

ΜΧ
820

Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΨΥΞΗΣ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΔΗΜΗΤΣΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ: 38882)

ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ:38625)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΑΖΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2013-2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3-4
ABSTRACT.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6-8
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ)	
1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ.....	9
1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΤΗΞΗΣ	10-12
1.3 ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ (PCM).....	13-16
1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ	17-27
1.4.1 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	18-19
1.4.2 ΠΑΡΑΦΙΝΕΣ.....	19-22
1.4.3 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ.....	22-23
1.4.4 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ.....	23-25
1.4.5 ΕΥΤΗΚΤΑ ΜΙΓΜΑΤΑ.....	25
1.4.6 ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΦΑΣΗΣ.....	25-26
1.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΩΝ PCM.....	27
1.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ (PCM).....	28-30
1.6.1 ΓΝΩΣΤΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.....	28
1.6.2 ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΑΝΑ ΕΤΑΙΡΙΑ.....	28-30
1.7 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ PCM.....	31-40
1.8 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ PCM.....	41-42
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ)	
2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΣΚΕΛΟΥΣ.....	43-45
2.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	43-44
2.1.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ PCM.....	44-45
2.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	
2.2.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι (ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ	
ΑΠΩΛΕΙΩΝ).....	46-62
2.2.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ (ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ	
ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ PCM).....	63-81
2.2.3 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ(ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ	
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ PCM).....	82-101
2.2.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	102-104

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο (ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ)	
3.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ	
ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	105
3.1.1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ PCM.....	105
3.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥΜΕ ΧΡΗΣΗ PCM.....	105
3.2 ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ	
ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	106-107
3.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ	
ΛΕΒΗΤΑ-ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ PCM.....	108-111
3.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ (LCC).....	108-110
3.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ (NPV).....	110
3.3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ IRR.....	111
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	112-114
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	115-116
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	117

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ζήτηση ενέργειας και το ενεργειακό κόστος αυξάνονται με ραγδαίους ρυθμούς καθώς η παγκόσμια οικονομία αναπτύσσεται. Η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας με σκοπό την κάλυψη της αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης αποτελεί κεντρικό θέμα στην πολιτική ατζέντα των περισσότερων κυβερνήσεων του πλανήτη. Σαν αποτέλεσμα της αυξανόμενης ζήτησης για ενέργεια παρουσιάζονται έντονα αυξητικές τάσεις στην ζήτηση και στην χρήση των ορυκτών καυσίμων (πετρελαίου, λιγνίτη, γαιάνθρακα, φυσικού αερίου), στην στρατηγική ανάπτυξης των προγραμμάτων παραγωγής πυρηνικής ενέργειας καθώς και σημαντική στροφή στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η εκμετάλλευση μάλιστα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνδυάζεται σε παγκόσμιο επίπεδο και με τις περιβαλλοντολογικές πολιτικές, μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και την αποφυγή των επιπτώσεων που αυτά επιφέρουν στο κλίμα του πλανήτη. Στα πλαίσια των ευρύτερων περιβαλλοντολογικών πολιτικών, σημαντικό ρόλο, καταλαμβάνουν και οι πολιτικές μείωσης του ενεργειακού αποτυπώματος όλων των ανθρωπίνων διαδικασιών. Σημαντικό κομμάτι αυτής της στρατηγικής αποτελεί και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας σε επίπεδο οικιστικών δομών.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται ακριβώς αυτό, πως δηλαδή με την χρήση δομικών υλικών αλλαγής φάσης (Υ.Α.Φ) στην τοιχοποιία σύγχρονης και άριστα μονωμένης κατοικίας θα επέλθει βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της κατά τους χειμερινούς μήνες, επιτυγχάνοντας μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και εξαιρετικά αποτελέσματα θέρμανσης. Αναλυτικότερα στην εργασία μας αναλύθηκαν πλείστες θεωρητικές έννοιες και αρχές, όπως τα υλικά αλλαγής φάσης, η λανθάνουσα θερμότητα και οι θερμικές απώλειες, οι ιστορικές ερευνητικές δραστηριότητες με την χρήση των υλικών αλλαγής φάσης. Επίσης για την συγγραφή της πτυχιακής αξιοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο πραγματοποίησης τεχνικών μελετών 4M FINE-ADAPT, με το οποίο και εκτελέστηκαν όλες οι αναγκαίες τεχνικές μελέτες.

Αναλυτικότερα το λογισμικό πακέτο πραγματοποίησης τεχνικών μελετών 4M FINE-ADAPT αξιοποιήθηκε για την εκτέλεση της τεχνικής μελέτης των θερμικών

απωλειών καθώς και της τεχνικής μελέτης του μονοσωληνίου του εξεταζομένου κτηρίου, αρχικά χωρίς την εφαρμογή επί της κατοικίας υλικών αλλαγής φάσης και αργότερα με την εφαρμογή επί της κατοικίας υλικών αλλαγής φάσης.

Στο τέλος της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζεται η συνολική αξιολόγηση της εφαρμογής των υλικών αλλαγής φάσης στην υπό μελέτη κατοικία, ως επένδυσης και αποδίδονται με την μορφή διαγραμμάτων και συγκριτικών πινάκων τα κατά περίπτωση συγκριτικά αποτελέσματα. Με βάση την τεchnοοικονομική ανάλυση και αξιολόγηση αποδεικνύεται, ότι με την ενσωμάτωση ΥΑΦ στη δομή των κτηρίων στην Ελλάδα επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση στην απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και μακροχρόνια αποδοτικότητα των δαπανηθέντων χρημάτων.

ABSTRACT

Energy demand and energy costs are rising rapidly as the global economy grows. The increase of the energy to meet growing energy demand is a central issue in the political agenda of most governments of the world. As a result of the growing demand for energy, strongly increasing trends came up in demand and use of fossil fuels (oil, coal, coal, natural gas) on the strategic development of programs for nuclear energy and a significant shift in the exploitation of renewable energy sources.

Harnessing renewable sources of energy combined worldwide with the environmental policies, to reduce emissions of greenhouse gases and avoid the impact they make to climate warming.. Within the broader of environmental policies, policies to reduce the carbon footprint of all human processes, occupy important role. An important part of this strategy is also improving energy efficiency of production and consumption systems at residential structures.

This paper discusses precisely this, namely that the use of structural phase change materials (P.C.M) in masonry of a modern and well insulated home will have improved energy efficiency during the winter months, achieving a significant reduction in energy consumption and excellent results heating. Specifically in our work there were analyzed many theoretical concepts and principles, such as phase change materials, the latent heat and heat losses, historical research with the use of phase change materials. Also for writing the paper we used the software package 4M FINE-ADAPT to make technical studies, with which he performed all the necessary technical studies.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για δεκαετίες, οι μεγάλοι ενεργειακοί κολοσσοί έχουν κατανοήσει την ανάγκη θέσπισης ορίων στην κατανάλωση ορυκτών κυρίως πηγών ενέργειας. Η ραγδαία αύξηση στην κατανάλωση των ενεργειακών πόρων, εκτοξεύουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε ανησυχητικά επίπεδα, έχοντας σαν αποτέλεσμα την αποσύνθεση του στρώματος του όζοντος και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Η διακυβερνητική επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών, αποτελούμενη από περισσότερα από 300 εξέχοντα μέλη της επιστημονικής κοινότητας, στη συνέλευση του 1992, υποστήριξε πως για να σταθεροποιηθούν τα επίπεδα εκπομπών CO₂ παγκοσμίως μέχρι το 2005 θα έπρεπε να υπάρξει μείωση 60% στην κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων. Αυτό το μέτρο αντιπροσωπεύει μια αναθεώρηση του σημερινού τρόπου χρήσης του καυσίμου, όπου το 50% χρησιμοποιείται για τη λειτουργία και τη θέρμανση κτιρίων και οι αντίστοιχες εκπομπές CO₂ φτάνουν το 60% των συνολικών.

Ειδικότερα για την ευρωπαϊκή ήπειρο κατά μέσο όρο το 40% - του καταναλισκόμενου καυσίμου αντιστοιχεί στον κτιριακό τομέα και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπως η Γαλλία το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 45%, ενώ στη Ελλάδα αγγίζει το 25%. Για να αντιμετωπιστεί η ακατάσχετη μόλυνση του περιβάλλοντος, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεσμεύθηκαν από το πρωτόκολλο του Κιότο να προχωρήσουν σε συνολική και συστηματική μείωση των εκπομπών CO₂.

Η επίτευξη του τεθέντος αυτού στόχου, για την Ελλάδα μεταφράζεται σε μείωση των εθνικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2008-2012, στα επίπεδα του 92% των αντίστοιχων εκπομπών του 1990. Ως συνέπεια του γεγονότος αυτού ο κτιριακός, θεωρείται ένας από τους πιο ενεργοβόρους τομείς, όντας υπεύθυνος για το 25-40% της συνολικής ζήτησης ενέργειας στις χώρες του οργανισμού οικονομικής συνεργασίας και ανάπτυξης (μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα) και για το 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Συγκεκριμένα για την ευρωπαϊκή ήπειρο το 40% -κατά μέσο όρο- του καταναλισκόμενου καυσίμου αντιστοιχεί στον κτιριακό τομέα και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπως η Γαλλία το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 45%,

ενώ στη Ελλάδα αγγίζει το 25%. Στην συνεδρίαση του 2003 όμως παρουσιάστηκε η πρόβλεψη για τη μελλοντική ενεργειακή κατανάλωση, όπου και εκτιμήθηκε πως θα αυξηθεί κατά 58% τα έτη 2001-2025. Για να αντιμετωπιστεί η ακατάσχετη μόλυνση του περιβάλλοντος, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μεταξύ άλλων, δεσμεύθηκαν από το πρωτόκολλο του Κιότο σε συνολική και συστηματική μείωση των εκπομπών CO₂. Για την Ελλάδα η επίτευξη αυτού του τεθέντος στόχου μεταφράζεται σε μείωση των εθνικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2008-2012, στα επίπεδα του 92% των αντίστοιχων εκπομπών του 1990. Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, γίνεται κατανοητή η σημασία που έχει σήμερα η λήψη μέτρων για τη μείωση των απωλειών ενέργειας, θερμικών ή ψυκτικών φορτίων, ανάλογα με την περίσταση και η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των απωλειών αυτών.

Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει μέτρα προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, όπως την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, αλλά και νέα ενεργειακά πρότυπα. Για αυτό ξοδεύονται παγκοσμίως μεγάλα χρηματικά ποσά για τη μείωση των εκπομπών ρύπων και για την ανάπτυξη συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τις προαναφερθείσες χρήσεις. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες η έρευνα γύρω από τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας έχει κάνει εντυπωσιακή πρόοδο. Μέσω μελετών παγκοσμίως έχει αποδειχθεί ότι τα συστήματα αυτά είναι ιδανικά για αποθήκευση ανανεώσιμης (και πολλές φορές δωρεάν) ενέργειας για κλιματισμό κτιρίων. Εφαρμογές όπως οι ηλιακοί συλλέκτες, και άλλες που εκμεταλλεύονται άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα, αιολικά πάρκα καθώς επίσης και εφαρμογές βιομάζας και γεωθερμικής ενέργειας, θεωρούνται πλέον πρώτης προτεραιότητας ανάπτυξης.

Η ηλιακή ενέργεια έχει σπουδαίες προοπτικές όσον αφορά στη χρήση της στα κτίρια καθώς πρόκειται για καθαρή πηγή ενέργειας, χωρίς εκπομπές ρύπων, και από οικονομικής άποψης είναι απόλυτα δωρεάν, άφθονη και ανανεώσιμη. Υφίστανται όμως κάποιοι σημαντικοί περιορισμοί στη χρήση της ηλιακής ενέργειας, από την άποψη της ηλιοφάνειας, η οποία είναι διακοπτόμενη για μεγάλα χρονικά διαστήματα (συννεφιά, χιόνι, βροχή), καθώς επίσης και λόγω του γεγονότος ότι οι μισές ώρες του έτους είναι νύχτα για οποιοδήποτε μέρος στον πλανήτη.

Όλοι οι ανωτέρω λόγοι καθιστούν προφανή την ανάγκη της δημιουργίας ενός συστήματος ικανού να παράγει τέτοια χρονική καθυστέρηση στο φαινόμενο, ώστε η παροχή ενέργειας να μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση ανά πάσα στιγμή. Από όλα τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που έχουν προταθεί και επιστημονικά αξιολογηθεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος, τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, έχουν την μεγαλύτερη απήχησης χάρη στην ικανότητά τους να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά ενέργειας σε σχετικά μικρό χώρο.

Έτσι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια νέα τάση στη δόμηση, που επιδιώκει να επιτύχει συνθήκες θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση της χρήσης συμβατικής ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτής της νέας τάσης εντάσσεται και η χρήση των υλικών αλλαγής φάσης (Phase Change Materials (PCMs) ή ΥΑΦ) στη δόμηση. Μέσω της λανθάνουσας θερμότητας (latent heat) τα ΥΑΦ μπορούν να αποθηκεύσουν πολύ μεγαλύτερη θερμική ενέργεια σε σύγκριση με τα παραδοσιακά υλικά (τούβλο, μπετόν, πέτρα), που στηρίζονται μόνο στην αισθητή θερμότητα (sensible heat), με αποτέλεσμα να μπορούν να προσθέσουν πολύ μεγαλύτερη θερμική μάζα ανάλογα με τον όγκο τους. Επιπλέον τα ΥΑΦ παρουσιάζουν το σημαντικό πλεονέκτημα, ότι επιτυγχάνουν την αποθήκευση της ενέργειας και την ανάκτησή της σχεδόν ισοθερμικά.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο για κάθε τέτοιο σύστημα είναι η ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας για χρήση σε μετέπειτα στάδιο. Τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας παρέχουν έναν πρακτικό και φυσικό τρόπο χρονικής καθυστέρησης και επιτρέπουν τη χρήση της θερμότητας που αποθηκεύτηκε την ημέρα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, όποτε και αυτή χρειάζεται. Τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας τα οποία συνδυάζουν τη χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης, θεωρούνται ιδιαίτερος σημαντικά για την έρευνα, λόγω της μεγάλης αποθηκευτικής (από ενεργειακή άποψη) ικανότητάς τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ

Στη Θερμοδυναμική η αλλαγή φάσης είναι η διαδικασία μετάβασης ενός θερμοδυναμικού συστήματος από τη μία φάση σε κάποια άλλη. Το ξεχωριστό χαρακτηριστικό του φαινομένου αυτού είναι η παρατήρηση μιας ραγδαίας αλλαγής σε μία ή περισσότερες φυσικές ιδιότητες του συστήματος και κυρίως στη θερμοχωρητικότητά του με ταυτόχρονη μικρή μεταβολή σε άλλες ιδιότητες όπως στη θερμοκρασία του.

Συνήθως ο όρος αλλαγή φάσης αναφέρεται σε μεταβάσεις μεταξύ των τριών πρώτων καταστάσεων (στερεής, υγρής και αέριας) εξαιρώντας συνήθως την κατάσταση του πλάσματος.

Οι αλλαγές φάσης περιλαμβάνουν:

- Τις μεταβάσεις μεταξύ της στερεής, υγρής και αέριας φάσης μιας ουσίας, λόγω αλλαγών στις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης
- Τη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών μοριακών δομών, ιδίως για στερεά, όπως για παράδειγμα τη μετάβαση από μία άμορφη δομή σε μία κρυσταλλική ή τη μετάβαση μεταξύ δύο διαφορετικών κρυσταλλικών δομών.

Οι αλλαγές φάσης περιλαμβάνουν λανθάνουσα θερμότητα. Κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας αλλαγής το σύστημα είτε απορροφά είτε ελευθερώνει μία σταθερή και συνήθως αξιόλογη ποσότητα ενέργειας. Επειδή η ενέργεια αυτή δεν μπορεί να μεταφερθεί στιγμιαία μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος, αυτές οι μεταβάσεις, βρίσκονται υπό καθεστώς μικτής φάσης, όπου τμήμα του θερμοδυναμικού συστήματος έχει ολοκληρώσει την μετάβαση και το υπόλοιπο όχι.

Για παράδειγμα κατά το βρασμό ενός δοχείου που περιέχει νερό, το νερό δεν γίνεται στιγμιαία ατμός, αλλά εμφανίζεται μια τυρβώδης μίξη νερού και φυσαλίδων ατμού.

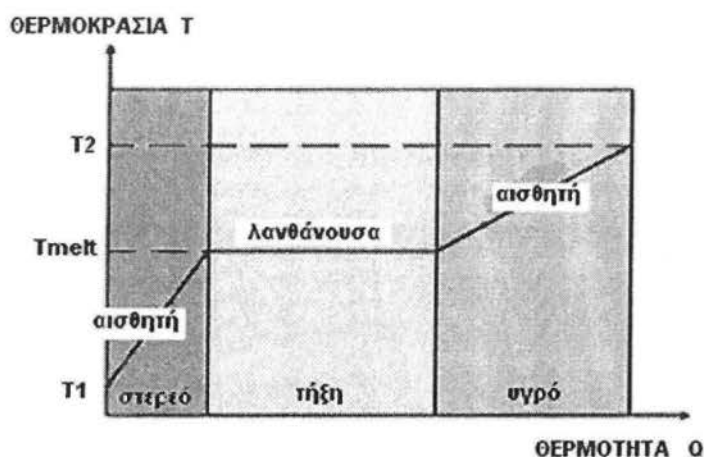
1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΤΗΞΗΣ

Η μεταβολή ενθαλπίας τήξης, γνωστή και ως θερμότητα τήξης (λανθάνουσα), είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να απορροφηθεί ή να εκλυθεί, ώστε 1 gr ουσίας να μεταβεί φάση από στερεά σε υγρή ή και αντίστροφα. Ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα αλλαγής φάσης και η θερμοκρασία στην οποία αυτή εμφανίζεται, ονομάζεται σημείο τήξης. Όταν αφαιρείται θερμική ενέργεια από ένα υλικό, η θερμοκρασία του πέφτει. Αντίστοιχα, όταν προσφέρεται θερμότητα σε ένα υλικό, η θερμοκρασία του αυξάνει. Στο σημείο μετάβασης μεταξύ στερεής και υγρής φάσης, απαιτείται περισσότερη θερμότητα.

Για να υπάρξει μετάβαση από υγρό σε στερεό, τα μόρια της ουσίας πρέπει να τοποθετηθούν αυστηρώς διατεταγμένα, και για να γίνει αυτό, θα πρέπει να αφαιρεθεί θερμότητα, ώστε να μεταπέσει το σύστημα σε μία χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη. Αντιθέτως, για να έχουμε την αντίστροφη διαδικασία και τη μετάβαση από την στερεή κρυσταλλική μορφή στην υγρή, χρειάζεται απορρόφηση θερμότητας για τη λύση των διαμοριακών δεσμών. Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης παρατηρείται με τη μέτρηση της θερμοκρασίας κατά τη στερεοποίηση του νερού. Στην περίπτωση κλειστού δοχείου με νερό θερμοκρασίας δωματίου, με δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας του μέσου, αν αυτό τοποθετηθεί σε ψυχρό περιβάλλον, παρατηρείται σταθερή μείωση της θερμοκρασίας μέχρι σημείου ελαφρώς μικρότερου της θερμοκρασίας πήξης-τήξης. Τότε η θερμοκρασία, αυξάνει οριακά μέχρι το σημείο στερεοποίησης και έχουμε τη δημιουργία κρυστάλλων στο νερό, δηλαδή την έναρξη της στερεοποίησης. Μετά το πέρας της στερεοποίησης, η θερμοκρασία θα συνεχίσει την πτώση της, έως ότου ικανοποιηθεί η ισορροπία θερμοκρασιών περιβάλλοντος και πάγου.

Η θερμοκρασία ανακόπτει την κάθοδό της στο σημείο πήξης εξ αιτίας της λανθάνουσας θερμότητας πήξης. Αυτή προφανώς ισούται με τη λανθάνουσα θερμότητα τήξης η οποία πρέπει να αφαιρεθεί από το υλικό, ώστε να συνεχισθεί η θερμοκρασιακή πτώση.

Τα παραπάνω παρατηρούνται και στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Διάγραμμα αλλαγής φάσης

Ένα υλικό δύναται να αποθηκεύσει θερμότητα με δύο μορφές: της αισθητής, που εκφράζεται με συνακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας του και της λανθάνουσας με την απαραίτητη αλλαγή φάσης (τήξη). Η αποθηκευτική ικανότητα ενός υλικού αλλαγής φάσης που θερμαίνεται από θερμοκρασία T_1 σε T_2 , αν υφίσταται αλλαγή φάσης σε θερμοκρασία T^* , είναι το άθροισμα της μεταβολής της αισθητής θερμότητας του στερεού από T_1 σε T^* , της λανθάνουσας θερμότητας σε θερμοκρασία T^* και της μεταβολής της αισθητής θερμότητας του υγρού από T^* σε T_2 :

$$Q_s = m[(T^* - T_1)c_s + \lambda + (T_2 - T^*)c_l]$$

όπου m είναι η μάζα του υλικού, c_s και c_l είναι οι θερμοχωρητικότητες της στερεής και της υγρής φάσης αντίστοιχα και λ είναι η λανθάνουσα θερμότητα.

Οι μονάδες ως γνωστό, είναι:

1. kJ/kg (μονάδες SI)
2. joules/mole (μονάδες SI)
3. calories / gram (παλαιές μετρικές μονάδες, οι οποίες πλέον χρησιμοποιούνται ελάχιστα, εκτός από το Kcal που χρησιμοποιείται συνήθως για θρεπτικά συστατικά τροφών)
4. British thermal units ανά pound ή Btu ανά pound-mole

Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του νερού είναι 79.72 cal/gr ή 334.5 kJ/kgH
λανθάνουσα θερμότητα τήξης, άλλων γνωστών ουσιών σε (kJ/kg) :

- Μεθάνιο: 58.41
- Αιθάνιο: 95.10
- Προπάνιο: 79.96
- Μεθανόλη: 99.16
- Αιθανόλη: 108.99
- Γλυκερόλη: 200.62
- Μυρμηγκικό Οξύ: 276.35
- Οξικό Οξύ: 192.09
- Ακετόνη: 97.99
- Βενζόλιο: 127.40
- Μυριστικό Οξύ: 198.70
- Παλμιτικό Οξύ: 163.93
- Στεατικό Οξύ: 198.91

1.3 ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ

Όλα τα υλικά που είναι γνωστά σήμερα, ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατούν, μπορούν να βρίσκονται σε μία από τις τρεις γνωστές καταστάσεις, στερεή, υγρή, αέρια. Αν χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο ταξινόμησης ο μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας μέσα στο υλικό, ο οποίος χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό τη γενικότερη θερμική συμπεριφορά του υλικού, δημιουργούνται δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. τα υλικά που αποθηκεύουν θερμότητα σε μορφή αισθητής θερμότητας σε όλο το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης τους.

2. τα υλικά που αποθηκεύουν θερμότητα με τη μορφή λανθάνουσας θερμότητας σε ένα τμήμα του θερμοκρασιακού εύρους χρήσης τους, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα συναλλάσσουν θερμότητα με τη μορφή αισθητής θερμότητας.

Για την πρώτη κατηγορία χαρακτηριστικό μέγεθος για τη θερμική συμπεριφορά αποτελεί η θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση ή όγκο, ενώ για τη δεύτερη, η λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για τη μετάβαση από τη μία φάση στην άλλη. Βασική παρατήρηση ότι η τιμή της λανθάνουσας θερμότητας είναι πολλαπλάσια της θερμοχωρητικότητας υπό σταθερή πίεση ή όγκο.

Ο ορισμός ενός PCM (Phase-Change-Material), Υλικό Αλλαγής Φάσης (ΥΑΦ), ή είναι αφ' ενός μεν απλός, αφ' ετέρου δε άνευ σοβαρής σημασίας. Και αυτό γιατί τα ΥΑΦ δεν είναι κάποια ανατρεπτική ανακάλυψη, παρά κάποιες καταλλήλως χρησιμοποιούμενες ουσίες, οι οποίες όπως όλα τα γνωστά υλικά, αλλάζουν φάση, υπό σχεδόν σταθερή θερμοκρασία, από τη στιγμή που τους προσφέρεται κατάλληλο ποσό θερμότητας. Ο πλέον λακωνικός ορισμός που μπορεί να δοθεί για τα ΥΑΦ είναι ότι: «ΥΑΦ είναι υλικά αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας». Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, αυτός ο ορισμός εμπεριέχει όλα τα γνωστά και χρησιμοποιούμενα σήμερα υλικά.

Το καινοτόμο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ομάδας υλικών όμως, είναι ότι δίνουν τη δυνατότητα στο μηχανικό-σχεδιαστή να εκμεταλλευτεί αυτή την φυσική ιδιότητά τους, ώστε να βελτιώσει τη θερμική συμπεριφορά πληθώρας συστημάτων και κατασκευών. Στα πλαίσια του θερμοκρασιακού εύρους της ανθρώπινης θερμικής άνεσης (20-30°C) τα υλικά αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας είναι ιδιαίτερος αποδοτικά. Αποθηκεύουν περίπου 5 με 14 φορές

περισσότερη ενέργεια κατ' όγκο απ' ότι τα υλικά αποθήκευσης αισθητής θερμότητας, όπως το νερό, η πέτρα, το τούβλο, και άλλα.

Ός υποψήφια ΥΑΦ θεωρούνται συνήθως υλικά που αλλάζουν φάση μεταξύ στερεής και υγρής κατάστασης, αν και έχουν χρησιμοποιηθεί σε ερευνητικό επίπεδο και υλικά που μεταβαίνουν από τη μία φάση στην άλλη με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς. Τα υλικά που μεταπίπτουν σε αέρια κατάσταση κατά την αλλαγή φάσης δεν ενδιαφέρουν, λόγω των πρακτικών δυσκολιών που εμφανίζει η μεγάλη αλλαγή της πυκνότητας αλλά και της ίδιας της φύσης των αερίων.

