σε αυτά να είναι οι χαμηλότερες δυνατές. Στα συστήματα HVAC, η αντίσταση στην ροή του αέρα διαμέσου των φίλτρων εξαρτάται από την κατασκευή των φίλτρων, το είδος τους, το βαθμό συντήρησης και την καθαριότητά τους. Συνίσταται συνεπώς η χρήση φίλτρων υψηλής ποιότητας (ειδικά ή απόλυτα ή τρίτης βαθμίδας φίλτρα) με χαμηλή αντίσταση στη διέλευση του αέρα. Επίσης προτείνεται η χρήση ανεμιστήρων με υψηλή απόδοση και στεγανοποίηση των αγωγών μεταφοράς του αέρα για την αποφυγή διαρροών.
- Ενσωμάτωση των συστημάτων HVAC σε ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων: Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS) και η εναρμόνιση της λειτουργίας των συστημάτων HVAC σύμφωνα με αυτό, οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Τακτική συντήρηση των εγκαταστάσεων: Η τακτική επιθεώρηση και συντήρηση συσκευών όπως οι λέβητες, οι ψύκτες, οι αντλίες θερμότητας, οι ανεμιστήρες, τα φίλτρα, οι υγραντήρες, οι αεραγωγοί, οι σωληνώσεις και τα όργανα αυτοματισμού και ελέγχου κρίνεται απαραίτητη για την αποδοτική λειτουργία των συστημάτων HVAC και την αύξηση της διάρκειας ζωής τους.

Κεφάλαιο 5: Προοπτικές

Η εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανική παραγωγή έχει κάνει αλματώδη τεχνολογική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν πάρα πολλές προοπτικές περαιτέρω εξέλιξης στο σύντομο μέλλον, οι οποίες δεν αναλύονται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ενδεικτικά αναφέρονται η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και τα συστήματα αυτόματου ελέγχου η λειτουργία των οποίων θα βασίζεται στις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική στοχεύει άμεσα στην εξοικονόμηση ενέργειας από την προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους. Η βιομηχανοποίηση της παραγωγής ενέργειας κατά τον 19ο αιώνα με την ευρεία χρήση στερεών ορυκτών καυσίμων, όπως ο λιγνίτης και ο γαιάνθρακας και η εντατικοποίηση του φαινομένου αυτού κατά τον εικοστό αιώνα με τη χρήση υγρών ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο, εξασφάλισε τις προϋποθέσεις για την εμφάνιση και μαζική χρήση ηλεκτρομηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού. Η χρήση των συστημάτων αυτών οδήγησε στην αντίληψη πως αυτές οι συσκευές μπορούν να εξασφαλίσουν τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες, ασχέτως της αρχιτεκτονικής του 34 κτιρίου και του κλίματος της περιοχής. Αυτό οδήγησε στην απαξίωση και σταδιακή εγκατάλειψη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Το αποτέλεσμα, όμως, της παραπάνω αντίληψης, ήταν η υπερβολική και άσκοπη κατανάλωση ενέργειας που έφερε τα ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη στα όρια τους. Έτσι, μετά τις ενεργειακές κρίσεις που εμφανίστηκαν στη διάρκεια της δεκαετίας του '70, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική εμφανίστηκε και πάλι στο προσκήνιο της ευρωπαϊκής σκηνής, αυτή τη φορά βασισμένη σε μια οργανωμένη φιλοσοφία, η οποία διέπεται από συγκεκριμένες αρχές και κανόνες. Η επικράτηση της αποδεικνύεται από το γεγονός πως πλέον, τίθεται ως ζητούμενο σε όλους τους αρχιτεκτονικούς διαγωνισμούς και προωθείται από διάφορα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Ελλάδα, οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής εισήχθησαν για πρώτη φορά στο πεδίο κατασκευής κτιρίων μέσω του νόμου 3661/2008. Καθίσταται πλέον προφανές πως μια νέα εποχή έχει ανατείλει στην κατασκευή κτιρίων, στην οποία, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική θα παίζει τον πρώτο και κυρίαρχο ρόλο.