Όσον αφορά τώρα, στα στερεά-υγρά ΥΑΦ, αυτά αρχικά συμπεριφέρονται, όπως τα κλασσικά υλικά αποθήκευσης: η θερμοκρασία τους αυξάνει, όσο αυτά απορροφούν θερμότητα. Αντίθετα με τα κλασσικά (αισθητής θερμότητας) αποθηκευτικά υλικά, όταν τα ΥΑΦ φτάσουν στο θερμοκρασιακό επίπεδο αλλαγής φάσης (σημείο τήξης), τότε απορροφούν μεγάλα ποσά ενέργειας χωρίς παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας τους. Αντίστοιχα, όταν η περιβάλλουσα το ΥΑΦ θερμοκρασία ελαττωθεί, τότε αυτό στερεοποιείται ελευθερώνοντας το ποσό θερμότητας που είχε απορροφήσει κατά τη φάση της υγροποίησης. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα ΥΑΦ απορροφούν και εκλύουν θερμότητα, διατηρώντας μία σχεδόν σταθερή θερμοκρασία.

Το ιδανικό ΥΑΦ θα ήταν ένα υλικό που θα παρουσίαζε μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας, υψηλή θερμική αγωγιμότητα, θερμοκρασία τήξης σύμφωνη με το θερμοκρασιακό εύρος της εκάστοτε εφαρμογής, να τήκεται με την ελάχιστη εμφάνιση supercooling (υπέρψυξης), να είναι χημικά σταθερό, άφθονο, φθινό στην παραγωγή, όπως επίσης να μην είναι τοξικό, διαβρωτικό, ή εύφλεκτο. Ωστόσο παραμένει εξαιρετικά δύσκολη η εύρεση ενός ΥΑΦ που να συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω.

Τα πρώτα ΥΑΦ που μελετήθηκαν για εφαρμογές θερμικής αποθήκευσης ήταν τα ανόργανα ένυδρα άλατα λόγω της υψηλής πυκνότητας ενέργειας που μπορούν να αποθηκεύσουν, της υψηλής αγωγιμότητας και του χαμηλού τους κόστους. Ωστόσο τα υλικά αυτά παρουσιάζουν σοβαρά μειονεκτήματα όπως ανομοιογένεια μεταβολής φάσης (διαχωρισμός) και υπερ-ψύξη (supercooling). Άλλα ΥΑΦ που έχουν μελετηθεί τα τελευταία χρόνια είναι οι παραφίνες, τα λιπαρά οξέα και εύτηκτα μίγματα οργανικών και μη οργανικών συστατικών.

Τα ΥΑΦ χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών και διαφορετικών πεδίων:

- αποθήκευση ενέργειας
- ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας
- βοηθητικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας
- αντλίες θερμότητας
- διαστημικές εφαρμογές
- συστήματα ψύξης φορητών Η/Υ
- ειδικός ρουχισμός
- συστήματα τηλεπικοινωνίας

Το πλέον γνωστό ΥΑΦ είναι το νερό, που κατά την αλλαγή φάσης του σε πάγο, μπορεί να αποθηκεύσει πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας (περίπου 80 φορές περισσότερη αποθηκευμένη ενέργεια σε σχέση με την υγρή του κατάσταση). Επειδή η χρήση του πάγου ως ΥΑΦ παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω των ιδιοτήτων του νερού (0oC, μεγάλη μεταβολή της πυκνότητας με τη θερμοκρασία, χαμηλή θερμοκρασία προσαγωγής στο σύστημα αποθήκευσης κλπ) η ιδέα ήταν να αναπτυχθούν υλικά με βάση το νερό, ώστε να παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματά του (μεγάλη τιμή του συντελεστή αγωγιμότητας, μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας) αλλά να μην παρουσιάζουν τα υπόλοιπα προβλήματα χρήσης του πάγου ως ΥΑΦ και κυρίως την χαμηλή θερμοκρασία τήξης του. Έτσι δημιουργήθηκαν τα πρώτα ΥΑΦ που είναι τα ένυδρα άλατα, μία κατηγορία υλικών που αναπτύσσεται και τελειοποιείται ακόμη και σήμερα. Τα ένυδρα άλατα είναι σχετικά ασταθείς ενώσεις με μόρια νερού που ανάλογα με την αποβολή ή απορρόφηση θερμότητας από το σύστημα, αποβάλλουν ή προσλαμβάνουν τα μόρια νερού. Ένα από τα πλέον γνωστά ένυδρα άλατα είναι το άλας του Glauber ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) με Σ.Τ. 32.4 βαθμοί Κελσίου και λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης 254kJ/kg.

Κύριο πλεονέκτημα των ΥΑΦ έναντι του πάγου είναι η δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας σε ένα μεγάλο εύρος από τους -40 έως τους 110 βαθμοί Κελσίου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι και το κύριο πλεονέκτημα των ΥΑΦ, διότι ανάλογα με την εφαρμογή η επιθυμητή θερμοκρασία αλλαγής φάσης είναι και διαφορετική. Για παράδειγμα, η εφαρμογή στην τοιχοποιία ζητά θερμοκρασίες αλλαγής φάσης από 25 έως 27βαθμοί Κελσίου, ενώ για

αποθήκευση ψύξης σε εφαρμογές κλιματισμού το αντίστοιχο εύρος πρέπει να κυμαίνεται από 2 έως 5 βαθμοί Κελσίου .

1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων ΥΑΦ σχεδιασμένα για διάφορα θερμοκρασιακά εύρη. Είναι ωστόσο εξαιρετικά δύσκολη η εύρεση ενός ΥΑΦ που να συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω. Για αυτό η επιλογή του κατάλληλου ΥΑΦ για μια συγκεκριμένη επιλογή αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα βελτιστοποίησης ενώ σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η αναζήτηση μεθόδων βελτίωσης των χαρακτηριστικών διαφόρων ΥΑΦ (όπως η βελτίωση της θερμικής αγωγιμότητας με την προσθήκη ρινισμάτων μετάλλων ή η μίξη ουσιών που περιορίζουν το φαινόμενο της υπερ-ψύξης).

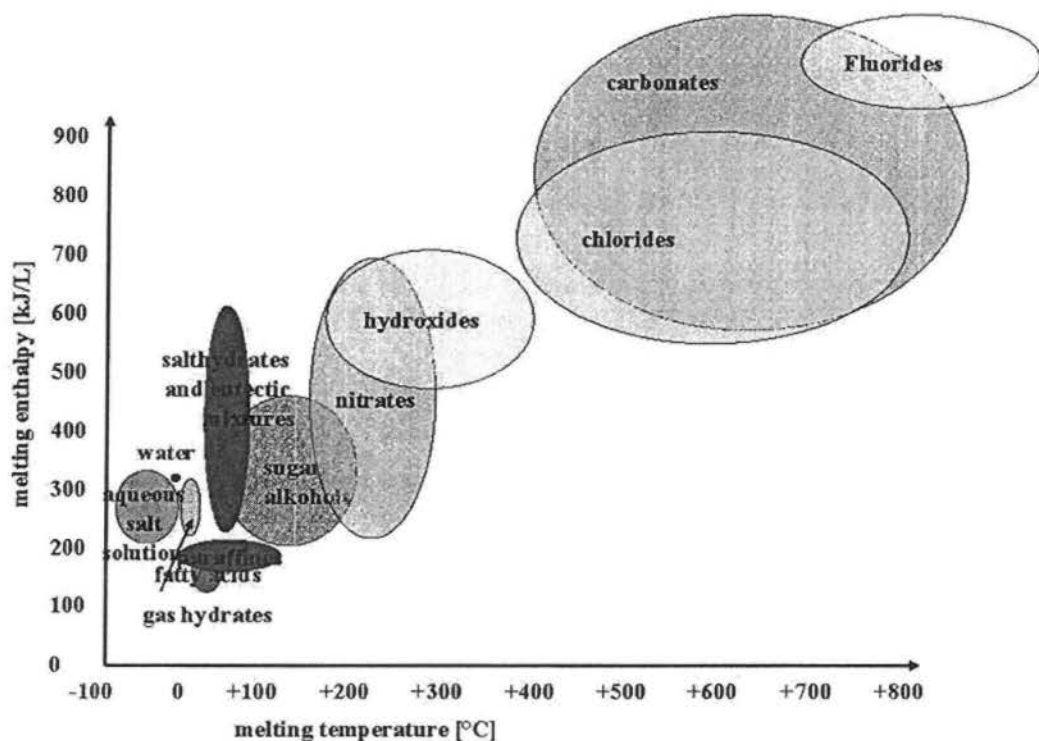
Συγκεντρωτικά δεδομένα σε υπάρχοντα ΥΑΦ και στις ιδιότητες που παρουσιάζουν μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία. Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα αυτά προέρχονται από διάφορες μελέτες χωρίς η ακρίβειά τους να έχει επιβεβαιωθεί ενώ διαπιστώθηκαν σε αρκετές περιπτώσεις αποκλίσεις από τα αναφερόμενα χαρακτηριστικά.

Τα υλικά που αλλάζουν φάση και ειδικότερα αυτά που από στερεά μεταπίπτουν σε υγρά ομαδοποιούνται με βάση τη σύστασή τους σε οργανικά και ανόργανα υλικά. Η κατηγορία των οργανικών υλικών αντιπροσωπεύεται κυρίως από τις παραφίνες και τα μικροκρυσταλλικά κεριά (μίγματα παραφινών με αριθμό ατόμων άνθρακα από 19 έως και 25) καθώς και από τα λιπαρά οξέα, εστέρες και αλκοόλες λιπαρών οξέων ή και μίγματα αυτών, ενώ των ανόργανων υλικών κυρίως από τα διαλύματα των ένυδρων αλάτων.

Μία κατηγορία ΥΑΦ που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και βρίσκεται υπό έρευνα είναι η κατηγορία που περιλαμβάνει υλικά προερχόμενα από ανακυκλωμένα φυτικά ή ζωικά έλαια των οποίων η διαθεσιμότητα αυξάνεται, καθώς αυξάνεται ολοένα και περισσότερο η παγκόσμια παραγωγή απορριμμάτων τα οποία εμφανίζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τρόφιμα.

Άλλου τύπου κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει σύμφωνα με τις εφαρμογές που καλύπτουν. Τα ΥΑΦ μπορούν να ομαδοποιηθούν σύμφωνα με τη θερμοκρασία ή το θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο λαμβάνει χώρα η αλλαγή φάσης, σε υλικά που αλλάζουν φάση κάτω από τους 15 βαθμοί Κελσίου και χρησιμοποιούνται για αποθήκευση ψύξης σε εφαρμογές κλιματισμού ή σε μεταφορά ευπαθών υλικών (ιατρικές εφαρμογές) και σε υλικά που αλλάζουν

φάση πάνω από τους 90 βαθμοί Κελσίου και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ψύξης με απορρόφηση. Όλα τα άλλα υλικά με ενδιαμέσες τιμές θερμοκρασίας αλλαγής φάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές θέρμανσης σε συνεργασία με ηλιακά συστήματα ή εφαρμογές εξομάλυνσης των φορτίων κλιματισμού καθώς και για αποθήκευση θερμότητας.



Εικόνα 1.1. Κατηγορίες διαθέσιμων ΥΑΦ με τυπικές τιμές λανθάνουσας θερμότητας και εύρος θερμοκρασιών τήξης.

1.4.1 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα οργανικά υλικά αντιπροσωπεύονται, όπως προαναφέρθηκε, κυρίως από τις παραφίνες και τα μικροκρυσταλλικά κεριά, τα οποία είναι μίγματα παραφινών με αριθμό ατόμων άνθρακα από 19 έως 25. Εξίσου σημαντικές κατηγορίες οργανικών υλικών είναι τα λιπαρά οξέα, εστέρες και αλκοόλες λιπαρών οξέων ή και μίγματα αυτών. Τα εμπορικά προϊόντα οργανικών υλικών είναι αρκετά φθηνότερα από τα ένυδρα άλατα με μέτριες τιμές λανθάνουσας θερμότητας (περίπου 150 kJ/kg) και δυνατότητα παραγωγής για σχεδόν όλο το εύρος των θερμοκρασιών.

Η εμφάνιση supercooling είναι αμελητέα, είναι χημικά αδρανή και σταθερά, χωρίς να εμφανίζουν διαχωρισμό φάσεων ή εκφυλισμό των ιδιοτήτων τους. Δυστυχώς όμως εμφανίζουν χαμηλή τιμή του συντελεστή αγωγιμότητας, ιδιότητα που περιορίζει τις εφαρμογές τους (περίπου 0,2 W/mK). Γι' αυτό το λόγο έχουν εξεταστεί πολλές περιπτώσεις εμπλουτισμού του υλικού με μεταλλικά αντικείμενα διαφόρων σχημάτων ή χρήση δοχείων και σωλήνων με πτερύγια με σκοπό την αύξηση του ρεύματος θερμότητας μέσα στο υλικό.

Επίσης στα οργανικά υλικά επηρεάζεται αρκετά η πυκνότητα του υλικού από τη φάση, ώστε είναι δυνατόν όταν το υλικό στερεοποιηθεί και αυξηθεί η πυκνότητά του, να αποκολληθεί από τα τοιχώματα του δοχείου, γεγονός που θα επηρεάσει αρκετά το φαινόμενο της αγωγής θερμότητας (ουσιαστικά δεν είναι πλέον αγωγή, αλλά αγωγή-συναγωγή θερμότητας). Επίσης μειονέκτημα είναι η αναφλεξιμότητά τους, παρ' όλο που είναι κοινή άποψη των ερευνητών της περιοχής, ότι η χαμηλή τάση ατμών της παραφίνης, δεν εγκυμονεί κινδύνους ανάφλεξης.

1.4.2 ΠΑΡΑΦΙΝΕΣ

Παραφίνη είναι το σύνηθες όνομα για μια ομάδα αλκανικών υδρογονανθράκων μεγάλου μοριακού βάρους, με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n+2} , με n μεγαλύτερο του 20. Παραφίνη είναι επίσης επιστημονική ονομασία για ένα αλκάνιο γενικότερα, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις αναφέρεται γενικά σε ένα γραμμικό (κανονικό) αλκάνιο, ενώ τα ισοαλκάνια ονομάζονται ισοπαραφίνες. Κατατάσσονται στα οργανικά ΥΑΦ.

Τα αλκάνια είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες. Το πλέον απλό αλκάνιο είναι το μεθάνιο, CH_4 . ,εν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των ατόμων που σχηματίζουν την ανθρακική αλυσίδα. Η ανθρακική αλυσίδα των κορεσμένων υδρογονανθράκων μπορεί να είναι γραμμική (C_nH_{2n+2}), ή με διακλαδώσεις (C_nH_{2n+2} , $n > 3$), ή κυκλικού σχήματος (C_nH_{2n} , $n > 2$). Η κατά IUPAC ονοματολογία των αλκανίων, ονομάζει υπό τον γενικό τίτλο αλκάνια, όλες τις περιπτώσεις που υποπίπτουν στις δύο πρώτες κατηγορίες, ενώ ονομάζει κυκλοαλκάνια αυτές που σχηματίζουν βρόχο. Αντίστοιχα τα αλκύλια, είναι μέρη ανθρακικής αλυσίδας, με έναν ελεύθερο δεσμό και ακολουθούν πιστά την

ονοματολογία των αλκανίων (μεθύλιο, αιθύλιο, κλπ). Παρατηρούνται σαν πρόσθετα σε κύριες ανθρακικές αλυσίδες.

Τα αλκάνια δεν είναι ιδιαίτερα αντιδραστικές ουσίες και θεωρούνται βιολογικά υποπροϊόντα και είναι σημαντικά κυρίως λόγω των μη υδρογονανθρακικών ουσιών οι οποίες μπορούν να προσαρτηθούν στην ανθρακική αλυσίδα.

Σε κανονικές συνθήκες από CH_4 έως C_4H_{10} τα αλκάνια είναι αέρια. Από C_5H_{12} έως $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ είναι υγρά και από $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ και μετά είναι στερεά. Το σημείο βρασμού των αλκανίων γενικότερα εξαρτάται από το μοριακό βάρος, και μάλιστα η συνάρτηση των δύο μεγεθών είναι σχεδόν γραμμική. Αντίστοιχα, οι κυκλικοί υδρογονάνθρακες έχουν υψηλότερο σημείο βρασμού από τους υδρογονάνθρακες ευθείας αλυσίδας ίδιου μοριακού βάρους. Όμοια συμπεριφορά παρουσιάζει και το σημείο τήξης, δηλαδή όσο περισσότερα άτομα άνθρακα στο μόριο του αλκανίου, τόσο υψηλότερο το σημείο τήξης.

Τα αλκάνια με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα έχουν γενικά χαμηλότερο σημείο τήξης από αυτά με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, και αυτό διότι τα μόρια με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, είναι καλύτερα χωροθετημένα, πράγμα που συνεπάγεται υψηλότερης απαιτούμενης προσθήκης θερμότητας για να σπάσουν οι δεσμοί και να επιτευχθεί η μετάβαση στην υγρή φάση.

Οι περισσότερες παραφίνες αποτελούνται από ευθείες ανθρακικές αλυσίδες με δύο μεθυλικά μόρια κοντά στο τέλος της αλυσίδας. Διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες, ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα στην αλυσίδα τους. Υπάρχουν οι n-Παραφίνες, οι οποίες έχουν άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα και οι ισο-παραφίνες, των οποίων η ανθρακική αλυσίδα αποτελείται από περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα.

Το κατά πόσον μία παραφίνη θα είναι ισο-παραφίνη ή όχι, εξαρτάται από τον αριθμό των αλκανίων που περιέχονται στην ουσία (75% έως 100%). Το σημείο τήξης των παραφινών εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των ατόμων άνθρακα του μορίου.

Αλκάνια με ανθρακικό αριθμό από 14-40 έχουν σημεία τήξης από 6 έως 80 βαθμοί Κελσίου. Αυτές ονομάζονται καθαρές παραφίνες και δεν έχουν σχέση με τα κεριά παραφίνης, όπως ονομάζονται οι παραφίνες με ανθρακικό αριθμό από 8 έως 15, και χαμηλότερα σημεία τήξης από τις καθαρές παραφίνες, από 2 έως 45 βαθμοί Κελσίου δεν είναι διαλυτές στο νερό, αλλά διαλύονται στους αιθέρες, στο

βενζόλιο, και σε συγκεκριμένους εστέρες δεν αντιδρούν με τα περισσότερα χημικά αντιδραστήρια, αλλά στην υγρή φάση τους είναι ιδιαιτέρως εύφλεκτες.

Οι παραφίνες είναι ιδανικά υλικά για χρήση ως ΥΑΦ. Έχουν μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος και μπορούν να δημιουργηθούν, μέσω μιγμάτων, υλικά κατάλληλα να καλύψουν οποιοδήποτε εύρος θερμοκρασιών, ανάλογα με την εκάστοτε εγκατάσταση. Είναι οργανικές ουσίες, επομένως είναι φτηνές και άφθονες. Έχουν αρκετά καλή αποθηκευτική ικανότητα σε σχέση με άλλα υλικά, όπως επίσης έχουν το πλεονέκτημα να μην υπερψύχονται, δηλαδή όλο το υλικό στερεοποιείται, χωρίς εμφάνιση υπέρψυξης, άρα το υλικό αποδίδει τη μέγιστη αποθηκευτική ικανότητά του.

Επίσης, σαν οργανικές ουσίες, δεν εμφανίζουν στη διάρκεια ζωής τους το φαινόμενο του διαχωρισμού των φάσεων, πράγμα που από μόνο του σημαίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που εμφανίζουν οι παραφίνες έναντι άλλων υλικών για εφαρμογές θέρμανσης σε κτίρια, είναι πως υπάρχει πλήθος παραφινών με σημεία τήξης από 20-26 βαθμοί Κελσίου, στα πλαίσια δηλαδή που κυμαίνονται οι απαιτήσεις των εν λόγω συστημάτων.

Οι παραφίνες παρουσιάζουν χαμηλή πίεση ατμοποίησης, γεγονός που ερμηνεύει τις ελάχιστες απώλειες υλικού σε ένα μεγάλο βάθος χρόνου χρήσης. Το πλεονέκτημα αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό για τις εφαρμογές όπου απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός κυκλικών φορτίσεων του υλικού. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την εφαρμογή στην τοιχοποιία, όπου απαιτούμε περισσότερα από 25 έτη ζωής. Επιπλέον δεν παρουσιάζουν προβλήματα διάβρωσης με κανένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέταλλο.

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο ότι οι παραφίνες πραγματοποιούν ολοκληρωμένα την αλλαγή φάσης σε θερμοκρασιακό εύρος περίπου 10K (περίπου 9K πριν το Σ.Τ. και 1K μετά από αυτό). Ένα τέτοιο φαινόμενο αν δεν ληφθεί υπ' όψη μπορεί να οδηγήσει σε μη σωστή εκλογή υλικού με αποτέλεσμα μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με τις αναμενόμενες τιμές. Η ύπαρξη πληθώρας ουσιών λύνει τα χέρια των μελετητών και δίνει τη δυνατότητα σχεδιασμού και ανάπτυξης αποδοτικότερων και οικονομικότερων συστημάτων.

Υπάρχει ακόμα χώρος για μελέτη και βελτίωση αυτών των συστημάτων, λόγω του υπαρκτού κινδύνου ανάφλεξης της υγρής φάσης της παραφίνης, καθώς επίσης και για την ανάπτυξη μεθόδων ακόμη καλύτερης ενσωμάτωσης της

παραφίνης στα υλικά για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου διαφυγής ΥΑΦ, όταν αυτό βρίσκεται στην υγρή φάση.

1.4.3 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Στην Οργανική Χημεία και ειδικότερα στη Βιοχημεία, λιπαρό οξύ ονομάζεται ένα καρβοξυλικό οξύ, συνήθως με μακρά ανθρακική αλυσίδα, είτε κορεσμένη, είτε ακόρεστη. Καρβοξυλικά οξέα σαν το βουτυρικό οξύ (με 4 άτομα άνθρακα) θεωρούνται λιπαρά οξέα, παρά το ότι γενικότερα τα λιπαρά οξέα προέρχονται από φυσικά λίπη και έλαια και θεωρείται ότι έχουν τουλάχιστον 8 άτομα άνθρακα, όπως το καπριλικό οξύ. Τα περισσότερα από τα φυσικά λιπαρά οξέα, έχουν άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα στην ανθρακική αλυσίδα τους. Στη βιομηχανία παράγονται από την υδρόλυση των εστερικών δεσμών ενός λιπαρού ή βιολογικού ελαίου (π.χ. τριγλυκερίδια), με την αφαίρεση της γλυκερόλης.

Τα Λιπαρά οξέα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα κορεσμένα και τα ακόρεστα. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα δεν περιέχουν καθόλου διπλούς δεσμούς ή άλλα λειτουργικά σύνολα κατά μήκος της ανθρακικής αλυσίδας.

Ενδεικτικά κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι:

- Βουτυρικό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
- Μυριστικό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
- Παλμιτικό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
- Στεαρικό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι παρόμοιας μορφής με τα κορεσμένα, περιέχοντας όμως αυτή τη φορά αλκύλια κατά μήκος της ανθρακικής αλυσίδας με αποτέλεσμα να υπάρχουν διπλοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων του άνθρακα.

Ενδεικτικά ακόρεστα λιπαρά οξέα:

- Άλφα-λινολεϊκό οξύ: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- Λινολεϊκό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- Ολεϊκό οξύ: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Τα λιπαρά οξέα εμφανίζουν σημεία τήξης και λανθάνουσα θερμότητα παρόμοια με αυτά των παραφινών. Το Βουτυρικό οξύ ($\text{CH}_3[\text{CH}_2]_2\text{COOH}$) για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κτιριακές εφαρμογές και έχει χρησιμοποιηθεί σε πειράματα, όμως το κόστος του είναι τουλάχιστον 2 με 2,5 φορές μεγαλύτερο από την παραφίνη με αντίστοιχες θερμικές ιδιότητες.

Αντίστοιχα, υπάρχουν λίγα λιπαρά οξέα τα οποία να είναι κατάλληλα για κτιριακές εφαρμογές, πράγμα που γίνεται εύκολα κατανοητό ότι είναι σημαντικό μειονέκτημα έναντι των παραφινών.

Οι δύο επικρατέστεροι υποψήφιοι από αυτά τα υλικά για χρήση σε κτιριακές θερμικές εφαρμογές είναι το Καπρικό Οξύ [σημείο τήξης 31.5βαθμοί Κελσίου] και το Καπριλικό Οξύ [σημείο τήξης 16.5βαθμοί Κελσίου].

Τα λιπαρά οξέα σε θερμοκρασία δωματίου, υπόκεινται σε μία χημική αντίδραση, γνωστή σαν αυτό-οξειδωση. Το λιπαρό οξύ σπάει σε υδατάνθρακες, κετόνες, αλδεύδες και μικρότερες ποσότητες αλκοολών και εποξικών. Επίσης συχνά τα τελευταία επεξεργάζονται με συμπυκνωτικούς παράγοντες, όπως το κιτρικό οξύ. Ένα ακόμη μειονέκτημα αυτής της ομάδας υλικών είναι η κακοσμία, γεγονός που όπως γίνεται κατανοητό περιορίζει δραματικά τη χρησιμότητα του χώρου στον οποίο αυτά εγκαθίστανται.

Παρά τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν να ξεπεραστούν με κάποιου είδους συσκευασία, δίνοντας έτσι ένα ΥΑΦ φτηνό, χημικά σταθερό, ιδανικό για κτιριακές εφαρμογές.

1.4.4 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ

Τα ένυδρα άλατα είναι ο κύριος εκπρόσωπος ανόργανων υλικών και παρουσιάζουν αρκετά καλές ιδιότητες (τιμή λανθάνουσας θερμότητας περίπου 250 kJ/kg και αγωγιμότητας 0.6 W/mK περίπου), μέτριο κόστος παραγωγής σε σχέση με τις παραφίνες αλλά υψηλό κόστος πώλησης σε σχέση με τις τιμές πώλησης των παραφινών λόγω της επιβεβλημένης ενσωμάτωσής τους σε προστατευτικό κάλυμμα και χρήση πρόσθετων ουσιών σταθεροποίησης των ιδιοτήτων τους.

Τα ένυδρα άλατα έλαβαν μέρος σε αναρίθμητες μελέτες γύρω από τη χρησιμοποίησή τους σαν ΥΑΦ. Ο κύριος λόγος είναι το σχετικά μεγάλο εύρος σημείων τήξης που διαθέτουν, σχεδόν από 0 έως 120°C, πράγμα που τα κάνει κατάλληλα για πολλές θερμικές εφαρμογές και όχι μόνο για κτίρια. Ο χημικός τύπος (γενικός) είναι $M \cdot nH_2O$, όπου M είναι μία ανόργανη ουσία, ενυδατωμένη με n μόρια νερού, και σχηματίζει μία σύνθετη ουσία ικανή να αποθηκεύσει μεγάλο ποσό θερμότητας υπό μορφή λανθάνουσας.

Η αρχή λειτουργίας των ένυδρων αλάτων, βασίζεται στην αποβολή του κρυσταλλικού νερού, το οποίο αποβάλλεται όταν προσδοθεί θερμότητα στο άλας σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Με τον τρόπο αυτό, αποθηκεύεται θερμότητα στο ΥΑΦ, η οποία αποβάλλεται με επανακρυστάλλωση του νερού του άλατος.

Βασικά μειονεκτήματα των ανόργανων ΥΑΦ είναι - κυρίως για τα ένυδρα άλατα - η ασυμβατότητα του ΥΑΦ με τα υλικά συσκευασίας, γεγονός που οδηγεί σε διαβρωτικά φαινόμενα στο δοχείο, καθώς τα ένυδρα άλατα είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά. Τα ένυδρα άλατα εμφανίζουν και άλλα προβλήματα όπως για παράδειγμα η αφυδάτωση του ένυδρου άλατος, λόγω συνεχούς και μακράς χρήσης, κατά την οποία οι φάσεις του ΥΑΦ διαχωρίζονται κυρίως λόγω της πίεσης των ατμών του νερού, φαινόμενο το οποίο αντιμετωπίζεται με τη χρήση αεροστεγών δοχείων αποθήκευσης. Το φαινόμενο της αποσύνθεσης του ΥΑΦ ή αλλιώς του διαχωρισμού των φάσεών του, είναι σοβαρό πρόβλημα και συμβαίνει λόγω της ανομοιομορφίας στην τήξη του υλικού, διαδικασία η οποία είναι μη αντιστρεπτή.

Το άλας του Glauber ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), με τυπική κατά βάρος σύσταση 44% Na_2SO_4 και 56% H_2O είναι ένα από τα πλέον μελετημένα υλικά με θερμοκρασία τήξης 32,4°C και λανθάνουσα θερμότητα 254 kJ/kg. Αν και είναι ένα από τα φθηνότερα υλικά που κυκλοφορούν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση ενέργειας, τα προβλήματα διαχωρισμού των φάσεων, ο σχηματισμός ιζήματος και το φαινόμενο supercooling περιορίζουν το εύρος των εφαρμογών. Ερευνητές προτείνουν την προσθήκη επιπλέον ύδατος, για την αποφυγή δημιουργίας ιζήματος, όμως κάτι τέτοιο θα μείωνε την αποθηκευτική ικανότητα του υλικού. Αντί αυτού έχει χρησιμοποιηθεί πληθώρα υλικών για την σταθεροποίηση του ΥΑΦ, προσπαθώντας παράλληλα να αυξηθεί η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας.

Συμπερασματικά, τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζει η χρήση των ένυδρων αλάτων δημιουργούνται λόγω της ανεπάρκειας σταθερότητας της χημικής σύνθεσης του υλικού και του φαινομένου διάβρωσης μεταξύ του υλικού και του υλικού συσκευασίας. Προφανώς, βασικό πλεονέκτημα των ένυδρων αλάτων έναντι των παραφινών όσον αφορά στις κτηριακές κυρίως εγκαταστάσεις είναι η μη αναφλεξιμότητά τους. Στο πλαίσιο αναφοράς των ιδιοτήτων δεν θα πρέπει να παραλειφθεί ο ρόλος της πυκνότητας των υλικών, σημαντικός

παράγοντας όταν τα υλικά χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ή εφαρμογές που από τη φύση τους απαιτούν οικονομία χώρου.

Σε γενικές γραμμές τα ένυδρα άλατα είναι πυκνότερα υλικά από τα υπόλοιπα ΥΑΦ και παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου υλικού.

Ενδεικτικές τιμές πυκνότητας των βασικών κατηγοριών ΥΑΦ:

- Ένυδρα άλατα περίπου 1500 kg/m³
- Λιπαρά οξέα περίπου 900 kg/m³
- Παραφίνες περίπου 800 kg/m³

1.4.5 ΕΥΤΗΚΤΑ ΜΙΓΜΑΤΑ

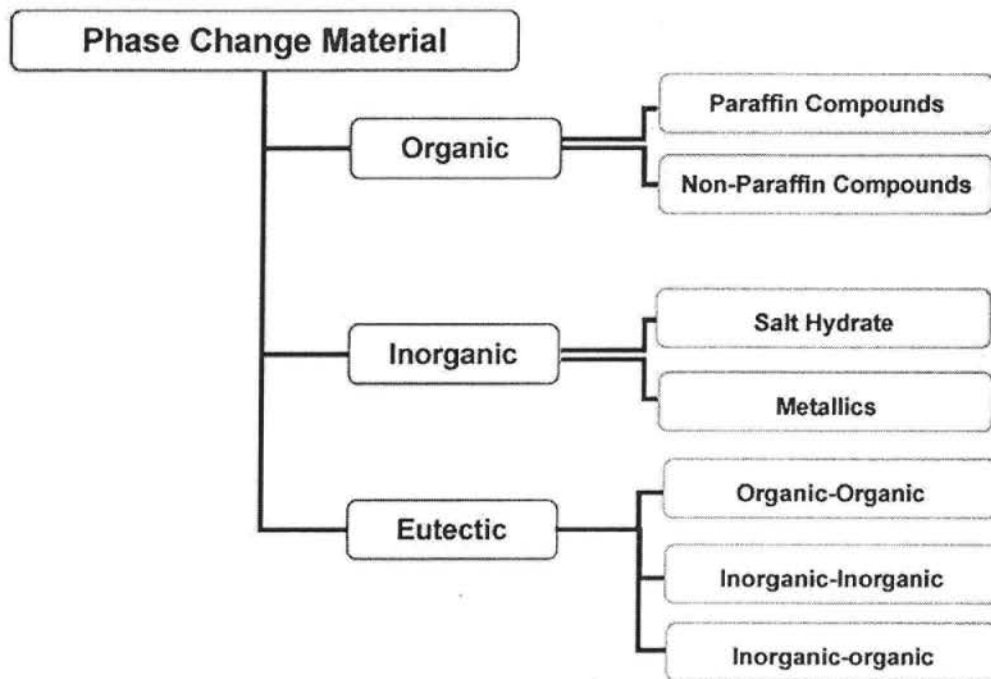
Εύτηκτα ονομάζονται τα μίγματα ΥΑΦ, τα οποία μπορεί να είναι είτε οργανικά, είτε ανόργανα ή ακόμα και μίγμα ανόργανων με οργανικά ΥΑΦ. Προφανές είναι πως τα εύτηκτα ΥΑΦ αναπτύχθηκαν λόγω των δυνατοτήτων που παρέχουν στους σχεδιαστές ώστε να επιτύχουν τα επιθυμητά σημεία τήξης για την κάθε εφαρμογή.

Θεωρείται δε ότι συμπεριφέρονται και αντιμετωπίζονται σαν ένυδρα άλατα. Βασικό πλεονέκτημα με τα εύτηκτα ΥΑΦ είναι ότι εμφανίζουν την τάση να συγκεντρώνουν τα πλεονεκτήματα και των δύο ομάδων, ενώ παράλληλα δεν έχουν την τάση να κάνουν το ίδιο με τα μειονεκτήματα. Το βασικό τους μειονέκτημα όμως είναι το κόστος παραγωγής, το οποίο είναι διπλάσιο έως τριπλάσιο απ' ότι των οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ.

1.4.6 ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΦΑΣΗΣ (ΥΑΣΦ)

Σε περιπτώσεις αλλαγής φάσης στερεού-στερεού (ΥΑΣΦ), η θερμότητα αποθηκεύεται καθώς το υλικό μεταπίπτει από τη μία κρυσταλλική δομή σε κάποια άλλη. Παρ' όλο που οι περισσότερες τέτοιες μεταπτώσεις εμφανίζουν μικρή αποθηκευτική ικανότητα υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας και μικρή ογκομετρική αλλαγή, υπάρχουν μεταπτώσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα, σχεδόν όσο και μία μετάπτωση από στερεό σε υγρό. Τα

πλεονεκτήματα αυτών των ΥΑΦ είναι προφανή, καθώς δεν περιλαμβάνεται κανένας από τους περιορισμούς των υπολοίπων υλικών, όπως για παράδειγμα της μεγάλης ογκομετρικής αλλαγής, της τάσης ατμών, της διαρροής ή της διάβρωσης δεν είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα και ακόμη βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο.



Εικόνα 1.2. Κατηγοριοποίηση των ΥΑΦ

1.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΩΝ PCM

Λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν αρκετές κατηγορίες ΥΑΦ, η επιλογή του κατάλληλου ΥΑΦ για μια συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα βελτιστοποίησης ενώ σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η αναζήτηση μεθόδων βελτίωσης των χαρακτηριστικών διαφόρων ΥΑΦ (όπως η βελτίωση της θερμικής αγωγιμότητας με την προσθήκη ρινισμάτων μετάλλων ή η μίξη ουσιών που περιορίζουν το φαινόμενο της υπερ-ψύξης). Τα μειονεκτήματα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή διάβρωση των υλικών, την τυχαία απόκλιση στη ζώνη αλλαγής φάσης και στη μείωση του κύκλου ζωής τους.

Τα παραπάνω προβλήματα είχαν σαν αποτέλεσμα οι έρευνες να επικεντρωθούν τα τελευταία χρόνια σε οργανικά ΥΑΦ (παραφίνες κ.α.) που παρουσιάζουν μικρότερη χωρητικότητα ανά μονάδα όγκου και λίγο υψηλότερη τιμή, ωστόσο παρουσιάζουν αξιόπιστη θερμοδυναμική συμπεριφορά, καλή φυσική και χημική σταθερότητα, δυνατότητα ρύθμισης της ζώνης αλλαγής φάσης και ευκολία ενσωμάτωσης σε άλλα δομικά υλικά. Παρόλα αυτά παρουσιάζουν κι αυτά μειονεκτήματα όπως ευφλεκτότητα και κυρίως χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.

Η σύγχρονη έρευνα στον τομέα των ΥΑΦ έχει επικεντρωθεί στην προσπάθεια βελτίωσης των μειονεκτημάτων τους. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις εφαρμόζεται εγκλεισμός σε κάψουλες (encapsulation) των ΥΑΦ για τη βελτίωση της χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας και την αποτροπή διαρροών αλλά και για την αποτροπή διαχωρισμού φάσης στα ένυδρα ανόργανα άλατα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ενσωμάτωσης σε κάψουλες με βάση το μέγεθός τους. Αυτές είναι η ενσωμάτωση σε κάψουλες μεγαλύτερες του 1cm (macro-encapsulation) και η ενσωμάτωση σε κάψουλες μικρότερες του 1mm (micro-encapsulation). Η δεύτερη μπορεί προς το παρόν να εφαρμοστεί μόνο σε οργανικά ΥΑΦ οδηγεί ωστόσο σε εύχρηστα υλικά με σταθεροποιημένο σχήμα (π.χ. σκόνη ή υγρό) που μπορούν εύκολα να αναμιχθούν με δομικά υλικά. Επίσης, η δημιουργία μειγμάτων ΥΑΦ και άλλων υλικών όπως για παράδειγμα του γραφίτη, έχει δοκιμαστεί με επιτυχία και έχει οδηγήσει σε εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα σε μορφή σκόνης ή και γυψοσανίδας

1.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ PCM

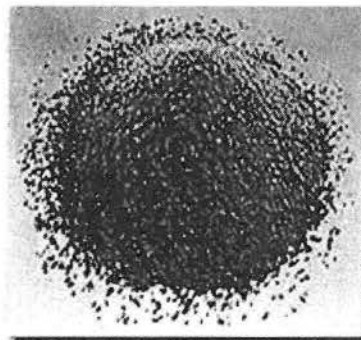
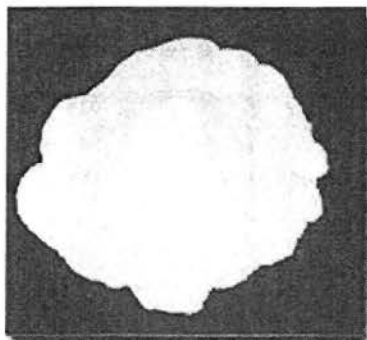
1.6.1 ΓΝΩΣΤΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ

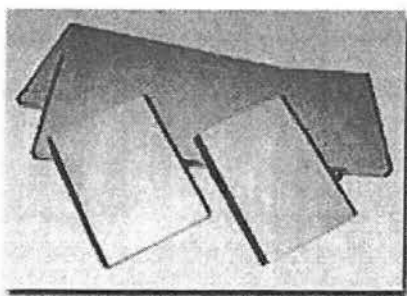
Οι πλέον γνωστές εταιρείες κατασκευής PCM είναι:

- RUBITHERM GmbH (ΓΕΡΜΑΝΙΑ) (www.rubitherm.de)
- Dorken GmbH & Co. KG (ΓΕΡΜΑΝΙΑ) (www.doerken.de)
- BASF (ΓΕΡΜΑΝΙΑ) (www.micronal.de)
- Climator AB (ΣΟΥΗΔΙΑ) (www.climator.com)
- TEAP (ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ) (www.teappcm.com)
- CRISTOPIA Energy Systems (ΓΑΛΛΙΑ) (www.cristopia.com)
- Mitsubishi Chemical (ΙΑΠΩΝΙΑ)
- SGL

1.6.2 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΝΑ ΕΤΑΙΡΙΑ

• Η **RUBITHERM GmbH** παράγει σύνθετα υλικά με PCM, ώστε να παρέχετε η δυνατότητα της εύκολης χρήσης τους αλλά να επιτυγχάνονται τα μέγιστα δυνατά οφέλη από την εφαρμογή και χρήση τους. Τα υλικά PCM, που παράγει είναι σε μορφή σκόνη, κόκκων και σε μορφή χημικής ένωσης αλλά και μορφή μακρο-κάψουλας (PCM Macro encapsulation).





- Η **Dorken GmbH & Co. KG (ΓΕΡΜΑΝΙΑ)** παράγει PCM σε μορφή μακρό κάψουλες (PCM Macro encapsulation), αλλά και σε τυποποιημένες μορφές αντίστοιχες των αναγκών χρήσης και εφαρμογής, σε διπλές πλάκες, σε σακούλες ακόμα και σε λωρίδες.
- Η **BASF (ΓΕΡΜΑΝΙΑ)** παράγει PCM σε μορφή μικροκαψούλων (microencapsulated PCM) αλλά και Micronal PCM υγρή μορφή ή σε μορφή ξηράς σκόνης. Τα προϊόντα της BASF σε συνεργασία με άλλες εταιρίες χρησιμοποιούνται σε διάφορα δομικά υλικά.

Ενδεικτικά προϊόντα είναι:

A) Ο γύψος με εμπορικό όνομα Maxit Clima Plaster από την Maxit Deutschland GmbH. Πρόκειται για ένα προϊόν γύψου μονού στρώματος, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας. Προσφέρεται σε διάφορα πάχη και ποσότητες Micronal PCM ανάλογα με την επιθυμητή εφαρμογή.

B) Τα πάνελ οροφής, τα οποία είναι πάνελ τεχνολογίας sandwich (δηλαδή διαθέτουν μεταλλική επιφάνεια ενώ ο πυρήνας τους είναι από φελιζόλ) με περιεχόμενο Micronal PCM, το οποίο μπορεί να συνδεθεί με ψυκτικό σύστημα. Η ψύξη με τα πάνελ οροφής τεχνολογίας sandwich επιτυγχάνεται με τριχοειδείς σωλήνες στην οπίσθια πλευρά των πάνελ, όπου βρίσκεται και το στρώμα του PCM.

Γ) Ο τσιμεντόλιθος με ονομασία Celbloc Plus, ο οποίος αποτελείται από αεριούχο κονίαμα σκυροδέματος, εμπλουτισμένο με Micronal PCM. Ο τσιμεντόλιθος Celbloc Plus προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, προσφέροντας ταυτόχρονα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά μόνωσης, έναντι του ήχου, της θερμότητας και της φωτιάς.

- Η **Climator AB (ΣΟΥΗΔΙΑ)** εργάζεται με PCMs, που βασίζονται στο ένυδρο άλας. Τα PCM με βάση τα άλατα έχουν την υψηλού επιπέδου ικανότητα της αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας συνδυάζοντας αυτή την ιδιότητα τους με το να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα οικονομικά.

- Η **TEAP (ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ)** εξειδικεύεται κυρίως σε εφαρμογές των PCM σε ηλιακά πάνελ, σε κλιματιστικά (air condition) αλλά και στην παραγωγή PCM σε μακροκάψουλες.

- Η **CRISTOPIA Energy Systems (ΓΑΛΛΙΑ)** παράγει σφαίρες (μπάλες) από μίγμα πολυολεφινών και PCM. Οι σφαίρες αυτές εξαιτίας του προαναφερθέντος μίγματος της δομής τους, έχουν την ιδιότητα, να επιτρέπουν την αποθήκευση θερμικής ενέργειας σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, που κινείται από τους -33°C έως και τους 27°C .

- Η **Mitsubishi Chemical (ΙΑΠΩΝΙΑ)**

- Η **SGL** παράγει προϊόντα κάνοντας χρήση γραφίτη στις κατασκευές της. Η χρήση του γραφίτη επιτυγχάνει την βελτίωση της θερμικής αγωγιμότητας των PCM εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την σταθερότητα τους, τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες όσο και σε διαβρωτικά περιβάλλοντα. Για να σχηματισθεί το σύνθετο υλικό γραφίτη-PCM χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

- I. Με μήτρες PCM-γραφίτη

- II. Με κράμα PCM-γραφίτη

- Οι εφαρμογές, με τις οποίες κυρίως ασχολείται η SGL είναι η παραγωγή PCM για ηλιακά πάνελ, κλιματιστικά αλλά και PCM σε απλή μορφή σκόνης γραφίτης

1.7 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ PCM

Η χρήση των Υλικών Αλλαγής Φάσης (ΥΑΦ ή PCM) για την αποθήκευση θερμότητας είναι γνωστή και εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια. Η χρήση του πάγου για τη διατήρηση των τροφίμων είναι σχεδόν αρχαία. Η χρήση λοιπόν του πάγου σαν ΥΑΦ ήταν η πρώτη χρήση τέτοιων συστημάτων. Τα ιγκλού (σπίτια από πάγο) κατασκευάζονταν χρησιμοποιώντας μεγάλα κομμάτια πάγου από την παγωμένη επιφάνεια ποταμών, τα οποία μετά αποθηκεύονταν σε πριονίδι για μετέπειτα χρήση κατά την περίοδο της Άνοιξης.

Η βιομηχανία τροφίμων εκτός από τον πάγο χρησιμοποίησε, σε μεταγενέστερη φάση και άλλες μεθόδους για τη διατήρηση των τροφίμων σε επιθυμητή θερμοκρασία. Για παράδειγμα, κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση τροφίμων, χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά δοχεία μεγάλου πλάτους και μικρού αντίστοιχα πάχους, γεμάτα με στερεοποιημένα μίγματα αλάτων, τα οποία άλλαζαν φάση κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση του τροφίμου, απορροφώντας θερμότητα και διατηρώντας το εσωτερικό στην επιθυμητή θερμοκρασία. Τα άλατα χρησιμοποιήθηκαν και στη βιομηχανία φαρμάκων, σε πλαστικά δοχεία, ώστε να διατηρούν τα θερμοκρασιακά επίπεδα χημικών και φαρμάκων, κατά τη μεταφορά ή την αποθήκευσή τους.

Το βασικό ΥΑΦ, που χρησιμοποιήθηκε σε τέτοιες εφαρμογές, ήταν κάποιο μίγμα ανόργανων αλάτων, όπως Θεϊκό Νάτριο, Θεϊκό Μαγνήσιο, Θεϊκό Κάλιο, Θεϊκό Αμμώνιο, Θεϊκό Ασβέστιο και κάποια χλωρίδια του Μαγνησίου. Από τη στιγμή που η επιστημονική κοινότητα κατάλαβε τις προοπτικές των ΥΑΦ, ξεκίνησε να διεξάγει μελέτες και πειράματα για την εύρεση και ανάπτυξη όλο και καλύτερων ΥΑΦ, με διάφορα σημεία τήξης και υψηλές θερμοότητες υγροποίησης. Σε πρώτη φάση το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στους μεμονωμένους χρήστες των συστημάτων αυτών και όχι σε τεχνολογικώς ανεπτυγμένα θερμικά συστήματα.

Μερικά δείγματα δουλειάς, ήταν κάποια συστήματα, τα οποία προορίζονταν για εστιατόρες και ξενοδόχους και ήταν σχεδιασμένα να διατηρούν τα ζεστά πιάτα σε ικανοποιητική θερμοκρασία όση ώρα διαρκούσε το σερβίρισμα. Άλλες εφαρμογές ήταν προϊόντα για τη διατήρηση ζεστών ροφημάτων, αν και η εφεύρεση του "Θερμός" ήταν πολύ αποτελεσματική, μη επιτρέποντας στο συγκεκριμένο προϊόν να τύχει μεγάλης απήχησης. Επίσης

αναπτύχθηκαν και διάφορα προϊόντα σε ρούχα διαβίωσης, για την αντιμετώπιση ακραίων καιρικών.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 αναπτύχθηκε και διατέθηκε στην αγορά ένα φαρμακευτικό προϊόν, μία θερμαντική ζώνη που προοριζόταν για θεραπευτικούς σκοπούς. Το προϊόν βασιζόταν στη θερμική συμπεριφορά του Βορικού Θείου.

Το πρώτο προϊόν το οποίο αναπτύχθηκε για θεραπευτικό σκοπό ήταν μία συσκευασία παροχής ψύξης, η οποία ονομαζόταν γενικά "cool pack" και αναπτύχθηκε από αθλίατρους σε συνεργασία με νοσοκομειακές μονάδες και η κύρια χρήση του ήταν να περιορίζει το μωλώπισμα σε περίπτωση τραυματισμού. Το προϊόν αποτελούνταν από μία σακούλα που λειτουργούσε σαν εξωτερική συσκευασία, η οποία στο εσωτερικό της ήταν χωρισμένη σε δύο τμήματα. Το ένα και μεγαλύτερο σε μέγεθος περιέχει το υλικό αλλαγής φάσης, το οποίο είχε σταθεροποιηθεί σε υπέρψυκτη κατάσταση. Το άλλο τμήμα περιείχε έναν παράγοντα πυρηνοποίησης, δηλαδή κάποιου είδους πηκτικό. Το προϊόν λειτουργούσε, όταν με μια απότομη κίνηση καταστρεφόταν το διαχωριστικό εντός της συσκευασίας και επέτρεπε την ανάμιξη των δύο υλικών, με αποτέλεσμα το ΥΑΦ να σταθεροποιείται, απελευθερώνοντας την αποθηκευμένη θερμότητα.

Κατ' αντιστοιχία με αυτό αναπτύχθηκαν και άλλα πακέτα με υλικά υψηλότερου σημείου τήξης για παραγωγή υψηλότερης θερμοκρασίας για ιατρικές εφαρμογές, κατά τις οποίες ζητούμενο ήταν να θερμανθεί η πληγείσα περιοχή. Τα προϊόντα αυτά έγιναν γνωστά, ως "hot packs" και βρήκαν εφαρμογή και σε στρατιωτικά πακέτα εξοπλισμού επιβίωσης, όπως και σε ειδικά ενδύματα για συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας. Η εξέλιξη των προϊόντων αυτών ήταν φυσική εξέλιξη λόγω της συνεχούς της τεχνολογικής προόδου και οδήγησαν στην διάθεση, τελικά και άλλων τέτοιων προϊόντων επιβίωσης, στην αγορά. Τα προϊόντα αυτά χρησιμοποιούσαν υλικά ΥΑΦ, διαφοροποιούμενα μόνο, ως προς την μεγάλη ποικιλία σημείων τήξης, που αυτά παρουσίαζαν

Στις ΗΠΑ η NASA αναγνώρισε τις προοπτικές που δίνονται από την αποθηκευτική ικανότητα των ΥΑΦ, όπως επίσης και στην ικανότητά τους να ελαττώνουν τα θερμικά φορτία, για αυτό και περιέλαβε τα ΥΑΦ και διάφορες εφαρμογές τους στο διαστημικό της πρόγραμμα. Αυτό που ενδιέφερε περισσότερο από όλα τους επιστήμονες της NASA, ήταν η δυνατότητα διατήρησης σταθερών θερμοκρασιακών συνθηκών. Οι πρώτες εφαρμογές των

ΥΑΦ ήταν στην αποστολή Apollo 15, όπου χρησιμοποιήθηκαν σε επένδυση χώρου για να απορροφούν την επιπλέον θερμότητα που εκλυόταν από τα ηλεκτρονικά συστήματα, ώστε να μειώνεται η χρήση των κλιματιστικών συσκευών για το ίδιο έργο. Επίσης στην ίδια αποστολή χρησιμοποιήθηκαν ΥΑΦ σε κύκλωμα ηλιακών συλλεκτών που ήταν εγκατεστημένο στη διαστημάκατο.

Αν και είχε υπάρξει μεγάλη πρόοδος στη μελέτη και εφαρμογή των ΥΑΦ είχαν γίνει ελάχιστα βήματα για τη χρήση τους σε σπίτια και στην ουσιαστική συμβολή τους στη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Οι πρώτες προσπάθειες έγιναν μόλις τη δεκαετία του 1920, ενώ κάποιες πειραματικές κατασκευές σπιτιών για πειράματα μεγάλης κλίμακας παρατηρήθηκαν από το 1940 έως το 1970. Παρ' ότι τα συστήματα αυτά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν επιτυχημένα, δεν υπήρξε περαιτέρω εξέλιξη ή μελέτη, καθώς δεν έτυχαν σημαντικής χρηματοδότησης, λόγω κυρίως έλλειψης πίστης στην επιτυχία του όλου εγχειρήματος.