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων, των ρωγμών και των χαραμάδων που υπάρχουν στα δομικά στοιχεία του κελύφους. Στα νεόδμητα κτίρια, εξαιτίας της πλήρους αεροστεγάνωσης του κελύφους με σκοπό τον περιορισμό των θερμικών απωλειών, ο φυσικός αερισμός καθίσταται δυσχερής και με περιορισμένες δυνατότητες εφαρμογής. Η αποτελεσματικότητα των τεχνικών φυσικού αερισμού που εφαρμόζονται σε ένα κτίριο, εξαρτώνται από τα φυσικά κλιματικά στοιχεία της περιοχής, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του εξωτερικού ανέμου, από την καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα γύρω και μέσα στο κτίριο και από κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου, όπως είναι ο προσανατολισμός, το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων.

Ο εξωτερικός αέρας που χρησιμοποιείται για το φυσικό αερισμό των κτιρίων πρέπει να είναι μικρότερης θερμοκρασίας από τον εσωτερικό αέρα. Επιπλέον, πρέπει να απομακρύνει την υγρασία από τους εσωτερικούς χώρους, γιατί η υγρασία έχει αρνητική επίδραση στην εσωτερική θερμική άνεση. Σε περιοχές με θερμό και ξηρό κλίμα, επιβάλλεται ο νυχτερινός αερισμός επειδή μόνο τη νύχτα η εξωτερική θερμοκρασία έχει μειωθεί και είναι μικρότερη της εσωτερικής. Σε περιοχές με θερμό κλίμα, αλλά μεγάλη υγρασία, ο φυσικός αερισμός καθίσταται απαγορευτικός όλο το 24ωρο. Σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, όπως η Ελλάδα, οι χειμερινοί μήνες χαρακτηρίζονται από χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες και υγρασία. Έτσι, ο

αερισμός κατά τη διάρκεια του χειμώνα πρέπει να είναι περιορισμένος και χρειάζεται μόνο για τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Γίνεται, δε, τις μεσημεριανές ώρες, οπότε η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη, αλλά κατάλληλη για το δροσισμό του κτιρίου. Η ίδια τακτική πρέπει να εφαρμόζεται και στις ψυχρές περιοχές. Τα καλοκαίρια, που ο φυσικός αερισμός είναι απαραίτητος για την απομάκρυνση της θερμότητας και της υγρασίας από το εσωτερικό του κτιρίου, αυτός πρέπει να γίνεται κατά τις πρωινές ή βραδινές ώρες ώστε να αξιοποιούνται οι δροσεροί άνεμοι που φυσάνε αυτές τις χρονικές περιόδους της ημέρας.

Η επιλογή και εφαρμογή των κατάλληλων παθητικών τεχνικών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής εξαρτάται πρωτίστως από τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Η θερμοκρασία, η υγρασία, η ηλιοφάνεια και άλλα στοιχεία του κλίματος καθορίζουν τη λειτουργικότητα των συστημάτων, τόσο με την έννοια της δυνατότητας λειτουργίας τους, όσο και με την έννοια της αποτελεσματικότητας της λειτουργίας τους. Επομένως το μέγεθος της εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται άμεσα από το κλίμα της περιοχής.

Η επιλογή και εφαρμογή ενός παθητικού βιοκλιματικού συστήματος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό και από ανάλυση της σχέσης κόστους-οφέλους από την οποία θα προκύψει ο χρόνος απόσβεσης – και επομένως το οικονομικό όφελος – της επένδυσης. Ο χαρακτηρισμός «επένδυση» περιγράφει με τον καλύτερο τρόπο τις παθητικές τεχνικές που χρησιμοποιεί η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, αλλά και γενικότερα όλες τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε οποιοδήποτε πεδίο. Αυτό οφείλεται στο αυξημένο αρχικό κόστος που παρουσιάζει η ενσωμάτωσή τους στα κτίρια, νεόδμητα ή υφιστάμενα.

Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι η μελλοντική εξέλιξη των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στηρίζεται στη χρήση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες θα επιτρέπουν την προσομοίωση των συνθηκών που επικρατούν σε ένα κτίριο και την αυτόματη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων, δίνοντας προτεραιότητα στις παθητικές (και στις υβριδικές), μη ενεργοβόρες διατάξεις. Οι πιο σημαντικές τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης που αναμένεται να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου των κτιρίων είναι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, τα έμπειρα συστήματα και τα συστήματα ασαφούς λογικής.