Η πρώτη που αποφάσισε να ασχοληθεί με την εφαρμογή των ΥΑΦ σε κτίρια ήταν η Δρ. Maria Telkes. Ήδη από τη δεκαετία του 1930 Δρ. Telkes ερεύνησε τη χρήση ΥΑΦ για την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας και τη θέρμανση χώρου. Η Δρ. Maria Telkes κατασκευάστηκε το 1948, το πρώτο μεγάλης κλίμακας πείραμά της, στην περιοχή Dover Mass, στη Βοστώνη των ΗΠΑ. Η περιοχή επελέγη από την Telkes για τα ετήσια επίπεδα ηλιοφάνειας, που για την περιοχή ήταν πάνω από τις μέσες τιμές, πράγμα που εξασφάλιζε τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του ηλιακού συστήματος. Στην επιλεγείσα περιοχή κατασκευάστηκε ένα σπίτι ενός ορόφου, πέντε δωματίων εκ των οποίων δύο τα ήταν υπνοδωμάτια. Η συνολική επιφάνεια του σπιτιού ήταν 135 m². Η ηλιακή ακτινοβολία παρείχε θερμότητα στο σπίτι μέσω 28 ηλιακών συλλεκτών και η θερμότητα αυτή μετά μέσω ανεμιστήρων οδηγείτο σε τρία δοχεία αποθήκευσης θερμότητας. Τα δοχεία χρησιμοποιούσαν σαν ΥΑΦ το άλας του Glauber. Συνολικά τα δοχεία αποθήκευσης θερμότητας περιείχαν 21 τόνους ΥΑΦ, συνολικής αποθηκευτικής ικανότητας 11MJ και σημείου τήξης 32 βαθμών Κελσίου.

Το εγχείρημα της Δρ. Maria Telkes με βάση τα οικονομικά δεδομένα της εποχής του, ήταν μία ακριβή κατασκευή, καθώς κόστισε 20,000 δολάρια, από αυτά τα 3000 δολάρια αφορούσαν το θερμαντικό σύστημα (συνολικό ποσοστό κόστους 15%). Τα πρώτα δύο έτη λειτουργίας του, το σύστημα θέρμανσης

αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικό ακόμα και σε περιόδους με επτά ημέρες συνεχόμενης συννεφιάς. Το θερμαντικό σύστημα λειτούργησε με επιτυχία παρέχοντας ένα άνετο περιβάλλον γύρω στους 21 βαθμούς Κελσίου, χωρίς να χρειαστεί οποιοδήποτε βοηθητικό σύστημα θέρμανσης. Κατά τον τρίτο χρόνο λειτουργίας, όμως το θερμαντικό σύστημα άρχισε να εμφανίζει σοβαρά προβλήματα, καθώς το άλας του Glauber είχε διαχωριστεί σε διάλυμα και σε άνυδρο άλας (Na_2SO_4), χάνοντας έτσι την αποθηκευτική του ιδιότητα. Παρατηρήθηκε επίσης κατά το τρίτο έτος λειτουργίας, ότι τα δοχεία αποθήκευσης άρχισαν να διαβρώνονται, με αποτέλεσμα να αυξάνονται δραματικά οι απώλειες του συστήματος.

Το εγχείρημα της Δρ. Maria Telkes βρήκε μιμητή και ερευνητικό συνεχιστή τον Lawrence Gardshire, ο οποίος το 1953 κατασκεύασε ένα ηλιακό σπίτι με ΥΑΦ στη περιοχή του New Mexico. Το κτίριο ήταν διώροφο και κάθε όροφος είχε επιφάνεια 102 m². Ο Gardshire, όπως και η Telkes χρησιμοποίησε «δοχεία» αποθήκευσης με ΥΑΦ χωρητικότητας 1.9 m³, τα ποία δεν τα εγκατέστησε ανάμεσα στα δωμάτια, όπως η Telkes, αλλά τα εγκατέστησε στη στέγη δίπλα στους ηλιακούς συλλέκτες. Επίσης ο Gardshire προχώρησε σε μία καινοτομία, πρόσθεσε διφθορικό νάτριο στο άλας του Glauber, ώστε το διφθορικό νάτριο να λειτουργήσει ως πηκτικό παράγοντα και να βοηθά στην στερεοποίηση του αλάτος και να αποτρέπει, κατά το μέγιστο δυνατό βαθμό τον διαχωρισμό.

Όμως και η κατασκευή του Gardshire αντιμετώπισε τα ίδια προβλήματα με την κατασκευή της Telkes, αν και αυτά παρουσιάστηκαν σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου λόγω αύξησης του χρόνου ζωής του ΥΑΦ, ως συνέπεια της προσθήκης του πηκτικού παράγοντα.

Τους Telkes και Gardshire ακολούθησαν οι J.Hodgins και T.Hoffman, οι οποίοι και κατέβαλλαν την επόμενη προσπάθεια για την κατασκευή ενός ηλιακού σπιτιού με ΥΑΦ. Το εγχείρημα τους το ξεκίνησαν το 1959 στον Καναδά. Το κτίριο ήταν δύο ορόφων, επιφάνειας 111m². Το σχεδιασμό της αποθήκευσης ενέργειας τον είχε αναλάβει η M.Telkes λόγω της προηγούμενης εμπειρίας της. Και σε αυτή τη περίπτωση η Telkes χρησιμοποίησε, ως υλικό αλλαγής φάσης το άλας του Glauber (ένυδρο άλας, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, σημείο τήξης τους 32 βαθμούς Κελσίου). Για να ξεπεραστούν τα προηγούμενα προβλήματα, που είχαν παρουσιαστεί κατά το εγχείρημα της Telkes, αυτή τη φορά στο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας εκτός από 12 τόνους ΥΑΦ που περιελάμβανε, πρόσθεσαν

για τον εμπλουτισμό πυριτικό άλας νατρίου και χρώμιο, καθώς το χρώμιο έχει την ιδιότητα να εμποδίζει τη διάβρωση. Τα ΥΑΦ ήταν ενσωματωμένα σε κυλινδρικά δοχεία χάλυβα, διαμέτρου 0.1 m και ύψους 0.6 m, τα οποία ήταν τοποθετημένα κάθετα στους τοίχους. Παρόλο που τα τελικά αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, οι J.Hodgins και T.Hoffman δεν συνέχισαν την προσπάθεια τους.

Το πρώτο μεγάλο ερευνητικό πρόγραμμα, που αφορούσε τα ΥΑΦ, έγινε στο πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια το 1971. Σε αυτό συμμετείχαν οι S.Freedman, M.Telkes, M.Altman. Ο ερευνητικός σκοπός, του προγράμματος ήταν να ανακαλυφθεί αριθμός ΥΑΦ κατάλληλων για ψυκτικές και θερμαντικές εφαρμογές, με ενδεδειγμένη ανάλυση παράπλευρων παραγόντων, όπως τα διάφορα κόστη (κτήσης, εγκατάστασης, συντήρησης), οικονομική ανάλυση επένδυσης και αποθηκευτική ικανότητα υλικού.

Η έρευνα βασίστηκε στις βασικές ομάδες ΥΑΦ:

- Ένυδρα άλατα
- Οργανικά ΥΑΦ
- Ανόργανα ΥΑΦ
- Εύτηκτα μίγματα (οργανικά/ανόργανα)

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το $K_2HPO_4 \cdot 6H_2O$ (ανόργανο ΥΑΦ) και ορισμένα μίγματα παραφίνης (οργανικό ΥΑΦ) είναι κατάλληλα για εφαρμογές κλιματισμού, ενώ για θέρμανση χώρου τα πιο ελπιδοφόρα ΥΑΦ είναι τα: $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ και $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$.

Η δεκαετία του 1970 ήταν ορόσημο για τα ΥΑΦ και γενικότερα για τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Συγκεκριμένα το 1973 με τον αραβικό αποκλεισμό πετρελαίου εμφανίστηκε η πρώτη πετρελαϊκή κρίση. Η κρίση αυτή ώθησε τις κυβερνήσεις διάφορων χωρών να αναζητήσουν τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας. Τα πεδία το οποίο προσέλκυσαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον ήταν οι τομείς της ηλιακής ενέργειας και της αποδοτικής αποθήκευσης θερμότητας.

Από το σημείο αυτό και μετά οι μέθοδοι αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας έγιναν σημαντικό κομμάτι του προγράμματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άρχισαν να επενδύονται σημαντικά κονδύλια στην έρευνα και ανάπτυξη των συστημάτων αυτών. Από το 1973 και μετά ξεκινά η κυβερνητική χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων πάνω στα ΥΑΦ σε χώρες όπως οι Η.Π.Α., η Αγγλία, η Γερμανία και η Γαλλία.

Ειδικότερα στο γαλλικό πανεπιστήμιο της Lleida κατασκευάστηκαν πειραματικοί οικισμοί από οπλισμένο σκυρόδεμα που περιείχε 5% υλικό ΥΑΦ. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η προσθήκη του ΥΑΦ στη δομή του κτηρίου μπορεί να μειώσει τη μέγιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό του και βελτιώνει τη θερμική του αδράνεια. Ωστόσο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί με βέλτιστο τρόπο το ΥΑΦ απαιτείται η προσθήκη ενός “trombe wall” (τοίχος μάζας θερμοσιφωνικής ροής) κατά τη διάρκεια του χειμώνα καθώς και προσεκτική πολιτική αερισμού. Η πολιτική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τους μήνες του Ιουλίου και Αυγούστου.

Η ανάπτυξη ενός νέου τοίχου που περιέχει ΥΑΦ και Vacuum Isolation Panel (VIP) έγινε στο Επιστημονικό κέντρο Τεχνολογίας Δόμησης (CSTB) της Γαλλίας. Προσομοιώθηκε με τη βοήθεια του TRNSYS η συμπεριφορά ενός μικρού οικίσκου όπου είχε προστεθεί ο νέος τοίχος. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης επιβεβαιώθηκαν από τις πειραματικές μετρήσεις και έδειξαν σημαντική βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του οικίσκου.

Η αποτελεσματικότητα της προσθήκης γυψοσανίδας με ΥΑΦ για τη μείωση των θερμοκρασιακών διαφορών αποδείχθηκε πειραματικά. Η προσθήκη υλικού ΥΑΦ στη δομή του κτηρίου δεν μπορεί ωστόσο να είναι απεριόριστη. Προκειμένου να επιτύχουμε αποδεκτή θερμική απόκριση θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι το ΥΑΦ θα μπορεί να ολοκληρώσει ένα θερμικό κύκλο στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Αποδείχθηκε ότι το μέγιστο όριο θερμικής χωρητικότητας κυμαίνεται μεταξύ 300-400 kJ/m². Το όριο αυτό εξαρτάται άμεσα από την θερμική αγωγιμότητα του ΥΑΦ και ισχύει για φυσική ροή αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου.

Προκειμένου να βελτιωθεί η συμβολή του ΥΑΦ στη θέρμανση του χώρου εξετάστηκε η προσθήκη του ως τοίχος Trombe με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η αρχή λειτουργία ενός τοίχου μάζας φαίνεται στην εικόνα 2.5. Ένα κομμάτι γυαλιού τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια ενός τοίχου με μεγάλη θερμική μάζα (Μπετόν, τούβλο κτλ) με ένα μικρό διάστημα αέρα να διαχωρίζει τα δύο υλικά. Η επιφάνεια του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα (μαύρο) προκειμένου να απορροφά ηλιακή ακτινοβολία η οποία αποθηκεύεται και διοχετεύεται μέσα από τον τοίχο στη διάρκεια της μέρας. Το βράδυ, καθώς η θερμοκρασία του κτηρίου πέφτει θερμότητα εκπέμπεται από τον τοίχο στο εσωτερικό του κτηρίου για αρκετές ώρες. Μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη

ΥΑΦ στις κατασκευές αυτές μπορεί να μειώσει δραστικά την ποσότητα υλικού που απαιτείται και συνεπώς και το κόστος κάνοντας δυνατή τη χρήση της τεχνικής αυτής ακόμα και σε ανακαινίσεις κτηρίων. Για παράδειγμα, 8.1cm τοίχου με ΥΑΦ αποδείχθηκε ισοδύναμος με 40 cm συμβατικού τοίχου.

Η χρήση του ΥΑΦ για ψύξη του χώρου μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση νυχτερινού αερισμού. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική, που είναι γνωστή ως ελεύθερη ψύξη (free-cooling), ψυχρός αέρας συλλέγεται και αποθηκεύεται από το περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύχτας και απελευθερώνεται στο εσωτερικό του κτηρίου κατά τη διάρκεια των θερμών ωρών της ημέρας. Η προσθήκη του ΥΑΦ μπορεί να γίνει είτε στη δομή του κτηρίου είτε σε αεραγωγούς όπου υπάρχει ροή αέρα με μηχανικό τρόπο (ανεμιστήρες). Η τεχνική αυτή είναι αποτελεσματική σε ήπια κλίματα (όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω των 18oC τη νύχτα) οδηγώντας σε μείωση της μέγιστης εγκατεστημένης ισχύος έως και 28%. Έχει αποδειχθεί όμως αναποτελεσματική σε ιδιαίτερα θερμά κλίματα λόγω του γεγονότος ότι στα κλίματα αυτά η θερμοκρασία δεν πέφτει σε επίπεδα που να επιτρέπουν την αποφόρτιση του ΥΑΦ και άλλη μέθοδος θα πρέπει να εφαρμοστεί όπως η παροχή κρύου νερού μέσα από το ΥΑΦ. Αποτέλεσμα της ανάγκης για εύρεση ΥΑΦ, στα τέλη της δεκαετίας του 1970, οι κυβερνητικοί επιστημονικοί οργανισμοί των ΗΠΑ να διεξάγουν πειράματα ελέγχοντας 20,000 διαφορετικά υλικά ως προς τις προοπτικές που έδιναν για χρήση ως ΥΑΦ. Μόλις το 1% θεωρήθηκε υποψήφιο υλικό και συγκεκριμένα κάποια ένυδρα άλατα με την ιδιότητα της ομογενούς τήξης και συγκεκριμένες κατηγορίες οργανικών υλικών. Η μετέπειτα ερευνητική δραστηριότητα παγκοσμίως απέδειξε ότι όντως αυτά τα υλικά είναι τα πλέον κατάλληλα για τέτοιου είδους εφαρμογές.

Στα πλαίσια αυτής της πρωτόγνωρης επιστημονικής κοσμογονίας στον τομέα τον ΥΑΦ, η M.Telkes συνέχισε τις έρευνές τις πάνω στα ΥΑΦ και συγκεκριμένα γύρω από το άλας του Glauber και τους τρόπους επιμήκυνσης του χρόνου ζωής του υλικού. Ένα από τα προβλήματα που εμφάνιζε το υλικό ήταν η ιδιότητά του να διαχωρίζει το άνυδρο θειικό νάτριο, κάτι το οποίο ελάττωνε τη θερμική αποθηκευτική ικανότητα του υλικού, ύστερα από κάποιο αριθμό κύκλων. Σε δοκιμές που διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας διάφορους πηκτικούς παράγοντες για τη βοήθεια της τήξης του ΥΑΦ, παρατηρήθηκε ότι η διάρκεια ζωής του υλικού όντως αυξήθηκε εντυπωσιακά, παρέμεινε όμως η ελάττωση της

αποθηκευτικής ικανότητας ύστερα από κάποιους (περίπου 1000) κύκλους φόρτισης.

Ο S.Marks με τη σειρά του διεξήγαγε σειρές πειραμάτων στο ίδιο αντικείμενο. Ο S.Marks χρησιμοποιώντας ένα είδος πηλού για πηκτικό παράγοντα, είχε τα ίδια αποτελέσματα με την Telkes, επιτυγχάνοντας αύξηση της διάρκειας ζωής του ΥΑΦ, αλλά παρατηρούνταν ταυτόχρονα και ελάττωση των θερμικών ιδιοτήτων του υλικού. Πειράματά του με άλλους πηκτικούς παράγοντες, όπως με ένα πολυμερές του πολυκαρβοξυλικού οξέος, οδήγησαν στην αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας, αλλά επίσης σε ελάττωση του χρόνου ζωής.

Ο P.Rueffel χρησιμοποίησε στην δική του ερευνητική προσπάθεια, ένα πλέγμα τύρφης, το οποίο ενσωμάτωσε στο ΥΑΦ. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να είναι τόσο συμβατά τα δύο υλικά που το πλέγμα τύρφης τελικά έδρασε σαν ένας άριστος πηκτικός παράγοντας. Περαιτέρω ανάλυση αυτής της ιδέας έδωσε στο μίγμα ΥΑΓ και τυπικού τσιμέντου, το οποίο μίγμα υστερά από 2000 κύκλους δεν εμφάνιζε ελάττωση στις θερμικές ιδιότητές του. Το σύστημα αυτό αποδείχθηκε χημικώς σταθερό και έχει σπουδαίες προοπτικές όσον αφορά στον τομέα της τοιχοποιίας.

Μόλις η επιστημονική κοινότητα αντιλήφθηκε, ότι η αποθηκευτική ικανότητα των παραφινειδών κυμαίνεται σε αρκετά καλά επίπεδα, άρχισε να εξετάζει τις προοπτικές να αποτελέσει η παραφίνη υποψήφιο ΥΑΦ, λόγω του χαμηλού της κόστους σε σχέση με τα υπόλοιπα ΥΑΦ. Ο J.Bailey επικεντρώθηκε στη μελέτη θερμοσυσσωρευτών με πλέγμα αλουμινίου σε σχήμα κερήθρας στο εσωτερικό με τη χρήση εικοσανίου με σημείο τήξης τους 32 βαθμούς Κελσίου. Το 1974 ο T.Galloway πειραματίστηκε πάνω σε κεριά παραφίνης χρησιμοποιώντας τα σε τρεις διαφορετικές μορφές: χύμα ΥΑΦ σε δεξαμενή με πλαστικό πτερύγια συναλλαγής θερμότητας, ατσάλινα δοχεία γεμάτα με ΥΑΦ σε δεξαμενή με νερό και τρίτο μεγάλοι δίσκοι με ΥΑΦ επίσης σε δεξαμενή νερού.

Όπως προαναφέρθηκε και σε άλλες χώρες πέρα των Η.Π.Α υπήρξε επικέντρωση της επιστημονικής έρευνας στα ΥΑΦ. Ενώ τα ερευνητικά εργαστήρια των ΗΠΑ είχαν επικεντρωθεί στην έρευνα των ανόργανων ΥΑΦ, τα μεγαλύτερα ευρωπαϊκά ερευνητικά κέντρα ερεύνησαν τις προοπτικές των οργανικών ΥΑΦ για τις μελέτες τους.

Τα συμπεράσματα, που προέκυψαν από αυτές τις μελέτες ήταν Ιδιαίτερώς σημαντικά. Οι πλέον δραστήριες χώρες στην ερευνητική αυτή δραστηριότητα ήταν η πρώην Δυτική Γερμανία, η πρώην ΕΣΣΔ, η Μεγάλη Βρετανία, η Σουηδία, η Δανία, η Γαλλία και η Ιταλία. Πέραν από την Ευρώπη πολύ σημαντική ερευνητική πρόοδο έκαναν και οι παραδοσιακά πρωτοπόροι σε επιστημονικά θέματα Ιάπωνες.

Η ερευνητική δραστηριότητα στη Γερμανία απέφερε καρπούς, καθώς οι επιστήμονες συνέταξαν αναλυτικά γραφήματα και πίνακες φυσικών και θερμικών ιδιοτήτων των ΥΑΦ, καθώς και πληροφορίες για ΥΑΦ για τους τομείς της κατασκευής και της μόνωσης. Τα κύρια υλικά που εξετάστηκαν ήταν οι παραφίνες, τα ένυδρα άλατα και κάποια εύτηκτα μείγματα για εφαρμογές κάτω των 100 βαθμών Κελσίου. Οι δοκιμές περιελάμβαναν τη χρήση των υλικών σε σωλήνες με πτερύγια.

Μεγάλη επίσης έρευνα εξέτασε τη διαφορετική θερμική συμπεριφορά των ΥΑΦ σε ηλιακό σπίτι, το οποίο θερμαίνονταν από μια αντλία θερμότητας με αποθηκευτικό μέσο το νερό. Οι ερευνητές αντικατέστησαν το νερό πρώτα με πάγο και μετά με παραφίνη (σημείο τήξης 18 με 25 βαθμούς Κελσίου), για τρία έτη. Αποδείχθηκε ότι η παραφίνη έχει την καλύτερη συμπεριφορά σε συνδυασμό με το γεγονός, ότι αυξάνει το συντελεστή συμπεριφοράς της αντλίας θερμότητας από 2,6 σε 3,3. Επίσης διαπιστώθηκε ότι η παραφίνη χρειάζεται το μισό όγκο από αυτόν του νερού γεγονός που δίνει μικρότερο κόστος εγκατάστασης.

Η Γαλλία, όπως προαναφέρθηκε ήταν μία από τις χώρες που έδειξαν γρήγορα μεγάλο ενδιαφέρον για τις θερμικές προοπτικές των ΥΑΦ και κατασκεύασαν για ερευνητικούς σκοπούς αρκετά κτίρια με ΥΑΦ. Συγκεκριμένα το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην εισαγωγή των ΥΑΦ και κυρίως των παραφινών στην τοιχοποιία.

Η Μεγάλη Βρετανία είναι μία από τις χώρες, όπως και η Γερμανία και η Σουηδία, οι οποίες εκτός από την έντονη ερευνητική δραστηριότητα που ανέπτυξαν στα ΥΑΦ, είναι και παραγωγοί υλικών ΥΑΦ με συνεχώς αναπτυσσόμενη βιομηχανία. Από τις σημαντικότερες ερευνητικές προσπάθειες, που υπήρξαν στην Μεγάλη Βρετανία, αξίζει να αναφερθούν αυτές των A.Bromley, E.McKay και J.Wilkins, οι οποίοι ίδρυσαν έναν ερευνητικό οργανισμό και ασχολήθηκαν διεξοδικά με τη μελέτη της λανθάνουσας

αποθήκευσης θερμότητας σε θερμικές εφαρμογές και ιδιαίτερα στα συστήματα αποθήκευσης πάγου.

Η Ιαπωνία κατέχει επίσης σημαντικό ρόλο στην έρευνα και ανάπτυξη του τομέα των ΥΑΦ, με σειρά ετών ερευνητικής δραστηριότητας και σημαντική κρατική βοήθεια. Η συνισταμένη της έρευνας των Ιαπώνων επιστημόνων είναι η χρήση ΥΑΦ σε συστήματα θέρμανσης και στο παρελθόν έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα χρησιμοποιώντας υλικά όπως ένυδρα άλατα νιτρίδιων, άλατα φθορίου, φωσφορικά άλατα και θειικό ασβέστιο, τα οποία πέρασαν μετέπειτα επιτυχώς στο εμπόριο.

Η ερευνητική δραστηριότητα μέχρι τη δεκαετία του 1970 περιοριζόταν στις εφαρμογές θέρμανσης, ενώ οι προοπτικές σε εφαρμογές ψύξης αναγνωρίστηκαν αργότερα. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 έγιναν εκτεταμένες πειραματικές έρευνες γύρω από την ενσωμάτωση του άλατος του Glauber σε γύψο και σε άλλα δομικά υλικά

1.8 Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ PCM

Σημερινή αγορά ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον κατασκευαστικό κλάδο παρουσιάζουν τα Υλικά Αλλαγής Φάσης (PCM -Phase Change Materials), χάρη στην ικανότητα τους να μπορούν να αποθηκεύουν σε μικρή επιφάνεια επαρκείς ποσότητες θερμότητας. Η λανθάνουσα θερμότητα, που αποδίδουν κατά την αλλαγή φάσης τους ανοίγει νέους δρόμους για την ενεργειακή εξοικονόμηση στον κτιριακό τομέα. Πριν 20 χρόνια, όλα αυτά θεωρούνταν εντελώς πειραματικά και σήμερα ενσωματώνονται ακόμη και σε γυψοσανίδες.

Έτσι λοιπόν η αποθήκευση ενέργειας, η προστασία του περιβάλλοντος, και το ευρύ φάσμα των εφαρμογών τους είναι ο βασικός οδηγός αύξησης των PCM στην παγκόσμια αγορά. Τα κτήρια και η οικοδόμηση αποτελούν τη μεγαλύτερη αγορά PCM και ακολουθούν τα HVAC. Συμφωνά με οικονομικές πηγές η παγκόσμια αγορά των PCM το 2008 υπολογιζόταν γύρω στα 82,9 εκατ. δολάρια, το 2013 έχει φτάσει σε επίπεδα της τάξης των \$460 εκατομμύρια και αναμένετε μέχρι το 2018 να αγγίξει τα \$1.2 δις, σε ένα σύνθετο ετήσιο ποσοστό αύξησης (CAGR) 20.1% για την περίοδο 2013-2018.

Η επενδυτική αξία που δείχνουν οι μεγάλες εταιρίες στα PCM οφείλεται στην βεβαιότητα τους, ότι τα PCM θα κυριαρχήσουν στις αγορές στο άμεσο μέλλον. Υπολογίζεται, ότι κεφάλαια ύψους 4 δις δολαρίων επενδύονται κάθε χρόνο παγκοσμίως στην έρευνα και την ανάπτυξη προϊόντων νανοτεχνολογίας. Επιπλέον θεωρείται, πως η μείωση της τιμής του PCM, για τα νέα υλικά θα δημιουργήσει τις νέες ευκαιρίες και θα οδηγήσει την αγορά στο μέλλον.

Παραδοσιακά, το ανόργανο PCM είχε αυξημένες εφαρμογές με συνέπεια την μεγάλη κατανάλωση του. Αργότερα, τα οργανικά Υλικά Αλλαγής Φάσης με τα υψηλότερα σημεία τήξης, την αποδοτικότητα και τη δυνατότητα χρήσης τους με μικροκάψουλες απέκτησαν διαδεδομένη χρήση σε διάφορες εφαρμογές. Η ανάπτυξη του βίο-βασισμένου PCM (που προέρχεται από φυτική ή και ζωική βάση) έχει το πλεονέκτημα της πυροπροστασίας και της υψηλής βιοδιασπασιμότητας σε σχέση με τα ανόργανα. Η αύξηση της κατανάλωσης των οργανικών Υλικών Αλλαγής Φάσης παρατηρείται ιδίως στην Ευρώπη, όπου και οι περισσότερες από τις επιχειρήσεις, που τα παράγουν έχουν την έδρα τους. Η

Βόρεια Αμερική είναι μια άλλη αγορά, όπου σημαντικός αριθμός επιχειρήσεων παραγωγής οργανικών Υλικών Αλλαγής Φάσης έχουν την έδρα τους.

Οι αυξανόμενες εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης, το υψηλό κόστος της ενέργειας αλλά και οι κανονισμοί που επιβάλλονται από τις κυβερνήσεις παγκοσμίως, προσέλκυσαν τις επιχειρήσεις να ασχοληθούν με τον κλάδο των Υλικών Αλλαγής Φάσης. Η Ευρώπη αναμένεται να παραμείνει η μεγαλύτερη αγορά από άποψη παραγόμενης ποσότητας και τζίρου τουλάχιστον μέχρι το 2018.

Η αγορά Υλικών Αλλαγής Φάσης είναι χωρισμένη σε πολλές υποκατηγορίες λόγω του πλήθους των διαφορετικών PCM. Οι περισσότερες από τις επιχειρήσεις στην αγορά PCM έχουν συγκεκριμένο είδος προϊόντων που παράγουν και αναλόγως στοχεύουν σε συγκεκριμένο εύρος εφαρμογών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΣΚΕΛΟΥΣ

2.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Το ερευνητικό σκέλος της εργασίας πραγματοποιήθηκε με την αξιοποίηση του λογισμικού 4M Fine Adapt (θερμικές απώλειες, μονοσωλήνιο) της εταιρίας 4M. Τα στοιχεία του κτηρίου, που επιλέχθηκε για τις παραπάνω μελέτες(θερμικών απωλειών και μονοσωληνίου) ήταν τα ακόλουθα: Το κτήριο είναι άριστα μονωμένη διώροφη κατοικία, συνολικού εμβαδού 194,52 τετραγωνικά μέτρα. Στον πρώτο όροφο ορίστηκε πως υφίστανται ο χώρος του καθιστικού, της τραπεζαρίας, της κουζίνας, ενός εκ των υπνοδωματίων και ένα μπάνιο, στον δεύτερο όροφο ορίστηκε πως υφίστανται τρία υπνοδωμάτια και ένα μπάνιο. Η διώροφη αυτή κατοικία ορίστηκε πως βρίσκεται στην Αθήνα, στην ΄Β Θερμική Ζώνη της Ελλάδας. Η διώροφη κατοικία θεωρήθηκε, πως είναι κατασκευασμένο με οπλισμένο σκυρόδεμα και διπλή δρομική τοιχοποιία με μόνωση και για την κάλυψη των θερμαντικών αναγκών της θα χρησιμοποιηθεί λέβητας-καυστήρας πετρελαίου.

Συνολικά με την χρήση του λογισμικού 4M Fine Adapt έγιναν τρεις διακριτές και αλληλοσυμπληρούμενες μελέτες. Με την πρώτη τεχνική μελέτη, περί των θερμικών απωλειών, διαπιστώθηκαν οι ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, για να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη θέρμανση της, με θερμοκρασία 20 βαθμών Κελσίου.

Με την δεύτερη τεχνική μελέτη, αυτή του μονοσωληνίου εξετάστηκε ποιος είναι ο αναγκαίος λέβητας-καυστήρας για την κάλυψη των θερμαντικών αναγκών της διώροφης κατοικίας, η αναγκαία δεξαμενή πετρελαίου, ορίστηκαν οι επιβεβλημένες προδιαγραφές του κυκλοφορητή, της καπνοδόχου, η κατανομή των αναγκών θερμαντικών σωμάτων ανά δωμάτιο, οι αναγκαίες σωληνώσεις και τέλος το μέγεθος του λεβητοστασίου, με βάση τις θερμικές ανάγκες, όπως αυτές προέκυψαν από την πρώτη τεχνική μελέτη.

Στην τρίτη και τελευταία τεχνική μελέτη προσδιορίστηκε ποιος είναι ο αναγκαίος λέβητας-καυστήρας για την κάλυψη των θερμαντικών αναγκών της διώροφης κατοικίας, η αναγκαία δεξαμενή πετρελαίου, ορίστηκαν οι επιβεβλημένες προδιαγραφές του κυκλοφορητή, της καπνοδόχου, η κατανομή των αναγκαίων θερμαντικών σωμάτων ανά δωμάτιο, οι αναγκαίες σωληνώσεις και τέλος το μέγεθος του λεβητοστασίου, με βάση τις θερμικές ανάγκες στην περίπτωση κατά την οποία οι ενεργειακές ανάγκες της διώροφης κατοικίας μειώνονται λόγω της χρήσης Υλικού Αλλαγής Φάσης, ως μείγματος επιχρίσματος των εσωτερικών χώρων της.

2.1.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ PCM

Το Υλικό Αλλαγής Φάσης, του οποίου τις τεχνικές προδιαγραφές αξιοποιήσαμε για την παρούσα εργασία, είναι το RT21 της γερμανικής εταιρείας RUBITHERM. Το RT21 έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Σημείο Τήξης 18-23 βαθμούς κελσίου
2. Σημείο Πήξης 22-19 βαθμούς κελσίου
3. Ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας $\pm 7,5\%$ 155 kJ / kg
4. Συνδυασμός της λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας σε ένα εύρος θερμοκρασίας από 13 ° C έως 2 ° C. 8 43 Wh / kg
5. Ειδική θερμοχωρητικότητα 2 kJ / kg · K
6. Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 40 ° C.

Η τρίτη τεχνική μελέτη βασίστηκε στην πρόβλεψη μείωσης κατά 24,9% των ενεργειακών αναγκών της διώροφης κατοικίας. Η συγκεκριμένη μείωση οφείλεται στην αποδοχή των δεδομένων, που προέκυψαν από το ερευνητικό-πειραματικό χαρακτήρα μεταπτυχιακό με τίτλο «Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων με χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης ενσωματωμένων στη δομή του κτηρίου» του Πολυτεχνείου Κρήτης του 2010. Από τα δεδομένα της μεταπτυχιακής εργασίας προέκυψε ο κάτωθι πίνακας:

<i>Πάχος Εφαρμοζόμενου ΥΑΦ (cm)</i>	<i>ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ</i>		<i>ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ</i>	
	<i>Μεταβολή Θερμικών φορτίων(% μείωση)</i>	<i>Μεταβολή Ψυκτικών φορτίων (% μείωση)</i>	<i>Σύστημα Θέρμανσης (% μείωση)</i>	<i>Σύστημα α Ψύξης (% μείωση)</i>
1.5	24.8	11.9	12.5	4
2	29.2	17.7	18	4.1
3	47.3	21.8	24.9	4.2
4	47.4	35.4	24.9	4.2
5	47.5	42.7	25.0	4.2
6.5	47.9	59.6	25.1	4.3
7.5	48.1	63.2	25.1	4.3

Οι συνταχθείσες τεχνικές μελέτες με την αξιοποίηση του λογισμικού 4M Fine Adapt (θερμικές απώλειες, μονοσωλήνιο) αναλυτικότερα επισυνάπτονται ως **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι** για την τεχνική μελέτη θερμικών απωλειών, **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ** για την τεχνική μελέτη μονοσωληνίου χωρίς την χρήση PCM και το **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ** για την τεχνική μελέτη μονοσωληνίου με την χρήση PCM.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
(ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ)

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών

Εργοδότης : ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
:
:
Έργο : ΜΕΖΟΝΕΤΑ
:
:
Θέση :
:
:
Ημερομηνία :
Μελετητές : Γ. ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΥΛΟΣ
: Δ. ΔΗΜΗΤΣΑΣ
:
Παρατηρήσεις :
:
:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 ΟΤΕΕ, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

-) Erläuterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag
-) Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,
-) Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag
-) Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος
-) Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό Θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Εξέχουσα το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α) Απώλειες θερμοπερατότητας Q_0 , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, οροφές, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_0 = k \cdot f \cdot (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \text{ σε } w \text{ (ή Kcal/h)}$$

όπου:

- α) Απώλειες θερμότητας
- β) Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2
- γ) Συντελεστής θερμοπερατότητας $W/m^2 K$ (ή $Kcal/m^2 K$)
- δ) Αντίσταση θερμοπερατότητας σε $m^2 K/W$
- ε) Θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$
- στ) Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$

Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

- α) προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού.
($Z_H = -5$ για Ν, ΝΔ, ΝΑ $Z_H = +5$ για Β, ΒΔ, ΒΑ και $Z_H = 0$ για Δ και Α)
- β) προσαύξηση $Z_U + Z_A = Z_D$ διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής Z_U). Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το $D = Q_0 / (F_{ges} \times \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

1) Z_D για DIN77

Τιμή D

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

2.2) Ο συντελεστής Z_D για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. αμπύλη Z_D για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

πομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$T = Q_0 (1 + Z_D + Z_H) = Q_0 \times Z$$

Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$L = V \times \rho \times c (t_i - t_a) \text{ (σε w)}$$

του:

Όγκος εισερχομένου αέρα σε m^3/s
 Ειδική θερμότητα του αέρα σε $kJ/g K$
 Πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3

2) από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \sum Q_{Ai}, \text{ όπου:}$$

$A_i = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_f$ για κάθε άνοιγμα.

παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

Συντελεστής διείσδυσης αέρα
 Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)
 Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).
 Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή e_{GA}).
 Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς $^{\circ}C$)
 Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί κανονικής 1)

Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_T και Q_L , δηλαδή:

$$Q_{\text{ολ}} = Q_T + Q_L$$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται πινακοποιημένα ως εξής:

Στο επάνω μέρος του πίνακα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που έχουν απώλειες από μοπερατότητα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

Όδος στοιχείου (πχ. T=τοίχος, A=Ανοιγμα, O=οροφή Δ=Δάπεδο)
 Προσανατολισμός
 Ύψος
 Πλάτος
 Ψυχρός ή πλάτος

Επιφάνεια
Αριθμός όμοιων επιφανειών
Συνολική Επιφάνεια
Συντελεστής k
Διαφορά Θερμοκρασίας Δt
Καθαρές Θερμικές Απώλειες

β) στο κάτω μέρος του πίνακα συμπληρώνονται οι προσαυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση.

Στοιχεία Κτιρίου

Πόλη	Αθήνα - Αστεροσκοπείο
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	0
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	1
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού (1:DIN77 2:DIN83)	DIN77
Σύστημα Μονάδων (1:Kcal/h 2:Watt)	Kcal/h

Τιτικά Στοιχεία Κτιρίου

Εξωτ. Ανοίγματα	Συντ.Ι (Watt)	Εσωτ. Τοίχοι Δάπεδο	Συντ.Ι (Watt)	Ανοίγματα	Πλάτος (m)	Υψος (m)	Συντ.Ι (Watt)	Συντ.Ι	Φύλλα
	0.64	E1		A1	5	2.3	3.71	1.5	2
	0.65	E2		A2	2.9	2.3	3.71	1.5	2
		E3		A3	1	2.3	3.48	2	1
		E4		A4	0.9	2.3	3.02	1.5	1
		E5		A5	1.9	2.3	3.71	1.5	2
		E6		A6	0.9	2.3	2.55	1.5	1
		E7		A7	1.8	2.3	3.71	1.5	2
		E8		A8	1	2.3	3.71	1.5	1
		Δ1	0.6	A9	1.8	2.3	3.71	1.5	2
0		Δ2		A10	1.8	2.3	2.55	1.5	1
1		Δ3		A11	1.7	2.3	3.71	1.5	1
	0.55	Δ4		A12	0.7	2.3	2.55	1.5	1
		Δ5		A13	0.6	2.3	2.55	1.5	1
		Δ6		A14	0.9	2.3	2.55	1.55	1
		Δ7		A15					
		Δ8		A16					

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 1 Χώρος : 1

ομάση Χώρου : ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ

Όδος επιφάνειας	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	B			0.7	2.65	1.86	1	1.86		1.86	0.65	19.00	22.97
	B			0.65	2.65	1.72	1	1.72		1.72	0.65	19.00	21.24
	B			7	0.35	2.45	1	2.45		2.45	0.65	19.00	30.26
	B			5.75	2.65	15.24	1	15.24		15.24	0.64	19.00	185.3
		α		5	2.3	11.50	1	11.50		11.50	3.71	19.00	810.6
	A			0.7	2.65	1.86	1	1.86		1.86	0.65	19.00	22.97
	A			0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
	A			4.6	0.35	1.61	1	1.61		1.61	0.65	19.00	19.88
	A			3.6	2.65	9.54	1	9.54	6.67	2.87	0.64	19.00	34.90
	A	α		2.9	2.3	6.67	1	6.67		6.67	3.71	19.00	470.2
	A			1.8	0.35	0.63	1	0.63		0.63	0.65	19.00	7.78
	A			1.8	2.65	4.77	1	4.77	2.30	2.47	0.64	19.00	30.04
	A	α		1	2.3	2.30	1	2.30		2.30	3.48	19.00	152.1
				7	6.5	45.50	1	45.50		45.50	0.6	10.00	273.0
				7	4.5	31.50	1	31.50		31.50	0.55	19.00	329.2

πώλειες Θερμοπερατότητας Q₀

2422

συνολική Προσαύξηση ZD+ZH =

15 % 363

ΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH)

2785

ΤΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣixR_xH_xΔt_xZ_I) =

685.5

πρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =

0.60

πρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =

0.9

συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z_I =

1

ΤΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=VxρxcxΔt =

Όγκος Χώρου V = 7.2x6.4x3=

138

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L =

3471

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 1 Χώρος : 2
 ομασία Χώρου : ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ

Καθ. Απώλ. (Watt)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Συντ. k (Watt/m²hc)	Επιφ. Υπολ. (m²)	Αφ. Επιφ. (m²)	Συν. Επιφ. (m²)	Αριθ. Επιφ.	Επιφ. (m²)	Υψος ή Πλάτος (m)	Μήκος (m)	Πάχος	Αφαιρούμ.	Προσαν.	Καθ. Απώλ. (Watt)
19.64	19.00	0.65	1.59		1.59	1	1.59	2.65	0.6			N	19.64
19.64	19.00	0.65	1.59		1.59	1	1.59	2.65	0.6			N	19.64
28.53	19.00	0.65	2.31		2.31	1	2.31	0.35	6.6			N	28.53
174.0	19.00	0.64	14.31		14.31	1	14.31	2.65	5.4			N	174.0
144.0	10.00	0.6	24.00		24.00	1	24.00	4	6				144.0

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 386

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 15 % 58

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 444

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) =
 χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.60
 χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9
 συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_αχ_αΔt =
 όγκος Χώρου V = 6x3.9x3= 70
 αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 444

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 1 Χώρος : 3
 Ομάση Χώρου : ΚΟΥΖΙΝΑ

Κατηγορία	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	N			0.6	2.65	1.59	1	1.59		1.59	0.65	19.00	19.64
	N			0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
	N			5.1	0.35	1.78	1	1.78		1.78	0.65	19.00	21.98
	N			4	2.65	10.60	1	10.60		10.60	0.64	19.00	128.9
	A			0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
	A			0.65	2.65	1.72	1	1.72		1.72	0.65	19.00	21.24
	A			4	0.35	1.40	1	1.40		1.40	0.65	19.00	17.29
	A			2.85	2.65	7.55	1	7.55	4.37	3.18	0.64	19.00	38.67
	A	α		1.9	2.3	4.37	1	4.37		4.37	3.71	19.00	308.0
	B			0.6	2.65	1.59	1	1.59		1.59	0.65	19.00	19.64
	B			3.5	0.35	1.23	1	1.23		1.23	0.65	19.00	15.19
	B			2.9	2.65	7.69	1	7.69	2.07	5.62	0.64	19.00	68.34
	B	α		0.9	2.3	2.07	1	2.07		2.07	3.02	19.00	118.8
				4.9	3.9	19.11	1	19.11		19.11	0.6	10.00	114.7
				3.9	4.5	17.55	1	17.55		17.55	0.55	19.00	183.4

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1109

Ολική Προσαύξηση ZD+ZH = 15 % 166

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T = Q₀ x (1+ZD+ZH) 1275

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L = ΣQ_{Ai} (Q_{Ai} = α x Σl x R_x x H_x Δt_x Z_Γ) = 305.3

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.60

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Αποτελεσματικός Γωνιακός Παραθύρων Z_Γ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L = V x ρ x c_p x Δt = 56

Όγκος Χώρου V = 4.8 x 3.9 x 3 =

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1580

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 1 Χώρος : 4

ομάδα Χώρου : ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ-ΔΙΑΔΡ.

Όδος επιφάνειας	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	B			0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
	B			0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
	B			4.35	0.35	1.52	1	1.52		1.52	0.65	19.00	18.77
	B			3.5	2.65	9.28	1	9.28	4.14	5.14	0.64	19.00	62.50
	B	α		1.8	2.3	4.14	1	4.14		4.14	3.71	19.00	291.8
	Δ			0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
	Δ			0.6	2.65	1.59	1	1.59		1.59	0.65	19.00	19.64
	Δ			5.5	0.35	1.92	1	1.92		1.92	0.65	19.00	23.71
	Δ			4.4	2.65	11.66	1	11.66	3.45	8.21	0.64	19.00	99.83
	Δ	α		0.9	2.3	2.07	1	2.07		2.07	2.55	19.00	100.3
	Δ	α		0.6	2.3	1.38	1	1.38		1.38	2.55	19.00	66.86
				4.3	5.1	21.93	1	21.93		21.93	0.6	10.00	131.6

απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 859

ολοκλή Προσαύξηση ZD+ZH = 15 % 129

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T = Q₀ x (1+ZD+ZH) 988

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L = Σ Q_{Ai} (Q_{Ai} = α x Σ l x R x H x Δt x ZΓ) = 405.2

πρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.60

πρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

εντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L = V x ρ x c x Δt =

όγκος Χώρου V = 4.3 x 5.3 x 3 = 68

αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1393

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 1 Χώρος : 5
 ομασία Χώρου : ΜΠΑΝΙΟ

Κατηγορία	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	N			0.7	2.65	1.86	1	1.86		1.86	0.65	19.00	22.97
	N			2.2	0.35	0.77	1	0.77		0.77	0.65	19.00	9.51
	N			1.5	2.65	3.98	1	3.98		3.98	0.64	19.00	48.40
	Δ			0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
	Δ			3.2	0.35	1.12	1	1.12		1.12	0.65	19.00	13.83
	Δ			2.5	2.65	6.63	1	6.63	2.07	4.56	0.64	19.00	55.45
4	Δ	α		0.9	2.3	2.07	1	2.07		2.07	2.55	19.00	100.3
				2	2.65	5.30	1	5.30		5.30	0.6	10.00	31.80

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀		294
Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH =	15 %	44
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q _T =Q ₀ x (1+ZD+ZH)		338
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q _L =ΣQ _{Ai} (Q _{Ai} =αxΣl _x R _x H _x Δt _x Z _Γ) =		118.1
Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =	0.60	
Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =	0.9	
Αντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z _Γ =	1	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q _L =VxρxαxΔt =		
Όγκος Χώρου V = 2.3x2.6x3=	18	
Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =		
ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q _{ολ} = Q _T + Q _L =		456

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 2 Χώρος : 1
Μετασία Χώρου : ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1

Τύπος Πρόσφάνειας	Προ σαν.	Αφαι ρούμ.	Πάχ ος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
B				0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
B				3.8	0.35	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
B				1.6	2.65	4.24	1	4.24	3.91	0.33	0.64	19.00	4.01
B	α			1.7	2.3	3.91	1	3.91		3.91	3.71	19.00	275.6
Δ				0.4	2.65	1.06	1	1.06		1.06	0.65	19.00	13.09
Δ				0.45	2.65	1.19	1	1.19		1.19	0.65	19.00	14.70
Δ				4.6	0.35	1.61	1	1.61		1.61	0.65	19.00	19.88
Δ				3.75	2.65	9.94	1	9.94	1.61	8.33	0.64	19.00	101.3
Δ	α			0.7	2.3	1.61	1	1.61		1.61	2.55	19.00	78.00
N				0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
N				3.9	0.35	1.36	1	1.36		1.36	0.65	19.00	16.80
N				3.4	2.65	9.01	1	9.01		9.01	0.64	19.00	109.6
				3.9	4.6	17.94	1	17.94		17.94	0.55	19.00	187.5

τώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀		870
ολική Προσαύξηση ZD+ZH =	15 %	130
ΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q _T =Q ₀ x (1+ZD+ZH)		1000
ΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q _L =ΣQ _{Ai} (Q _{Ai} =αxΣixR _x H _x ΔtxZΓ) =		249.9
ρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =	0.60	
ρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =	0.9	
ντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ =	1	
ΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q _L =VxρxcxΔt =		
κος Χώρου V = 3.8x4.1x3=	47	
ιθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =		
ΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q _{ολ} = Q _T + Q _L =		1250

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΤΕΔΟ : 2 Χώρος : 2

μασία Χώρου : ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2

ος φάνειας	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
B				0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
B				0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
B				4.4	0.35	1.54	1	1.54		1.54	0.65	19.00	19.02
B				3.55	2.65	9.41	1	9.41	4.14	5.27	0.64	19.00	64.08
B	α			1.8	2.3	4.14	1	4.14		4.14	2.55	19.00	200.6
Δ				0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
Δ				0.45	2.65	1.19	1	1.19		1.19	0.65	19.00	14.70
Δ				3.9	0.35	1.36	1	1.36		1.36	0.65	19.00	16.80
Δ				2.95	2.65	7.82	1	7.82		7.82	0.64	19.00	95.09
A				1.05	2.65	2.78	1	2.78		2.78	0.65	19.00	34.33
A				0.55	2.65	1.46	1	1.46		1.46	0.65	19.00	18.03
A				3.9	0.35	1.36	1	1.36		1.36	0.65	19.00	16.80
A				2.3	2.65	6.10	1	6.10	2.30	3.80	0.64	19.00	46.21
A	α			1	2.3	2.30	1	2.30		2.30	3.71	19.00	162.1
				4.4	3.9	17.16	1	17.16		17.16	0.55	19.00	179.3

τώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀		911
---	--	-----

ολική Προσαύξηση ZD+ZH =	15 %	137
--------------------------	------	-----

ΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ QT=Q ₀ x (1+ZD+ZH)		1048
---	--	------

ΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ QL=ΣQA _i (QA _i =αxΣlxRxHxΔtxZΓ) =		264.2
--	--	-------

ρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =	0.60	
-----------------------------------	------	--

ρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =	0.9	
---------------------------------------	-----	--

ντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ =	1	
-----------------------------------	---	--

ΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ QL=VxρxcxΔt =		50
---	--	----

κος Χώρου V = 4.3x3.9x3=		
--------------------------	--	--

ισμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n' =		
-----------------------------------	--	--

ΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q _{ολ} = QT + QL =		1312
--	--	------

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 2 Χώρος : 3

Μορφή Χώρου : ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3 -ΔΙΑΔΡ

Κατηγορία	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. κ (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	B			0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
	B			0.5	2.65	1.33	1	1.33		1.33	0.65	19.00	16.43
	B			6	0.35	2.10	1	2.10		2.10	0.65	19.00	25.93
	B			5.15	2.65	13.65	1	13.65	6.44	7.21	0.64	19.00	87.67
	B	α		1	2.3	2.30	1	2.30		2.30	3.71	19.00	162.1
	B	α		1.8	2.3	4.14	1	4.14		4.14	3.71	19.00	291.8
	A			0.35	2.65	0.93	1	0.93		0.93	0.65	19.00	11.49
	A			4.6	0.35	1.61	1	1.61		1.61	0.65	19.00	19.88
	A			4.25	2.65	11.26	1	11.26	2.07	9.19	0.64	19.00	111.8
	A	α		0.9	2.3	2.07	1	2.07		2.07	2.55	19.00	100.3
	N			0.7	2.65	1.86	1	1.86		1.86	0.65	19.00	22.97
	N			7.8	0.35	2.73	1	2.73		2.73	0.65	19.00	33.72
	N			6.3	2.65	16.70	1	16.70		16.70	0.64	19.00	203.1
				7.8	4.6	35.88	1	35.88		35.88	0.55	19.00	374.9

Τύλιες Θερμοπερατότητας Q₀

1474

Μολική Προσαύξηση ZD+ZH =

15 % 221

ΜΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH)

1695

ΤΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) =

419.5

Πρακτικός Αριθμός Κτιρίου H =

0.60

Πρακτικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =

0.9

Ποσοστό Γωνιακών Παραθύρων ZΓ =

1

ΤΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=VxρxcxΔt =

Όγκος Χώρου V = 6.3x4.6x3=

87

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L =

2114

λογισμός Θερμικών Απωλειών

ΠΕΔΟ : 2 Χώρος : 4
 μασία Χώρου : ΜΠΑΝΙΟ 2

Αριθμός επιφανείας	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
	N			0.7	2.65	1.86	1	1.86		1.86	0.65	19.00	22.97
	N			2.2	0.35	0.77	1	0.77		0.77	0.65	19.00	9.51
	N			1.5	2.65	3.98	1	3.98		3.98	0.64	19.00	48.40
				2.2	3.5	7.70	1	7.70		7.70	0.55	19.00	80.46

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 161

οιολική Προσαύξηση ZD+ZH = 15 % 24

ΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 186

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=α_xΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) =

αρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

αρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

υντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=VxρxαxΔt =

γκος Χώρου V = 2.3x3.5x3 = 24

ριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =

ΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 186

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Watt)

Επίπεδο : 1

1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	:	3471
2	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	:	444
3	ΚΟΥΖΙΝΑ	:	1580
4	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ-ΔΙΑΔΡ.	:	1393
5	ΜΠΑΝΙΟ	:	456

Συνολικές Απώλειες Επιπέδου : 7344

Επίπεδο : 2

1	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	:	1250
2	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	:	1312
3	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3 -ΔΙΑΔΡ	:	2114
4	ΜΠΑΝΙΟ 2	:	186

Συνολικές Απώλειες Επιπέδου : 4862

Συνολικές Απώλειες Κτιρίου : 12206

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
(ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ
ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ PCM)

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπολογισμός Εγκατάσης Μονοσωληνίου

Εργοδότης	: ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
	:
Έργο	: ΚΑΤΟΙΚΙΑ
	:
Θέση	: ΑΘΗΝΑ
	:
Ημερομηνία	:
Μελετητές	: Γ. ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΥΛΟΣ
	: Δ. ΔΗΜΗΤΣΑΣ
	:
Παρατηρήσεις	:
	:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 ΟΤΕΕ, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- 1) *Erläuterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- 2) *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- 3) *Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- 4) *Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος*
- 5) *Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό Θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*
- 6) *Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN*

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ακολουθείται η αρχή της αυτόματης εξισορρόπησης, γνωστή και σαν μέθοδος των "ίσων πτώσεων πίεσης", δηλαδή εξασφαλίζονται ίσες τριβές για ομοιόμορφη κυκλοφορία του νερού στα κυκλώματα, όπως λωστε φαίνεται αναλυτικά στους υπολογισμούς. Ξεκινώντας από τους πάνω ορόφους (επίπεδα) και περνώντας, οι τριβές των κυκλωμάτων του κατώτερου επιπέδου είναι ίσες με αυτές του παραπάνω, αφού βια προστεθεί και η τριβή της κατακόρυφης στήλης.