Βιβλιογραφία

- [1] «Αποδοτικότερη λειτουργία και εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης», <http://www.mcit.gov.cy>
- [2] Αλαφοδήμος Κωνσταντίνος, «Έλεγχος παραγωγικών διεργασιών», Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά.
- [3] Λιούσας Βασίλης, «Μέτρηση θερμοκρασίας με θερμοζεύγος», Εργαστήριο Βιομηχανικών Μετρήσεων και Αυτομάτου Ελέγχου.
- [4] Χαρίσης Βρέλλας, «Μελέτη Κλιματισμού για Βιομηχανική Εγκατάσταση», Ξάνθη, Σεπτέμβριος 2009.
- [5] Παπακόστας Κ.Τ., «Συστήματα κλιματισμού και εξοικονόμησης ενέργειας».
- [6] Δασκαλόπουλος Δ., «Η διανομή του αέρα σαν βασικό στοιχείο άνεσης στον κλιματισμό».
- [7] Χριστόδουλος Πατσιάς, «Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής», Πάτρα, Απρίλιος 2012.
- [8] Περγίος Σταμάτης Δ., «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Τόμος Α», Εκδόσεις Τεχνική Εκδοτική, 2007.
- [9] Περγίος Σταμάτης Δ., «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Τόμος Β», Εκδόσεις Τεχνική Εκδοτική, 2007.
- [10] Περγίος Σταμάτης Δ., «Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για εξοικονόμησης ενέργειας», Εκδόσεις Τεχνική Εκδοτική, 2005.
- [11] Κωνσταντινίδου Χριστίνα, «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Ενεργειακός Σχεδιασμός», Εκδόσεις Τεχνική Εκδοτική, 2008.
- [12] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Έκδοση ΔΠ1/(20701-1/2010), Φεβρουάριος 2011.
- [13] Δημουλιάς Χάρης, «Εξοικονόμηση Ενέργειας στη Βιομηχανία», Ελληνικό Ινστιτούτο Διοίκησης Παραγωγής Προϊόντων και Υπηρεσιών.
- [14] «Οδηγός Ενεργειακού Ελέγχου και Καταγραφής στη Βιομηχανία», Κέντρο Αναεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [15] Καπετανίδης Βασίλειος Χ., «Εξυπνα Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια και Βιομηχανίες», Αθήνα, Μάρτιος 2015.
- [16] Ψαρράς Ιωάννης, Πατλιτζιάνας Κωνσταντίνος Δ., «Σημειώσεις Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντικής Πολιτικής», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2006.
- [17] Σινογιάννης Κωνσταντίνος Ι., «Η Επίδραση των Μονάδων Φόρτωσης στο κόστος της Φόρτωσης – Μεταφοράς – Εκφόρτωσης», Πειραιάς, Ιούλιος 2003.

- [18] Φωλίνας Δημήτρης, «Οργάνωση και Διαχείριση Αποθηκών».
- [19] «Κλαδική Ανάλυση: Third Party Logistics», ICAP 2011.
- [20] Σιφνιώτης Κ., «Logistics Management, Θεωρία και Πράξη», Εκδόσεις Παπαζήση 1997.
- [21] Φωλίνας Δ., Παπαδοπούλου Μ.Ε., «Διαχείριση Διαδικασιών Αποθήκης με τη Χρήση Πληροφοριακού Συστήματος», 2013.
- [22] Εμίρης Δ., «Σημειώσεις: Προγραμματισμός και Έλεγχος Παραγωγής».
- [23] Ζουρνατσίδης Δημήτριος, «Εξοικονόμηση Ενέργειας στο εργοστάσιο της Ελαΐς», Πειραιάς, Φεβρουάριος 2012.
- [24] WiloHellas, «Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό και βιομηχανικό τομέα».
- [25] Μανιάτης Αλέξανδρος, «Η διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας στο βιομηχανικό κλάδο παραγωγής αλεύρων και ζωοτροφών», Χανιά 2014.