Οι υπολογισμοί στα κυκλώματα γίνονται αναλυτικά με την βοήθεια των σχέσεων:

$$= \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$= \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy})$$

$$= -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook})$$

$$= \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

ου:

- Παροχή σε m³/h
- Εσωτερική διάμετρος σε m
- Μέση ταχύτητα σε m/s
- Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m
- Απώλειες πίεσης σε m
- Μήκος αγωγού σε m
- Συντελεστής τριβής
- Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm
- Αριθμός Reynolds
- Ιξώδες νερού σε m²/sec

Η επιλογή των σωμάτων γίνεται με βάση την σχέση:



$$= q_{60} \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{60}} \right)^{1.3}$$

του:

- Απόδοση του σώματος για διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του από τον αέρα Δt
- Απόδοση του σώματος για διαφορά θερμοκρασίας 60 (Δt_{60})

τιμές q_{60} λαμβάνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη με την παρακάτω σειρά:

- Αριθμός Κυκλώματος
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Θερμικό Φορτίο Σωμάτων Κυκλώματος (Mcal/h ή w)
- Πτώση Θερμοκρασίας (°C)
- Παροχή Νερού (m³/h)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Ταχύτητα Νερού (m/s)
- Μοδύλιον Μήκος (m)
- Τραγγαλισμός (mΥΣ)
- Πτώση Πίεσης (m/m)
- Επιπλέον Πτώση Πίεσης (mΥΣ)

Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον α/α της στήλης και του κυκλώματος, παρεμβάλλοντας τελεία "." (πχ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2).

Οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν α/α, πχ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ. Τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στηλών παρεμβάλλοντας όλα (-), πχ. 1-2.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα σώματα παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός χώρου
- Θερμοκρασία εισόδου νερού (°C)
- Θερμικό φορτίο χώρου (Mcal/h ή w)
- Παροχή νερού (m³/h)
- Διαφορά θερμοκρασίας (°C)
- Θερμοκρασία χώρου (°C)
- Μέγιστη θερμοκρασία σώματος (°C)
- Θερμικό φορτίο Q₆₀ (Mcal/h ή w)
- Φορτίο θερμαντικού σώματος
- Υπολογιζόμενο φορτίο σώματος (Mcal/h ή w)
- Μήκος διακόπτη (m)
- Μοδύλιον μήκος (m)

Στοιχεία Δικτύου

Θερμοκρασία Νερού Προσαγωγής(°C)	85
Τύπος Σωλήνων Κεντρικής Στήλης	Χαλκοσωλήνας
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	45
Τύπος Σωλήνων Κυκλωμάτων	Πλαστικός
Τραχύτητα Σωλήνων Κυκλωμάτων (μm)	1.5
Ισοδύναμο Μήκος Διακλάδωσης (m)	0.8
Ισοδύναμο Μήκος Καμπύλης (m)	0.5
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου	1
Συστήματα Μονάδων (1:Mcal/h 2:Kwatt)	Mcal/h

λογισμοί Κυκλωμάτων Μονοσωλήνιας Θέρμανσης

Πεδίο 1

Β. Κυκ.	Μήκ. Σωλ. (m)	Φορτ. Κυκλ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. (°C)	Παρ. Νερ. (m ³ /h)	Διάμ. Σωλ.	Ταχ. Νερού (m/s)	Ισοδ. Μήκος (m)	Στραγγαλ. (mYΣ)	Πι. Πισ. (mYΣ/m)	Ολική Πτώση (mYΣ)
	22	3.441	6.319	0.469		0.790	32.80		0.052	1.716
	22	2.193	4.027	0.469		0.790	32.80		0.052	1.716
	15	1.849	2.973	0.536		0.902	25.80		0.067	1.716
	10	12.35		2.326	DN42	0.525	13.00		0.007	0.092

λογισμοί Κυκλωμάτων Μονοσωλήνιας Θέρμανσης

πίπεδο 2

Αριθ. Κυκ.	Μήκ. Σωλ. (m)	Φορτ. Κυκλ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. (°C)	Παρ. Νερ. (m ³ /h)	Διάμ. Σωλ.	Ταχ. Νερού (m/s)	Ισοδ. Μήκος (m)	Στραγγαλ. (mΥΣ)	Πι. Πιεσ. (mΥΣ/m)	Ολική Πτώση (mΥΣ)
1	15	2.562	7	0.316	Φ16	0.775	25.80		0.064	1.649
2	14	2.304	3.705	0.536		0.902	24.80		0.066	1.649
	6	4.866		0.852	DN28	0.439	7.800		0.009	0.067

ΦΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1

Θ. Κυκ.	Θερμ. Χώρος	Θερμ. Νερού (°C)	Φορτ. Χώρου (kWatt)	Παρ. Νερού (m ³ /h)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Θερμ. Χώρου (°C)	Ενεργ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (kWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (kWatt)	Ρύθμ. Διακ. (%)	Ισοδ. Μήκος Διακ.
	1.1	85.00	1.741	0.235	3.712	20	61.29	1.693	11-7001.05	1.713	50	3.6
	1.1	81.29	1.700	0.469	3.625	20	59.48	1.720	11-7001.05	1.713	100	3.6
	1.2	85.00	0.444	0.235	0.947	20	64.05	0.407	11-3000.60	0.463	50	3.6
	1.3	84.05	1.749	0.469	3.729	20	62.19	1.668	21-6000.90	1.901	100	3.6
	1.4	85.00	1.393	0.268	2.599	20	62.40	1.322	21-6000.75	1.571	50	3.6
	1.5	82.40	0.456	0.536	0.851	20	61.97	0.437	11-3000.60	0.463	100	3.6

ΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

Θ. Κυκ.	Θερμ. Χώρος	Θερμ. Νερού (°C)	Φορτ. Χώρου (KWatt)	Παρ. Νερού (m3/h)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Θερμ. Χώρου (°C)	Ενερ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (KWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (KWatt)	Ρύθμ. Διακ. (%)	Ισοδ. Μήκος Διακ.
	2.1	84.57	1.250	0.158	3.956	20	60.61	1.233	21-5000.75	1.342	50	3.6
	2.2	80.61	1.312	0.316	4.152	20	58.53	1.356	21-3001.20	1.364	100	3.6
	2.3	84.57	2.114	0.268	3.944	20	60.63	2.085	21-5001.20	2.126	50	3.6
	2.4	80.63	0.190	0.536	0.354	20	60.45	0.188	11-3000.45	0.343	100	3.6

ΡΟΙ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1

Α/Α Κικ.	Α/Α Εππ.	Α/Α Χώρος	Όνομ. Χώρου	Φορτ. Χώρου (KWatt)	Ενερ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (KWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (KWatt)
1	1	1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	1.741	61.29	1.693	11-7001.05	1.713
	1	1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	1.700	59.48	1.720	11-7001.05	1.713
2	1	2	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	0.444	64.05	0.407	11-3000.60	0.463
	1	3	ΚΟΥΖΙΝΑ	1.749	62.19	1.668	21-6000.90	1.901
3	1	4	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ-ΔΙΑΔΡ.	1.393	62.40	1.322	21-6000.75	1.571
	1	5	ΜΠΑΝΙΟ	0.456	61.97	0.437	11-3000.60	0.463

ΩΡΟΙ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

Αριθ. Τ.Κυκ.	Α/Α Επιπ.	Α/Α Χώροι	Όνομ. Χώρου	Φορτ. Χώρου (kWatt)	Ενερ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (kWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (kWatt)
1	2	1	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	1.250	60.61	1.233	21-5000.75	1.342
	2	2	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	1.312	58.53	1.356	21-3001.20	1.364
2	2	3	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3 -ΔΙΑΔΡ	2.114	60.63	2.085	21-5001.20	2.126
	2	4	ΜΠΑΝΙΟ 2	0.190	60.45	0.188	11-3000.45	0.343

Εκλογή Λέβητα

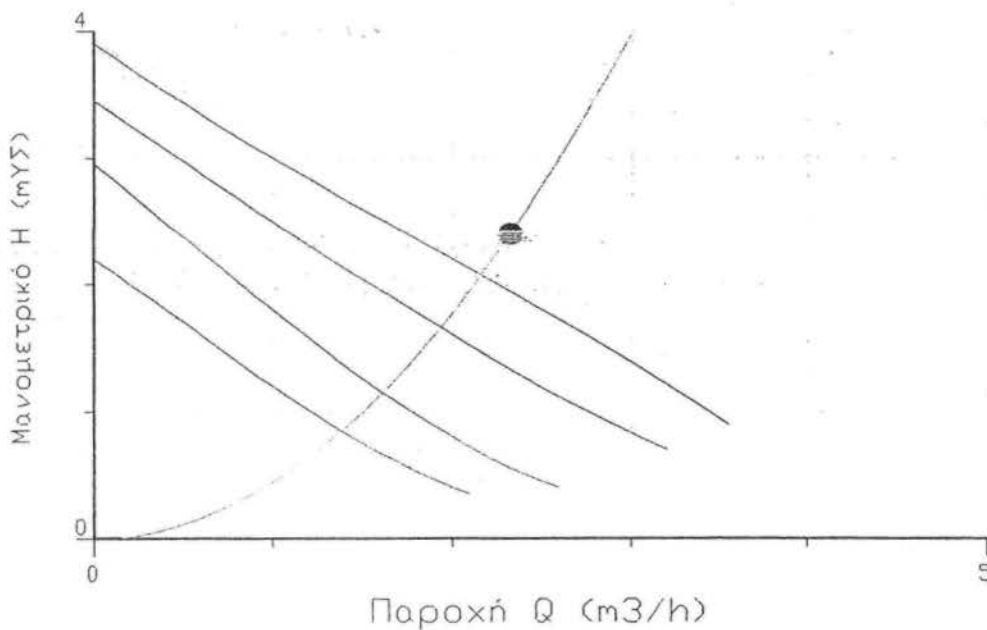
Συνολικό Θερμικό Φορτίο Qολ (KWatt)	12.35
Θερμικό Φορτίο Boiler ή Άλλο Θερμικό Φορτίο (Mcal/h)	0.00
Συντελεστής Προσαύξησης Λέβητα ΖΛ	0.25
Θερμική Ισχύς Λέβητα QΛ=(1 + ΖΛ) Qολ (KWatt)	15.44
Τύπος Λέβητα που Επιλέγεται	VISSMANN VIT.-BIF.-E 18-21
Θερμαντική Ικανότητα Λέβητα	18100 Kcal/h
Περιεκτικότητα σε Νερό	64 lt
Διαστάσεις Λέβητα	834 X 615 X 664 (mm)

Υπολογισμός Καυστήρα - Δεξαμενής Καυσίμων

Επιλογή Καυστήρα	
Θερμική Ισχύς Λέβητα QL (KWatt)	15.44
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου q (KWatt/Kg)	10
Βαθμός Απόδοσης η	0.9
Ωριαία Κατανάλωση Καυσίμου $W=QL/q\eta$ (Kg/h)	1.72
Τύπος Καυστήρα που Επιλέγεται	BENTONE BEO 20KAV 2,0-6,0 kg/h
Υπολογισμός Καυστήρα - Δεξαμενής Καυσίμων	
Επιλογή Δεξαμενής Καυσίμου	
Ωρες Λειτουργίας (h)	5
Ημερήσια Κατανάλωση G (Kg/d)	8.58
Ειδικό Βάρος Καυσίμου (Kg/l)	
Επάρκεια για Ημέρες	60
Απαιτούμενος Ογκος Δεξαμενής V (l)	0.00
Μήκος Δεξαμενής (m)	2
Πλάτος Δεξαμενής (m)	1.5
Ύψος Δεξαμενής (m)	1
Υπολογιζόμενος Ογκος Δεξαμενής V (l)	3000.00

Υπολογισμός Κυκλοφορητή

Παροχή Νερού Q (m ³ /h)	2.33
Τριβές Δικτύου (mΥΣ)	1.808
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Λέβητα (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.02
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Διόδου (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.05
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Βαλβίδας Αντεπιστροφής (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.04
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Λοιπών Τριβών (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	
Μανομετρικό Ύψος (mΥΣ)	2.40
Τύπος Κυκλοφορητή που Επιλέγεται	WILO RS 25/60
Μέγεθος	95x142x234 (mm)
Παροχή	4.2 m ³ /h
Μανομετρικό Ύψος	3.9 ΜΥΣ
Ισχύς Κινητήρα	24 W
Ηλεκτρικά Δεδομένα	0.4A - 220V - 2000n



Υπολογισμός Ασφαλιστικού - Καπνοδόχου

Επιλογή Κλειστού Δοχείου Διαστολής	
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού t_v (°C)	85.00
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού t_r (°C)	79.69
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m=(t_v+t_r)/2$ (°C)	82.35
Στατική Πίεση Εγκατάστασης P_A (bar)	
Τελική Πίεση Εγκατάστασης $P_E=P_A+0.7$ (bar)	
Συντελεστής Διαστολής A_f	0.03
Περιεχόμενο Νερό στο Σύστημα V_s (l)	0.00
Η Διαστολή του Νερού είναι $V_A = A_f \times V_s$ (l)	0.00
Ελάχιστος Ογκος Δοχείου Διαστολής $V_N=(P_E+1) \times V_A/(P_E-P_A)$ (l)	0.00
Επιλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	REFLEX N 8
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	8l/3bar
Επιλογή Βαλβίδας Ασφαλείας	
Επιλέγεται Βαλβίδα Ασφαλείας	1/2"
Ονομαστική Πίεση Βαλβίδας Ασφαλείας $P_{BA}=P_A+1.6$ (bar)	
Επιλογή Καπνοδόχου	
Ολικό Ύψος Καπνοδόχου (m)	17
Ελάχιστη Εσωτερική Διατομή Καπνοδόχου (cm ²)	80.69
Επιλέγεται Καπνοδόχος Διαστάσεων (cm)	

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ

Εργοδότης	: ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Εργο	: ΚΑΤΟΙΚΙΑ
Θέση	: ΑΘΗΝΑ
Ημερομηνία Μελετητής	: Γ. ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΥΛΟΣ Δ. ΔΗΜΗΤΣΑΣ
Παρατηρήσεις	:

ΓΕΝΙΚΑ

Για την σύνταξη της μελέτης λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω κανονισμοί:

Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΦΕΚ 362/Δ/1979-Κεφ.7)

Το άρθρο 26 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 59/Δ/89), καθώς και τα παραπεμπόμενα από αυτό: ΤΟΤΕΕ 2421/86, Μέρος Α και Β (ΦΕΚ 67/Β/88 και ΦΕΚ 177/Β/88)

Τα πρότυπα ΕΛΟΤ 234,352,810,447

ΚΥΑ 10315/93 (ΦΕΚ 369/Β/93) για τις εστίες καύσης

Η απόφαση 20840/1296 (ΦΕΚ 366/Β/79) για υποχρεωτική τοποθέτηση τρίοδης ή τετράοδης βάνας

Οι κανονισμοί DIN 4701-4706/DIN 4751

Το ΠΔ 27/09/85 (ΦΕΚ 631/Δ/85) για την Κατανομή Δαπανών Θέρμανσης και η εγκύκλιος 126/85

Για την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20 °C, με αντίστοιχη θερμοκρασία περιβάλλοντος 0° C.

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου ανέρχονται σε **Qtot =12.350 KWatt**.

Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με **t = 85 °C**.

Η θέρμανση των χώρων γίνεται με το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία ζεστού νερού (μέσω κυκλοφορητή). Η διανομή του φορέα θερμότητας γίνεται από κάτω με διπλή γραμμή. Για την λειτουργία της εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθεί ελαφρό πετρέλαιο (Diesel Oil) με θερμογόνο δυναμικό 10.200 Kcal/kg. Για την τέλεια καύση του πετρελαίου θα πρέπει να γίνεται συντήρηση και σωστή λειτουργία του καυστήρα, λέβητα και καπνοδόχου τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

ΛΕΒΗΤΑΣ

Για την τροφοδοσία της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης προβλέπεται η τοποθέτηση χαλύβδινου λέβητα θερμού νερού, αεριαυλωτού, αντιθλίψεως κατάλληλου για καύση πετρελαίου.

Για την προστασία της εγκατάστασης από την κάλυψη των απωλειών του λέβητα, σωληνώσεων και για την επιτάχυνση της λειτουργίας πάρθηκε ίση με **Z = 0.25**

Επομένως, απαιτείται λέβητας συνολικής θερμικής ισχύος ίσης με **Q = 15.438 KWatt**

Ο λέβητας που επιλέγεται, έχει τα παρακάτω στοιχεία:

VISSMANN VIT.-BIF.-E 18-21

18100 Kcal/h

54 lt

334 X 615 X 664 (mm)

Ο Λέβητας είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ 234-235 και έχει:

- α) Θυρίδες επίβλεψης της φωτιάς, καθαρισμού του εσωτερικού του και των αεραυλών και ασφάλειες από υπερπίεση μέσα στον χώρο καύσης
- β) Χαλύβδινη πλάκα για την προσαρμογή του καυστήρα
- γ) Κρουνό εκκένωσης στο κάτω μέρος
- δ) Στόμια για την προσαγωγή των σωληνώσεων αναχώρησης και επιστροφής του νερού με φλάντζες
- ε) Ειδικό μονωτικό περίβλημα με εξωτερικό προστατευτικό μανδύα από γαλβανισμένο χαλυβδόφυλλο
- στ) Θερμόμετρο και μανόμετρο

3. ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ

Ο Λέβητας θα θερμαίνεται με καυστήρα πετρελαίου Diesel αυτόματης λειτουργίας κατάλληλο για λειτουργία με εναλλασσόμενο ρεύμα 220 V/ 50 Hz και προοδευτική ρύθμιση φλόγας σύμφωνα με το απαιτούμενο θερμικό φορτίο.

Ο καυστήρας πληρεί τα σχέδια ΕΛΟΤ 276-386, είναι υπερπίεσης, και επιτυγχάνει όσο το δυνατόν τελειότερη διασκόρπιση και ανάμιξη του πετρελαίου με τον αέρα. Επίσης, θα περιλαμβάνει τα παρακάτω εξαρτήματα και συσκευές:

- α) Αντλία πετρελαίου που αναρροφά το καύσιμο από την δεξαμενή
- β) Φίλτρο πετρελαίου που καθαρίζεται εύκολα
- γ) Φυγοκεντρικό Ανεμιστήρα
- δ) Ηλεκτροκινητήρα
- ε) Σύστημα αυτόματης έναυσης με σπινθιριστή
- ςτ) Φωτοαντίσταση για τον έλεγχο της φλόγας
- ζ) Υδροστάτη ασφαλείας
- η) Τους απαραίτητους ηλεκτρονόμους

Ο καυστήρας πετρελαίου που θα τοποθετηθεί θα είναι ικανότητας: **W = 1.715 Kg/h.**

Προτείνεται Καυστήρας με τα παρακάτω στοιχεία:

ENTONE BEO 20KAV 2,0-6,0 kg/h

ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

Ο λεβητοστάσιο για την αναγκαστική κυκλοφορία του ζεστού νερού τοποθετείται στον κεντρικό σωλήνα προσαγωγής νερού κυκλοφορητής. Αυτός αποτελείται από φυγόκεντρη αντλία ζευγμένη στον ίδιο άξονα του ηλεκτροκινητήρα, μέσω ελαστικού συνδέσμου. Ο Ηλεκτροκινητήρας είναι στεγανού τύπου μονοφασικός 220 V/ 50 Hz. Η λειτουργία του κυκλοφορητή είναι αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς, εγκαθίσταται δε στους σωλήνες με την βοήθεια φλαντζών. Ακόμα, ο κυκλοφορητής είναι υδρολίπαντος, κατάλληλος για κυκλοφορία νερού θερμοκρασίας 120°C και πίεσης 6 bar.

Ο κυκλοφορητής πρέπει να έχει παροχή ίση με **2.326 m³/h.**

Ο κυκλοφορητής θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος Η ίσο με **2.403 Μ.Υ.Σ..**

Προτείνεται κυκλοφορητής με τα παρακάτω στοιχεία:

ILO RS 25/60
x142x234 (mm)
2 m³/h

9 ΜΥΣ
4 W
4A - 220V - 2000h

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η δεξαμενή του πετρελαίου θα κατασκευαστεί από μαύρη λαμαρίνα πάχους 4 mm με ηλεκτροσυγκόλληση και εσωτερικές ενισχύσεις από μορφοσίδηρο. Μετά την κατασκευή της θα βαφτεί εξωτερικά με μίνιο και στην συνέχεια με ελαιόχρωμα. Στο πάνω μέρος θα έχει ανθρωποθυρίδα επίσκεψης και καθαρισμού, διαστάσεων 60 x 60 cm με κάλυμμα στεγανό, προσαρμοσμένο με βίδες και παρέμβυσμα από λαμαρίνα του ίδιου πάχους.

Η δεξαμενή θα έχει χωρητικότητα **3000.00 lt**

και διαστάσεις **2 x 1.5 x 1 (m)**

Η δεξαμενή αυτή θα αρκεί για αποθήκευση πετρελαίου για διάστημα **60 ημερών**

Η δεξαμενή θα είναι εφοδιασμένη:

α) με κρουνό κένωσης 1½" στο κατώτερο σημείο του πυθμένα

β) με δείκτη στάθμης

γ) με σωλήνα εξαερισμού 1½"

δ) με σωλήνα πλήρωσης, ο οποίος θα κατασκευαστεί από σιδηροσωλήνα διαμέτρου 1½", και το άκρο του να είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στο στόμιο του ελαστικού σωλήνα του βυτιοφόρου.

ε) με παροχή ½" με βάνα για την τροφοδότηση του καυστήρα.

ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Ο δίκτυο κεντρικής θέρμανσης ασφαρίζεται με κλειστό δοχείο διαστολής, τοποθετούμενο στην επιστροφή του ζεστού νερού. Αυτό θα τοποθετηθεί με κατάλληλα στηρίγματα στο δάπεδο του Λεβητοστασίου.

Το δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι **REFLEX N 8**

και έχει χωρητικότητα ίση με **8lt/3bar**

ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

Ο καπνοδόχος του Λέβητα θα γίνει με προκατασκευασμένα κομμάτια από κισσηρομπετόν, εσωτερικών διαστάσεων όπως φαίνονται στα σχέδια. Η καπνοδόχος θα προεκταθεί κατά 1 m πάνω από το δάπεδο του Σταθμού. Στο κατώτατο σημείο της καπνοδόχου και προς την πλευρά του Λέβητα θα κατασκευαστεί θυρίδα καθαρισμού αεροστεγής. Τέλος, στο πάνω μέρος θα προσαρμοστεί κάλυμμα από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 2 mm.

Οι διαστάσεις της καπνοδόχου που επιλέγεται θα είναι ίσες με **cm**

Το στόμιο εξόδου των καυσαερίων από τον λέβητα θα συνδεθεί με την καπνοδόχο με καπναγωγό από μαύρη λαμαρίνα ηλεκτροσυγκολλητό. Για την προσαρμογή της κυκλικής διατομής εξόδου των καυσαερίων από τον λέβητα προς τον ορθογωνικής διατομής καπναγωγό, θα κατασκευαστεί ειδικό τεμάχιο μετάπτωσης στο οποίο εξασφαλίζεται η ομαλή πορεία των καυσαερίων.

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τα σώματα θα είναι χαλύβδινα, εγχώριας προέλευσης. Θα τοποθετηθούν με επιμέλεια και θα συνδεθούν στο δίκτυο του θερμού νερού, ενώ θα χρωματιστούν με ειδικό χρώμα που αντέχει στη θερμοκρασία του σώματος. Η στερέωση στους τοίχους θα γίνει με τη βοήθεια ειδικών στηριγμάτων.

Το είδος και το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό έντυπο.

9. ΣΩΛΗΝΕΣ

Οι σωλήνες του δικτύου θα τοποθετηθούν σύμφωνα με τα σχέδια. Τα οριζόντια τμήματά τους θα παρουσιάζουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί.

Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάνα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ζεστού νερού που βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με μονωτικούς σωλήνες τύπου Armaflex, πάχους εξαρτωμένου από την θερμοκρασία του νερού και την διάμετρο του σωλήνα.

10. ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ

Οι διαστάσεις του λεβητοστασίου θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις προδιαγραφές. Οι ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις θα πρέπει να είναι m x m x m. Ακόμα, για την επάρκεια λήψης αέρα, απαιτείται για το λεβητοστάσιο και την αποθήκη καυσίμων παράθυρο ή άνοιγμα κατάλληλων διαστάσεων.

Θα υπάρχουν τα εξής παράθυρα:

- α. Στο λεβητοστάσιο διαστάσεων: cm x cm
- β. Στο λεβητοστάσιο οπή προσαγωγής αέρα: cm x cm
- γ. Στο λεβητοστάσιο οπή απαγωγής αέρα: cm x cm
- δ. Στην αποθήκη καυσίμων διαστάσεων: cm x cm

θα φωτίζονται επαρκώς και τα νερά θα αποχετεύονται.

1. ΔΟΚΙΜΗ

Μετά την αποπεράτωση του δικτύου των σωληνώσεων και πριν από την τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων θα τεθεί το δίκτυο υπό υπερπίεση 8 ατμοσφαιρών για τρεις συνεχείς ώρες.

Φ' όσον δεν παρουσιαστεί καμμία διαρροή, θα τοποθετηθούν τα σώματα. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν τα ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών μετρουμένων στο λεβητοστάσιο επί δύο συνεχείς ώρες. Σε περίπτωση κάποιας διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί.

Η συνέχεια θα τεθεί η εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους θέρμανσης, μέχρι θερμοκρασίας (εξόν βρασμού του νερού, και κατόπιν θα αφεθεί να ψυχραθεί με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των σωμάτων και παρεμβυσμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Ετικα με τη συντήρηση απαιτούνται τα παρακάτω:

Μηνιαία Λίπανση των λιπαντήρων του καυστήρα με ελαφρό έλαιο

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ
(ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ PCM)**

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπολογισμός Εγκατ/σης Μονοσωληνίου

Εργοδότης	: ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Έργο	: ΚΑΤΟΙΚΙΑ
Θέση	: ΑΘΗΝΑ
Ημερομηνία Μελετητές	: ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ Γ. : ΔΗΜΗΤΣΑΣ Δ.
Παρατηρήσεις	:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 ΤΕΕ, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

Erläuterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag
Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,
Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag
 Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος
 Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (ΤΕΕ)
 Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ακολουθείται η αρχή της αυτόματης εξισορρόπησης, γνωστή και σαν μέθοδος των “**Ίσων Πτώσεων Στήλης**”, δηλαδή εξασφαλίζονται ίσες τριβές για ομοιόμορφη κυκλοφορία του νερού στα κυκλώματα, όπως φαίνεται αναλυτικά στους υπολογισμούς. Ξεκινώντας από τους πάνω ορόφους (επίπεδα) και εβαίνοντας, οι τριβές των κυκλωμάτων του κατώτερου επιπέδου είναι ίσες με αυτές του παραπάνω, αφού βια προστεθεί και η τριβή της κατακόρυφης στήλης.

Οι υπολογισμοί στα κυκλώματα γίνονται αναλυτικά με την βοήθεια των σχέσεων:

$$= \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$= \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy})$$

$$= -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook})$$

$$= \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

ου:

Παροχή σε m³/h
 Εσωτερική διάμετρος σε m
 Μέση ταχύτητα σε m/s
 Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m
 Απώλειες πίεσης σε m
 Μήκος αγωγού σε m
 Συντελεστής τριβής
 Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm
 Αριθμός Reynolds
 Ιξώδες νερού σε m²/sec

επιλογή των σωμάτων γίνεται με βάση την σχέση:

$\Delta t_{1.3}$

$$= q_{60} \left(\frac{\Delta t_{1.3}}{\Delta t_{60}} \right)$$

του:

- Απόδοση του σώματος για διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του από τον αέρα Δt
- Απόδοση του σώματος για διαφορά θερμοκρασίας 60 (Δt_{60})

τιμές q_{60} λαμβάνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη με την παρακάτω σειρά:

- Αριθμός Κυκλώματος
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Θερμικό φορτίο Σωμάτων Κυκλώματος (Mcal/h ή w)
- Πτώση Θερμοκρασίας (°C)
- Παροχή Νερού (m³/h)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Ταχύτητα Νερού (m/s)
- Ποδύναμο Μήκος (m)
- Παραγγαλισμός (mΥΣ)
- Πτώση Πίεσης (m/m)
- Μεταβλητή Πτώση Πίεσης (mΥΣ)

Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον α/α της στήλης και του κυκλώματος, παρεμβάλλοντας τελεία "." (πχ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2). Οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν α/α, πχ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ. Τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στηλών παρεμβάλλοντας όλα (-), πχ. 1-2.

Αποτελέσματα των υπολογισμών στα σώματα παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός χώρου
- Θερμοκρασία εισόδου νερού (°C)
- Θερμικό φορτίο χώρου (Mcal/h ή w)
- Παροχή νερού (m³/h)
- Διαφορά θερμοκρασίας (°C)
- Θερμοκρασία χώρου (°C)
- Μεταβολή θερμοκρασία σώματος (°C)
- Θερμικό φορτίο Q60 (Mcal/h ή w)
- Ποσοστό θερμαντικού σώματος
- Υπολογιζόμενο φορτίο σώματος (Mcal/h ή w)
- Μεταβλητή διακόπτη (m)
- Ποδύναμο μήκος (m)

Στοιχεία Δικτύου

Θερμοκρασία Νερού Προσαγωγής(°C)	85
Τύπος Σωλήνων Κεντρικής Στήλης	Χαλκοσωλήνας
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	45
Τύπος Σωλήνων Κυκλωμάτων	Πλαστικός
Τραχύτητα Σωλήνων Κυκλωμάτων (μm)	1.5
Ισοδύναμο Μήκος Διακλάδωσης (m)	0.8
Ισοδύναμο Μήκος Καμπύλης (m)	0.5
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου	1
Συστήματα Μονάδων (1:Mcal/h 2:Kwatt)	Mcal/h

Λογισμοί Κυκλωμάτων Μονοσωλήνιας Θέρμανσης

Πεδο 1

Κυκ.	Μήκ. Σωλ. (m)	Φορτ. Κυκλ. (kWatt)	Πτώση Θερμ. (°C)	Παρ. Νερ. (m ³ /h)	Διάμ. Σωλ.	Ταχ. Νερού (m/s)	Ισοδ. Μήκος (m)	Στραγγαλ. (mΥΣ)	Πι. Πίεσ. (mΥΣ/m)	Ολική Πτώση (mΥΣ)
	22	2.620	5.270	0.429		0.721	28.20		0.044	1.252
	22	1.731	3.787	0.394		0.663	32.80		0.038	1.252
	15	1.482	2.837	0.450		0.757	25.80		0.049	1.252
	10	9.799		1.988	DN42	0.448	13.00		0.005	0.070

Λογισμοί Κυκλωμάτων Μονοσωλήνιας Θέρμανσης

Πεδο 2

Μηκ. Σωλ. (m)	Φορτ. Κυκλ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. (°C)	Παρ. Νερ. (m ³ /h)	Διάμ. Σωλ.	Ταχ. Νερού (m/s)	Ισοδ. Μήκος (m)	Στρα- γγαλ. (mYΣ)	Πι. Πίεσ. (mYΣ/m)	Ολική Πτώση (mYΣ)
15	2.148	7	0.265	Φ16	0.650	25.80		0.047	1.203
14	1.818	3.481	0.450		0.757	24.80		0.049	1.203
6	3.966		0.715	DN28	0.368	7.800		0.006	0.049

ΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1

Κκ.	Θερμ. Χώρος	Θερμ. Νερού (°C)	Φορτ. Χώρου (KWatt)	Παρ. Νερού (m3/h)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Θερμ. Χώρου (°C)	Ενερ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (KWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (KWatt)	Ρύθμ. Διακ. (%)	Ισοδ. Μήκος Διακ.
1.1	85.00	85.00	2.620	0.215	6.107	20	58.89	2.686	21-6001.35	2.814	50	3.6
1.2	85.00	85.00	0.335	0.197	0.850	20	64.15	0.306	11-3000.45	0.343	50	3.6
1.3	84.15	84.15	1.396	0.197	3.543	20	60.61	1.377	11-6001.05	1.551	50	3.6
1.4	85.00	85.00	1.139	0.225	2.531	20	62.47	1.080	21-5000.60	1.070	50	3.6
1.5	82.47	82.47	0.343	0.225	0.762	20	61.71	0.330	11-3000.45	0.343	50	3.6

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

Α. Δικ.	Θερμ. Χώρος	Θερμ. Νερού (°C)	Φορτ. Χώρου (kWatt)	Παρ. Νερού (m3/h)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Θερμ. Χώρου (°C)	Ενεργ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (kWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (kWatt)	Ρύθμ. Διακ. (%)	Ισοδ. Μήκος Διακ.
	2.1	84.57	0.992	0.132	3.743	20	60.83	0.974	11-3001.20	0.985	50	3.6
	2.2	80.83	1.156	0.265	4.362	20	58.65	1.192	11-5001.05	1.315	100	3.6
	2.3	84.57	1.679	0.225	3.731	20	60.84	1.648	11-5001.35	1.689	50	3.6
	2.4	80.84	0.139	0.225	0.309	20	60.53	0.137	11-3000.45	0.343	50	3.6

ΡΟΙ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1

Α/Α Εππ.	Α/Α Χώροι	Όνομ. Χώρου	Φορτ. Χώρου (kWatt)	Ενερ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (kWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (kWatt)
1	1	καθιστικό	2.620	58.89	2.686	21-6001.35	2.814
1	2	τραπεζαρία	0.335	64.15	0.306	11-3000.45	0.343
1	3	κουζίνα	1.396	60.61	1.377	11-6001.05	1.551
1	4	υπνοδωμάτιο-διαδρ.	1.139	62.47	1.080	21-5000.60	1.070
1	5	μπανιο	0.343	61.71	0.330	11-3000.45	0.343

ΡΟΙ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

θ. Κυκ.	Α/Α Εππ.	Α/Α Χώροι	Όνομ. Χώρου	Φορτ. Χώρου (kWatt)	Ενεργ. Θερμ. (°C)	Φορτίο (Q60) (kWatt)	Θερμ. Σώμα	Φορτ. Σώμ. (kWatt)
	2	1	υπνοδωμάτιο 1	0.992	60.83	0.974	11-3001.20	0.985
	2	2	υπνοδωμάτιο 2	1.156	58.65	1.192	11-5001.05	1.315
	2	3	υπνοδωμάτιο 3	1.679	60.84	1.648	11-5001.35	1.689
	2	4	μπανιο	0.139	60.53	0.137	11-3000.45	0.343

Εκλογή Λέβητα

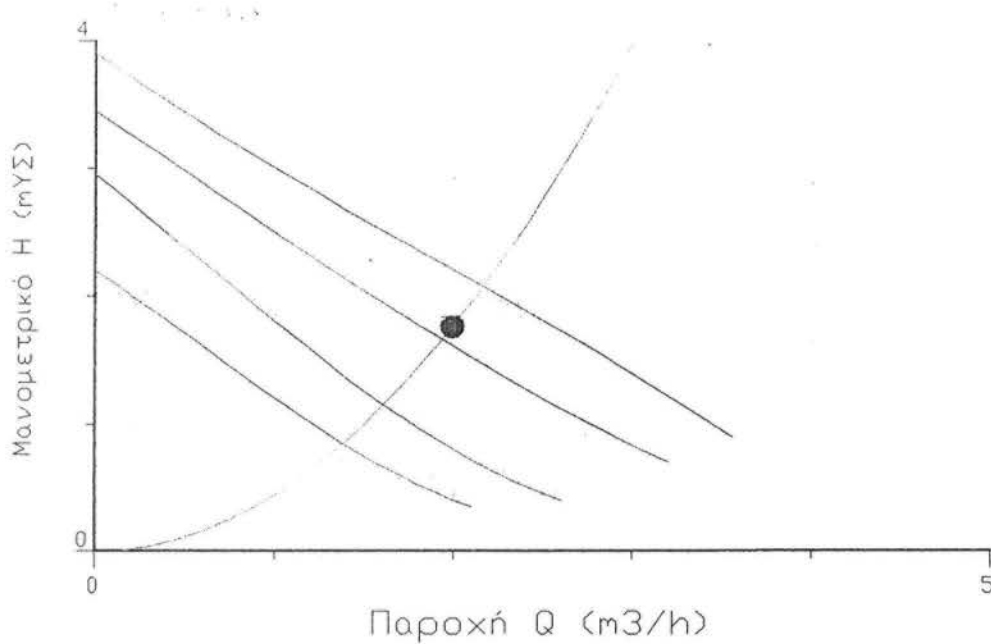
Συνολικό Θερμικό Φορτίο $Q_{ολ}$ (KWatt)	9.80
Θερμικό Φορτίο Boiler ή Άλλο Θερμικό Φορτίο (Mcal/h)	0.00
Συντελεστής Προσαύξησης Λέβητα ΖΛ	0.25
Θερμική Ισχύς Λέβητα $Q_{Λ}=(1 + ΖΛ) Q_{ολ}$ (KWatt)	12.25
Τύπος Λέβητα που Επιλέγεται	VISSMANN VIT.-BIF.-E 18-21
Θερμαντική Ικανότητα Λέβητα	18100 Kcal/h
Περιεκτικότητα σε Νερό	64 lt
Διαστάσεις Λέβητα	834 X 615 X 664 (mm)

Υπολογισμός Καυστήρα - Δεξαμενής Καυσίμων

Επιλογή Καυστήρα	
Θερμική Ισχύς Λέβητα QΛ (KWatt)	12.25
Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου q (KWatt/Kg)	10
Βαθμός Απόδοσης η	0.95
Ωριαία Κατανάλωση Καυσίμου $W=Q\Lambda/q\eta$ (Kg/h)	1.29
Τύπος Καυστήρα που Επιλέγεται	BENTONE BEO 20KAV 2,0-6,0 kg/h
Υπολογισμός Καυστήρα - Δεξαμενής Καυσίμων	
Επιλογή Δεξαμενής Καυσίμου	
Ωρες Λειτουργίας (h)	12
Ημερήσια Κατανάλωση G (Kg/d)	15.47
Ειδικό Βάρος Καυσίμου (Kg/l)	0.83
Επάρκεια για Ημέρες	
Απαιτούμενος Ογκος Δεξαμενής V (l)	0.00
Μήκος Δεξαμενής (m)	2
Πλάτος Δεξαμενής (m)	1
Υψος Δεξαμενής (m)	1
Υπολογιζόμενος Ογκος Δεξαμενής V (l)	2000.00

Υπολογισμός Κυκλοφορητή

Παροχή Νερού Q (m ³ /h)	1.99
Τριβές Δικτύου (mΥΣ)	1.322
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Λέβητα (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.02
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Διόδου (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.05
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Τριβών Βαλβίδας Αντεπιστροφής (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	0.04
Συντελεστής C (C=ΔP/Q ²) Λοιπών Τριβών (mΥΣ)/(m ³ /h) ²	
Μανομετρικό Ύψος (mΥΣ)	1.76
Τύπος Κυκλοφορητή που Επιλέγεται	WILO RS 25/60
Μέγεθος	95x142x234 (mm)
Παροχή	4.2 m ³ /h
Μανομετρικό Ύψος	3.9 ΜΥΣ
Ισχύς Κινητήρα	24 W
Ηλεκτρικά Δεδομένα	0.4A - 220V - 2000n



Υπολογισμός Ασφαλιστικού - Καπνοδόχου

Επιλογή Κλειστού Δοχείου Διαστολής	
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού t_n (°C)	85.00
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού t_r (°C)	80.07
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m=(t_n+t_r)/2$ (°C)	82.54
Στατική Πίεση Εγκατάστασης P_A (bar)	1.2
Τελική Πίεση Εγκατάστασης $P_E=P_A+0.7$ (bar)	1.9
Συντελεστής Διαστολής A_f	0.03
Περιεχόμενο Νερό στο Σύστημα V_s (l)	147.83
Η Διαστολή του Νερού είναι $V_A = A_f \times V_s$ (l)	4.75
Ελάχιστος Ογκος Δοχείου Διαστολής $V_N=(P_E+1) \times V_A/(P_E-P_A)$ (l)	19.66
Επιλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	REFLEX N 25
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	25lt/3bar
Επιλογή Βαλβίδας Ασφαλείας	
Επιλέγεται Βαλβίδα Ασφαλείας	1/2"
Ονομαστική Πίεση Βαλβίδας Ασφαλείας $P_{BA}=P_A+1.6$ (bar)	2.8
Επιλογή Καπνοδόχου	
Όλικό Ύψος Καπνοδόχου (m)	19
Ελάχιστη Εσωτερική Διατομή Καπνοδόχου (cm ²)	60.56
Επιλέγεται Καπνοδόχος Διαστάσεων (cm)	

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ

Προοδότης : ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
 :
 :
 Έργο : ΚΑΤΟΙΚΙΑ
 :
 :
 Έση : ΑΘΗΝΑ
 :
 :
 Ημερομηνία :
 Ελετητής : ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ Γ.
 : ΔΗΜΗΤΣΑΣ Δ.
 :
 Παρατηρήσεις :
 :
 :

ΓΕΝΙΚΑ

Κατά την σύνταξη της μελέτης λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω κανονισμοί:

Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΦΕΚ 362/Δ/1979-Κεφ.7)

Το άρθρο 26 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 59/Δ/89), καθώς και τα παραπεμπόμενα από αυτό:
 ΟΤΕΕ 2421/86, Μέρος Α και Β (ΦΕΚ 67/Β/88 και ΦΕΚ 177/Β/88)
 2 πρότυπα ΕΛΟΤ 234,352,810,447
 ΥΑ 10315/93 (ΦΕΚ 369/Β/93) για τις εστίες καύσης
 απόφαση 20840/1296 (ΦΕΚ 366/Β/79) για υποχρεωτική τοποθέτηση τρίοδης ή τετράοδης βάνας
 1 κανονισμοί DIN 4701-4706/DIN 4751
 2 ΠΔ 27/09/85 (ΦΕΚ 631/Δ/85) για την Κατανομή Δαπανών Θέρμανσης και η εγκύκλιος 126/85

Κατά την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20 °C, με εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος 0° C.

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου ανέρχονται σε **Q_{tot} = 9.799 KWatt**.

Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με **t = 85 °C**.

Η θέρμανση των χώρων γίνεται με το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία του νερού (μέσω κυκλοφορητή). Η διανομή του φορέα θερμότητας γίνεται από κάτω με διπλή γραμμή. Κατά την λειτουργία της εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθεί ελαφρό πετρέλαιο (Diesel Oil) με θερμογόνο αριθμό 10.200 Kcal/kg. Για την τέλεια καύση του πετρελαίου θα πρέπει να γίνεται συντήρηση και σωστή λειτουργία του καυστήρα, λέβητα και καπνοδόχου τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

ΕΒΗΤΑΣ

Κατά την τροφοδοσία της εγκαταστάσεως κεντρικής θέρμανσης προβλέπεται η τοποθέτηση χαλύβδινου αγωγού θερμού νερού, αεριοαπωθητικού, αντιθλίψεως κατάλληλου για καύση πετρελαίου.

Για την προστασία της εγκατάστασης από την κρύση του λέβητα, σωληνώσεων και για την επιτάχυνση της λειτουργίας πάρθηκε ίση με **Z = 0.25**

Επομένως απαιτείται λέβητας συνολικής θερμικής ισχύος ίσης με **Q = 12.249 KWatt**

Ο λέβητας που επιλέγεται, έχει τα παρακάτω στοιχεία:

ESSMANN VIT.-BIF.-E 18-21

3100 Kcal/h

1 lt

34 X 615 X 664 (mm)

Λέβητας είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ 234-235 και έχει:

Θυρίδες επίβλεψης της φωτιάς, καθαρισμού του εσωτερικού του και των αεραυλών και ασφάλειες από υπερπίεση μέσα στον χώρο καύσης

Χαλύβδινη πλάκα για την προσαρμογή του καυστήρα

Κρουνό εκκένωσης στο κάτω μέρος

Στόμια για την προσαγωγή των σωληνώσεων αναχώρησης και επιστροφής του νερού με φλάντζες

Ειδικό μονωτικό περίβλημα με εξωτερικό προστατευτικό μανδύα από γαλβανισμένο χαλυβδόφυλλο

1) θερμόμετρο και μανόμετρο

ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ

Λέβητας θα θερμαίνεται με καυστήρα πετρελαίου Diesel αυτόματης λειτουργίας κατάλληλο για λειτουργία εναλλασσόμενο ρεύμα 220 V/ 50 Hz και προοδευτική ρύθμιση φλόγας σύμφωνα με το απαιτούμενο ρμικό φορτίο.

καυστήρας πληρεί τα σχέδια ΕΛΟΤ 276-386, είναι υπερπίεσης, και επιτυγχάνει όσο το δυνατόν τελειότερη ισκόρπηση και ανάμιξη του πετρελαίου με τον αέρα. Επίσης, θα περιλαμβάνει τα παρακάτω εξαρτήματα ι συσκευές:

Αντλία πετρελαίου που αναρροφά το καύσιμο από την δεξαμενή

Φίλτρο πετρελαίου που καθαρίζεται εύκολα

Φυγοκεντρικό Ανεμιστήρα

Ηλεκτροκινητήρα

Σύστημα αυτόματης έναυσης με σπινθριστή

1) Φωτοαντίσταση για τον έλεγχο της φλόγας

1) Δροστάτη ασφαλείας

Τους απαραίτητους ηλεκτρονόμους

καυστήρας πετρελαίου που θα τοποθετηθεί θα είναι ικανότητας: **W = 1.289 Kg/h.**

πτείνεται Καυστήρας με τα παρακάτω στοιχεία:

NTONE BEO 20KAV 2,0-6,0 kg/h

ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

λεβητοστάσιο για την αναγκαστική κυκλοφορία του ζεστού νερού τοποθετείται στον κεντρικό σωλήνα ασαγωγής νερού κυκλοφορητής. Αυτός αποτελείται από φυγόκεντρη αντλία ζευγμένη στον ίδιο άξονα του κτροκινητήρα, μέσω ελαστικού συνδέσμου. Ο Ηλεκτροκινητήρας είναι στεγανού τύπου μονοφασικός 220 V Hz. Η λειτουργία του κυκλοφορητή είναι αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς, εγκαθίσταται δε στους λήνες με την βοήθεια φλαντζών. Ακόμα, ο κυκλοφορητής είναι υδρολίπαντος, κατάλληλος για κυκλοφορία ού θερμοκρασίας 120°C και πίεση 6 bar.

κυκλοφορητής πρέπει να έχει παροχή ίση με **1.988 m³/h.**

της θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος Η ίσο με **1.757 Μ.Υ.Σ..**

πτείνεται κυκλοφορητής με τα παρακάτω στοιχεία:

O RS 25/60

142x234 (mm)

n3/h

Ι ΜΥΣ
W
IA - 220V - 2000n

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Δεξαμενή του πετρελαίου θα κατασκευαστεί από μαύρη λαμαρίνα πάχους 4 mm με ηλεκτροσυγκόλληση εσωτερικές ενισχύσεις από μορφοσίδηρο. Μετά την κατασκευή της θα βαφτεί εξωτερικά με μίνιο και στην νέχεια με ελαιόχρωμα. Στο πάνω μέρος θα έχει ανθρωποθυρίδα επίσκεψης και καθαρισμού, διαστάσεων 60 cm με κάλυμμα στεγανό, προσαρμοσμένο με βίδες και παρέμβυσμα από λαμαρίνα του ίδιου χους.

Δεξαμενή θα έχει χωρητικότητα **2000.00 lt**
διαστάσεις **2 x 1 x 1 (m)**

Δεξαμενή αυτή θα αρκεί για αποθήκευση πετρελαίου για διάστημα **ημερών**

Δεξαμενή θα είναι εφοδιασμένη:

με κρουνό κένωσης $1\frac{1}{2}$ " στο κατώτερο σημείο του πυθμένα

με δείκτη στάθμης

με σωλήνα εξαερισμού $1\frac{1}{2}$ "

με σωλήνα πλήρωσης, ο οποίος θα κατασκευαστεί από σιδηροσωλήνα διαμέτρου $1\frac{1}{2}$ ", και το άκρο του είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στο στόμιο του ελαστικού σωλήνα βυτιοφόρου.

με παροχή $\frac{1}{2}$ " με βάνα για την τροφοδότηση του καυστήρα.

ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Δίκτυο κεντρικής θέρμανσης ασφαρίζεται με κλειστό δοχείο διαστολής, τοποθετούμενο στην επιστροφή ζεστού νερού. Αυτό θα τοποθετηθεί με κατάλληλα στηρίγματα στο δάπεδο του Λεβητοστασίου.

δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι **REFLEX N 25**
έχει χωρητικότητα ίση με **25lt/3bar**

ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

καπνοδόχος του Λέβητα θα γίνει με προκατασκευασμένα κομμάτια από κισσηρομπετόν, εσωτερικών στάσεων όπως φαίνονται στα σχέδια. Η καπνοδόχος θα προεκταθεί κατά 1 m πάνω από το δάπεδο του ματος. Στο κατώτατο σημείο της καπνοδόχου και προς την πλευρά του Λέβητα θα κατασκευαστεί θυρίδα λρισμού αεροστεγής. Τέλος, στο πάνω μέρος θα προσαρμοστεί κάλυμμα από γαλβανισμένη λαμαρίνα χους 2 mm.

Διαστάσεις της καπνοδόχου που επιλέγεται θα είναι ίσες με **cm**

στόμιο εξόδου των καυσαερίων από τον λέβητα θα συνδεθεί με την καπνοδόχο με καπναγωγό από ρη λαμαρίνα ηλεκτροσυγκολλητό. Για την προσαρμογή της κυκλικής διατομής εξόδου των καυσαερίων στον Λέβητα προς τον ορθογωνικής διατομής καπναγωγό, θα κατασκευαστεί ειδικό τεμάχιο μετάπτωσης το οποίο εξασφαλίζεται η ομαλή πορεία των καυσαερίων.

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

α σώματα θα είναι χαλύβδινα, εγχώριας προέλευσης. Θα τοποθετηθούν με επιμέλεια και θα συνδεθούν στο δίκτυο του θερμού νερού, ενώ θα χρωματιστούν με ειδικό χρώμα που αντέχει στη θερμοκρασία του δικτύου. Η στερέωση στους τοίχους θα γίνει με τη βοήθεια ειδικών στηριγμάτων.

Ο είδος και το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό τυπο.

ΣΩΛΗΝΕΣ

Οι σωλήνες του δικτύου θα τοποθετηθούν σύμφωνα με τα σχέδια. Τα οριζόντια τμήματά τους θα κλίνουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί.

Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάννα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ζεστού νερού που βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με αφρώδεις σωλήνες τύπου Armaflex, πάχους εξαρτημένου από την θερμοκρασία του νερού και την διάμετρο του σωλήνα.

ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ

Οι διαστάσεις του λεβητοστασίου θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις προδιαγραφές. Οι ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις θα πρέπει να είναι m x m x m. Ακόμα, για την επάρκεια λήψης νερού, απαιτείται για το λεβητοστάσιο και την αποθήκη καυσίμων παράθυρο ή άνοιγμα κατάλληλων διαστάσεων.

Εάν υπάρχουν τα εξής παράθυρα:

Στο λεβητοστάσιο διαστάσεων: cm x cm
Στο λεβητοστάσιο οπή προσαγωγής αέρα: cm x cm
Στο λεβητοστάσιο οπή απαγωγής αέρα: cm x cm
Στην αποθήκη καυσίμων διαστάσεων: cm x cm

Εάν φωτίζονται επαρκώς και τα νερά θα αποχετεύονται.

ΔΟΚΙΜΗ

Πριν από την αποπεράτωση του δικτύου των σωληνώσεων και πριν από την τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων θα τεθεί το δίκτυο υπό υπερπίεση 8 ατμοσφαιρών για τρεις συνεχείς ώρες.

Εάν όσον δεν παρουσιαστεί καμμία διαρροή, θα τοποθετηθούν τα σώματα. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών μετρουμένων στο λεβητοστάσιο επί δύο συνεχείς ώρες. Σε περίπτωση κάποιας διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί.

Μετά την ολοκλήρωση θα τεθεί η εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους θέρμανσης, μέχρι θερμοκρασίας δρόμης βρασμού του νερού, και κατόπιν θα αφαιρεθεί η υπερπίεση με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των σωληνώσεων και παρεμβυσμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Για την συντήρηση απαιτούνται τα παρακάτω:

Ετήσια Λίπανση των λιπαντήρων του καυστήρα με ελαφρό έλαιο

Ετήσια επιθεώρηση και καθαρισμός του Λέβητα και της καπνοδόχου

Καμία τροποποίηση της μελέτης αυτής μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μετά από τη σύμφωνη γνώμη του συντάκτη της μελέτης.

Ο Συντάξας

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

3.1.1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ PCM

Η εγκατάσταση θα έχει ισχύ 12.206 kw (όπως προκύπτει και από την τεχνική μελέτη, που επισυνάπτεται)

- Σωλήνες:
 - 6 μέτρα σωλήνες DN 28 (προς 6 ευρώ το μέτρο)= 36 ευρώ
 - 10 μέτρα σωλήνες DN 42 (προς 10 ευρώ το μέτρο)= 80 ευρώ
 - 88 μέτρα πλαστικούς σωλήνες Φ 16 (προς 1,5 ευρώ το μέτρο)= 130 ευρώ
- Λέβητας-Καυστήρας= 2.500 ευρώ
- Κυκλοφορητής (wilo 25/60)= 200 ευρώ
- Θερμαντικά Σώματα= 920 ευρώ
- Εξαρτήματα Εγκατάστασης= 220 ευρώ
- Δεξαμενή Πετρελαίου= 920 ευρώ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ= 5006 ΕΥΡΩ

3.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ PCM

Η εγκατάσταση θα έχει ισχύ 9.801 kw.

- Σωλήνες:
 - 6 μέτρα σωλήνες DN 28 (προς 6 ευρώ το μέτρο)= 36 ευρώ
 - 10 μέτρα σωλήνες DN 42 (προς 10 ευρώ το μέτρο)= 80 ευρώ
 - 88 μέτρα πλαστικούς σωλήνες Φ 16 (προς 1,5 ευρώ το μέτρο)= 130 ευρώ
- Λέβητας-Καυστήρας= 2.500 ευρώ
- Κυκλοφορητής (wilo 25/60)= 200 ευρώ
- Θερμαντικά Σώματα= 700 ευρώ
- Εξαρτήματα Εγκατάστασης= 220 ευρώ
- Δεξαμενή Πετρελαίου= 920 ευρώ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ= 4786 ΕΥΡΩ

3.2 ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ PCM ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ PCM

Το ετήσιο κόστος θερμικής λειτουργίας ενός λέβητα-καυστήρα θα υπολογιστεί με βάση το κόστος θερμικής λειτουργίας του συν το κόστος της συντήρησης του. Για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους θερμικής λειτουργίας θα αποδεχθούμε ως δεδομένη, την ορισθείσα από το ΤΕΕ, διάρκεια του Χειμώνα και την ημερήσια λειτουργία των θερμαντικών μέσων. Με βάση το ΤΕΕ ο χειμώνας στην Ελλάδα έχει διάρκεια περίπου 4,5 μήνες και στην διάρκεια αυτών των μηνών η ημερήσια λειτουργία των θερμαντικών μέσων φτάνει περίπου τις 8 ώρες. Κατά συνέπεια με βάση τα ορισθέντα από το ΤΕΕ η ετήσια διάρκεια λειτουργία των θερμαντικών μέσων στην Ελλάδα ορίζεται σε:

<ul style="list-style-type: none"> • 4,5 μήνες(με κάθε μήνα 30 ημέρες), $4,5 \times 30 = 135$ ημέρες
<ul style="list-style-type: none"> • 135 ημέρες \times 8 ώρες/ημερήσιος = 1080 ώρες ετήσιας λειτουργίας λέβητα-καυστήρα.

Για να υπολογίσουμε την ωριαία κατανάλωση του λέβητα-καυστήρα κάνουμε χρήση του τύπου:

$$q = \frac{Q}{n \times Hk}$$

ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΧΩΡΙΣ PCM

$$q = \frac{Q}{n \times Hk} = \frac{10.495}{0.9 \times 10.200 \text{ kcal/kg}} = 1,14 \text{ kg/h}$$

ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ PCM

$$q = \frac{Q}{n \times H} = \frac{8.427}{0.9 \times 10.200 \text{ kcal/kg}} = 0.91 \text{ kg/h}$$

Επιτυγχάνοντας να υπολογίσουμε την ωριαία κατανάλωση των καυστήρων τόσο με α) την χρήση PCM όσο και β) χωρίς την χρήση PCM και γνωρίζοντας το πλήθος των ωρών λειτουργίας των θερμαντικών μέσων κατά την διάρκεια του έτους μπορούμε να υπολογίσουμε την ετήσια κατανάλωση, που επέρχεται σε κάθε μία από τις ανωτέρω κατηγορίες και με βάση ένα σταθερό κόστος του πετρελαίου θέρμανσης στα 1,224 ευρώ το λίτρο θα υπολογίσουμε αργότερα το ετήσιο κόστος Θερμικής Λειτουργίας:

Ο Λέβητας-Καυστήρας σε κατοικία χωρίς PCM καταναλώνει 1,14kg/h και καθώς με βάση τα δεδομένα του ΤΕΕ θα λειτουργήσει επί 1080 ώρες κατά την διάρκεια του χειμώνα έχουμε, $1080 \times 1,14 \text{ kg/h} = 1.231,2 \text{ kg}$ ανά έτος. Έχοντας σταθερή τιμή πετρελαίου θέρμανσης τα 1,224 ευρώ το λίτρο, έχουμε $1.231,2 \text{ kg}$ ανά έτος $\times 1,224 \text{ ευρώ το λίτρο} = 1.506,8 \text{ ευρώ το χρόνο}$.

Ο Λέβητας-Καυστήρας σε κατοικία με PCM καταναλώνει 0,91kg/h και καθώς με βάση τα δεδομένα του ΤΕΕ θα λειτουργήσει επί 1080 ώρες κατά την διάρκεια του χειμώνα έχουμε, $1080 \times 0,91 \text{ kg/h} = 993,6 \text{ kg}$ ανά έτος. Έχοντας σταθερή τιμή πετρελαίου θέρμανσης τα 1,224 ευρώ το λίτρο, έχουμε $993,6 \text{ kg}$ ανά έτος $\times 1,224 \text{ ευρώ το λίτρο} = 1.216 \text{ ευρώ το χρόνο}$.

	<i>1^η περίπτωση</i>	<i>2^η περίπτωση</i>
	<i>α. Λέβητας καυστήρα χωρίς PCM</i>	<i>β. Λέβητας καυστήρα με PCM</i>
Αρχική Επένδυση		
Κόστος Εγκατάστασης (μελέτη, προμήθεια, εγκατάσταση, σύνδεση)	5.006 ΕΥΡΩ	5.780 ΕΥΡΩ (πρόκειται για το κόστος εγκατάστασης του καυστήρα συν το κόστος του PCM) ($4786 + 994 = 5.780 \text{ ΕΥΡΩ}$)
Ετήσια Λειτουργικά Κόστη		
Κόστος Θερμικής Λειτουργίας	1507 ΕΥΡΩ	1216 ΕΥΡΩ
Κόστος συντήρησης	50 ΕΥΡΩ	50 ΕΥΡΩ

3.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ-ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ PCM

3.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ (LCC)

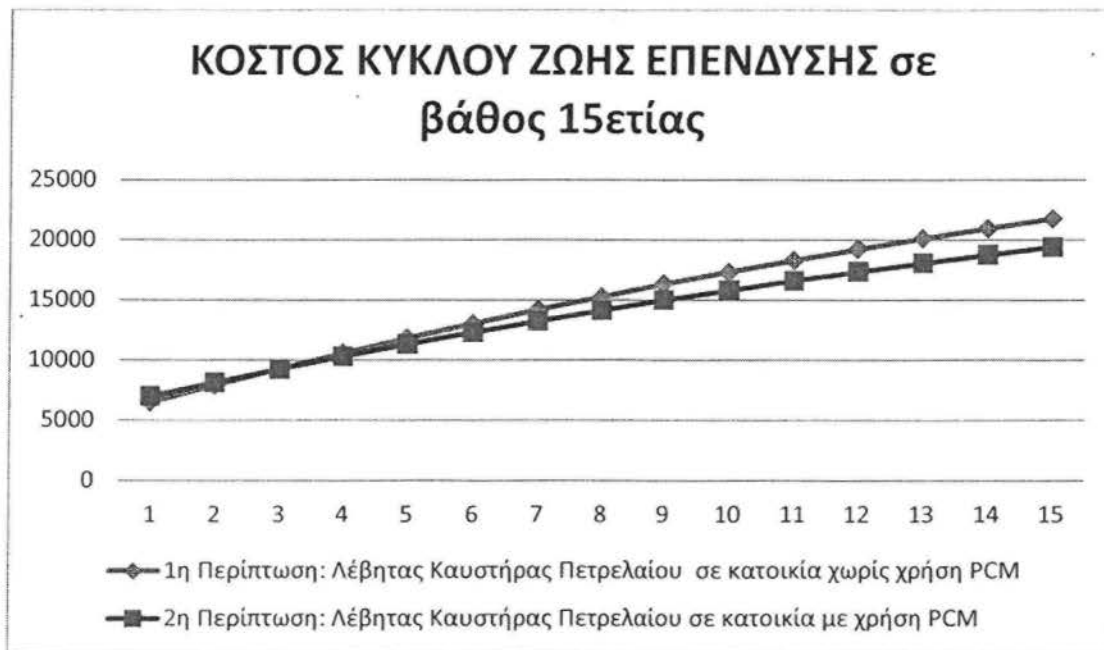
Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της επένδυσης ήταν αυτή του κόστους του κύκλου ζωής (Life Cycle Cost). Η μέθοδος αυτή είναι η ευρύτερα αποδεκτή για την εκτίμηση του οικονομικού οφέλους των έργων εξοικονόμησης ενέργειας κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση δύο εναλλακτικών επιλογών για ένα δεδομένο έργο. Η βασική διαδικασία υπολογισμού της μεθόδου LCC είναι ο καθορισμός της οικονομικής αποδοτικότητας των διάφορων εναλλακτικών λύσεων. Για κάθε εναλλακτική επιλογή υπολογίζονται τα συνολικά κόστη για όλη τη διάρκεια της ζωής του εκάστοτε έργου. Στην δική μας περίπτωση θα υπολογιστούν τα συνολικά κόστη κατά την διάρκεια της πρώτης δεκαπενταετίας του ενεργειακού έργου. Σε τέτοιες αναλύσεις είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται ένα προεξοφλητικό επιτόκιο (θ), στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι επιδράσεις του πληθωρισμού και της φορολογίας, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο υπολογίζεται από τον τύπο: $\theta = \frac{i+\lambda}{1+\lambda}$, όπου το i είναι ο μέσος όρος των επιτοκίων 2001-2011 και λ ο ετήσιος πληθωρισμός ($i=8\%$ και $\lambda=3,4$ με βάση τα στοιχεία της Τράπεζας της Ελλάδας).

Η παρούσα αξία του κόστους στον κύκλο ζωής μίας επένδυσης υπολογίστηκε από τον τύπο: $LCC = \sum_{k=0}^N CF_k \times SPPW(d, k)$, όπου: $SPPW(d, k) = (1 + \theta)^{-k}$ και CF_k οι χρηματοροές.

Στην δική μας περίπτωση αξιολογήθηκαν δύο εναλλακτικές περιπτώσεις: 1^η περίπτωση: λέβητα-καυστήρα πετρελαίου χωρίς PCM και 2^η περίπτωση: λέβητα-καυστήρα πετρελαίου με χρήση PCM. Η διάρκεια ζωής και των δύο συστημάτων υπολογίστηκε για την πρώτη δεκαπενταετία χρήσης του. Το προεξοφλητικό επιτόκιο υπολογίστηκε ως εξής: $\theta = \frac{8\%+3,4\%}{1+3,4\%} = 4,45\%$. Ο παράγοντας παρούσας αξίας απλής πληρωμής 1^{ου} έτους $SPPW_{1=(1+4,45\%)^{-1}} = 0,957$. Η απλή παρούσα αξία του κόστους στον κύκλο ζωής του 1^{ου} έτους είναι $LCC = 5.006 + (1557 \times 0,957)$. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζουμε το κόστος και στα δεκαπέντε χρόνια του κύκλου ζωής.

Έτη Λειτουργίας	1 ^η περίπτωση Λέβητας Καυστήρα Πετρελαίου χωρίς χρήση PCM	2 ^η περίπτωση Λέβητας Καυστήρα Πετρελαίου με χρήση PCM
1	6496,665	6992,063
2	7923,822	8152,487
3	9290,176	9263,473
4	10598,32	10327,13
5	11850,73	11345,46
6	13049,78	12320,41
7	14197,75	13253,83
8	15296,81	14147,48
9	16349,04	15003,05
10	17356,45	15822,17
11	18320,93	16606,4
12	19244,33	17357,21
13	20128,38	18079,04
14	20974,77	18764,24
15	21785,1	19423,12



Συνεπώς όπως βλέπουμε και στο γράφημα το κόστος του κύκλου ζωής ενός λέβητα-καυστήρα πετρελαίου σε κατοικία με την χρήση PCM είναι χαμηλότερο. Στο γράφημα, όπως και στον πίνακα παρουσιάζεται η πορεία του κόστους του κύκλου ζωής και στις δύο περιπτώσεις, σε κατοικία με την χρήση PCM και σε κατοικία χωρίς

PCM. Βλέπουμε πως αρχικά τα πρώτα τέσσερα χρόνια το κόστος 1^{ης} και της 2^{ης} περίπτωσης είναι σχεδόν όμοιο, με την 2^η περίπτωση να έχει μικρό πλεονέκτημα, λόγω ενός ελάχιστα χαμηλότερου κόστους. Από το 5^ο έτος και μετά και μέχρι το 15^ο έτος η μεταξύ τους ψαλίδα μεγαλώνει υπέρ της 2^{ης} περίπτωσης, της οποίας το κόστος παραμένει συνεχώς μικρότερο και το μεταξύ τους χάσμα μεγαλώνει. Έτσι τον 15^ο έτος η 1^η περίπτωση έχει κόστος 21785,1 ευρώ και η 2^η περίπτωση έχει κόστος 19423,12 ευρώ.

3.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ (NPV)

Η μέθοδος NPV βασίζεται στην απλή παραδοχή, πως αν η σημερινή αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών που θα έχουμε από μία επένδυση είναι μεγαλύτερη από το κόστος της, τότε η επένδυση πρέπει να πραγματοποιηθεί. Αν αντίθετα είναι μικρότερη, τότε πρέπει να απορριφθεί. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) μίας επένδυσης είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των καθαρών ταμειακών ροών της επένδυσης, προεξοφλημένων στο παρόν με επιτόκιο θ και του αρχικού κεφαλαίου K_0 , που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η επένδυση σήμερα.

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^n \frac{ΚΤΡ_t}{(1+\theta)^t} - K_0$$

, όπου

- K_0 είναι το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης
- ΚΤΡ είναι η ετήσια θετική ή αρνητική ταμειακή ροή του έτους $t=1,2,3,4,\dots,n$
- θ είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο

Για να αξιολογήσουμε την επένδυση μας σύμφωνα με τη μέθοδο NPV λάβαμε υπόψη μας σαν αρχικό κεφάλαιο επένδυσης την διαφορά του κόστους εγκατάστασης των συστημάτων της 1^{ης} Περίπτωσης και της 2^{ης} Περίπτωσης και σαν ταμειακή ροή εξοικονόμησης του κόστους λειτουργίας 1^{ης} Περίπτωσης και της 2^{ης} Περίπτωσης. Η καθαρή παρούσα αξία υπολογίστηκε για 15 χρόνια με ετήσιο επιτόκιο 4,45%. Ο τύπος, που χρησιμοποιήθηκε είναι:

$$NPV = \sum_{t=1}^{15} \frac{291 \text{ ευρώ}}{(1+4,45\%)^t} - 774 \text{ ευρώ}$$

$$NPV = -774 + \frac{291 \text{ ευρώ}}{(1+0,0445)^1} + \frac{291 \text{ ευρώ}}{(1+0,0445)^2} + \dots + \frac{291 \text{ ευρώ}}{(1+0,0445)^{15}} \rightarrow 2362 \text{ ευρώ}$$

Η καθαρή παρούσα αξία κάνοντας τους υπολογισμούς για την πενταετία είναι θετική και φτάνει στα 2.362 ευρώ. Η επένδυση με προεξοφλητικό επιτόκιο 4,45% θεωρείται κερδοφόρα αφού όχι μόνο αποσβένει το αρχικό της κεφάλαιο αλλά παρουσιάζει κέρδος 2.362 ευρώ.

3.3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ IRR

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε με ποιο επιτόκιο η επένδυση μας θα ήταν στο σημείο 0 θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο (IRR). Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το προεξοφλητικό επιτόκιο που εξισώνει την παρούσα αξία των ετήσιων ταμειακών ροών μίας επένδυσης, με το αρχικό της κόστος, δηλαδή το επιτόκιο, που μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Δηλαδή ο IRR φανερώνει την απόδοση μιας επένδυσης. Ο τύπος, που χρησιμοποιήθηκε είναι:

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} - K_0 = 0$$

$$IRR = -774 + \frac{291}{(1+IRR)^1} + \frac{291}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{291}{(1+IRR)^{15}} = 0 \rightarrow IRR = 37,25\%$$

Άρα το προεξοφλητικό επιτόκιο ήταν 37,25% η επένδυση μας θα βρισκονταν σε νεκρό σημείο, καθώς δεν θα σημειώνονταν ούτε κέρδος ούτε ζημία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι να εξετάσει πρωταρχικά τις ενεργειακές ανάγκες μίας άριστα μονωμένης διώροφης κατοικίας σε θέρμανση με την χρήση, ως θερμαντικού μέσου καυστήρα-λέβητα πετρελαίου, πριν την ενσωμάτωση PCM και μετά την ενσωμάτωση PCM. Επίσης η παρούσα πτυχιακή αξιολόγησε το ετήσιο κόστος της θερμικής λειτουργίας του καυστήρα πετρελαίου στην ανωτέρω κατοικία, πριν την ενσωμάτωση PCM και μετά την ενσωμάτωση PCM. Τα ανωτέρω στοιχεία αξιοποιήθηκαν, ώστε σε τελικό επίπεδο να αξιολογηθεί η οικονομική αποδοτικότητα της ενσωμάτωσης PCM, ως επένδυσης.

Η ερευνητική εξέταση της θερμικής απόκρισης του κτηρίου έγινε με την αξιοποίηση του λογισμικού 4M Fine Adapt της εταιρίας 4M. Ο υπολογισμός του κόστους της θερμικής λειτουργίας του καυστήρα πετρελαίου, υπολογίστηκε σε ετήσια βάση, με γνώμονα το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας συν το κόστος της συντήρησης του καυστήρα-λέβητα. Η οικονομική αξιολόγηση της χρήσης λέβητα-καυστήρα σε κατοικία με PCM, έγινε σε βάθος δεκαπενταετίας με την αξιοποίηση της μεθόδου υπολογισμού του Κόστους στον Κύκλο Ζωής και της Μεθόδου NPV(καθαρής παρούσας αξίας).

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως με την ενσωμάτωση υλικών PCM στη δομή του ερευνητικού προτύπου μας (διώροφης κατοικίας) παρουσιάζονται σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς παρουσιάζεται σαφής βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Το ερευνητικό πρότυπο επιλέχθηκε να βρίσκεται στην Αθήνα, ώστε να ανήκει στην Β Θερμική Ζώνη της Ελλάδας.

Ειδικότερα οι μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν με τον 4M έδειξαν, πως η αντικατάσταση του εσωτερικού επίχρισματος της διώροφης κατοικίας από άλλο επίχρισμα που περιέχει PCM οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό της απαιτούμενης ενέργειας για την θέρμανση του κτηρίου. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης υπολογίστηκε με την χρήση στο εσωτερικό επίχρισμα της κατοικίας PCM πάχους ίσο με 3cm. Η Μεταβολή των Θερμικών φορτίων παρουσίασε μείωση 47.3% σε σχέση με

την αρχικής απαιτούμενης ενέργειας θέρμανσης, όπως αυτή υπολογίστηκε πριν την χρήση PCM. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση κατά 24.9 % στη διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης.

Η οικονομική αποδοτικότητα της αντικατάσταση του εσωτερικού επιχρίσματος της διώροφης κατοικίας από άλλο επίχρισμα που περιέχει PCM υπήρξε σημαντική, καθώς το κτήριο πριν την αντικατάσταση του επιχρίσματος είχε ετήσιο κόστος θερμικής λειτουργίας 1.507 ευρώ και μετά την αντικατάσταση του επιχρίσματος με άλλο που περιέχει PCM το ετήσιο κόστος θερμικής λειτουργίας μειώθηκε στα 1.216 ευρώ.

Η αξιολόγηση της αντικατάσταση του εσωτερικού επιχρίσματος της διώροφης κατοικίας από άλλο επίχρισμα που περιέχει PCM έγινε με την Μέθοδο υπολογισμού του κόστους του κύκλου ζωής(Life Cycle Cost). Η μέθοδος LCC χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογηθούν, οι δύο εναλλακτικές επιλογές, που υπήρχαν, πριν και μετά την χρήση του PCM ως εσωτερικού επιχρίσματος και με βάση αυτή την αξιολόγηση να καθοριστεί η οικονομική αποδοτικότητα των δύο εναλλακτικών λύσεων σε βάθος δεκαπενταετίας.

Από αυτή την αξιολόγηση προέκυψε, πως το κόστος του κύκλου ζωής ενός λέβητα-καυστήρα πετρελαίου σε κατοικία με την χρήση PCM είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με την κατοικία χωρίς την χρήση PCM. Αρχικά τα πρώτα τέσσερα χρόνια το κόστος 1^{ης} και της 2^{ης} περίπτωσης είναι σχεδόν όμοιο, με την 2^η περίπτωση να έχει μικρό πλεονέκτημα, λόγω του ελάχιστα χαμηλότερου κόστους. Από το 5^ο έτος και μετά και μέχρι το 15^ο έτος η μεταξύ τους ψαλίδα μεγαλώνει υπέρ της 2^{ης} περίπτωσης, της οποίας το κόστος παραμένει συνεχώς μικρότερο και το μεταξύ τους χάσμα μεγαλώνει. Έτσι τον 15^ο έτος η 1^η περίπτωση έχει κόστος **21785,1 ευρώ** και η 2^η περίπτωση έχει κόστος **19423,12 ευρώ**.

Ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας, με την μέθοδο NPV, έγινε για 15 χρόνια με ετήσιο επιτόκιο 4,45% και κατέδειξε πως η χρήση του PCM ως εσωτερικού επιχρίσματος είναι κερδοφόρα καθώς όχι μόνο απόσβεσε το αρχικό καταβληθέν κεφάλαιο αλλά και παρουσίασε κέρδος 2.362 ευρώ. Με την μέθοδο IRR διαπιστώθηκε μάλιστα πως θα χρειαζόταν να υπήρχε προεξοφλητικό επιτόκιο της τάξης του 37,25%, ώστε η επένδυση μας να βρίσκονταν σε νεκρό σημείο, και να μην παρουσίαζε ούτε κέρδος ούτε ζημία.

Συνοψίζοντας η μελέτη αυτή έδειξε ότι:

A) Με την ενσωμάτωση PCM, ως εσωτερικού επιχρίσματος στη δομή του κτηρίου είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης στην ενεργειακή του απόδοση.

B) Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι άμεσα οικονομικά επωφελής για τον ιδιοκτήτη-ένοικο καθώς μειώνει σημαντικά το κόστος της θερμικής λειτουργίας

Γ) Η αντικατάσταση του εσωτερικού επιχρίσματος από άλλο επίχρισμα που περιέχει PCM μακροχρόνια αποδίδει σημαντικό όφελος, που με την πάροδο του χρόνου επαυξάνει την οικονομική ωφέλεια.

Δ) Η οικονομική αποδοτικότητα, ως επένδυσης, της αντικατάσταση του εσωτερικού επιχρίσματος από άλλο επίχρισμα που περιέχει PCM είναι σημαντική καθώς για να αντισταθμιστεί θα χρειαζόταν ένα υπερβολικά μεγάλο προεξοφλητικό επιτόκιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεγάκης Ιωάννης (2009-2010), «Υλικά Μεταβαλλόμενης Φάσης (*Phase Change Materials* ή *PCM*, Ιδιότητες και μελλοντική θερμομόνωση κτηρίων», Τ.Ε.Ι Πειραιά, Πτυχιακή Εργασία.
- Ζώγου Ολυμπία, (2011), «Θέρμανση-Ψύξη-Κλιματισμός, Βοήθημα Εκπόνησης Μελέτης Θέρμανση-Υπόδειγμα τεχνικών περιγραφών, υπολογιστών, πίνακες και διαγράμματα», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
- Λημναίος Γεώργιος (2010), «Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων με χρήση Υλικών αλλαγής Φάσης ενσωματωμένων στη δομή του κτηρίου», Πολυτεχνείο Κρήτης, Μεταπτυχιακή Διατριβή.
- Λύκος Δημήτριος (2007), «Αριθμητικές Μέθοδοι μοντελοποίησης Υλικών Αλλαγής Φάσης», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική Εργασία.
- Μαχαίρα Ελένη (2010), «Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας με χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης *PCM*», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική Εργασία.
- Παπαμανώλης Νίκος, «Εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης στα κτήρια», http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=51771295788153
- Παρασχάκης Γεώργιος (2011-2012), «Μελέτη Υδρευσης Αποχέτευσης Θέρμανσης Τριώροφου Κτηρίου», Τ.Ε.Ι Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία.
- Ahmad M et al (2006b). Experimental investigation and computer simulation of thermal behavior of wallboards containing a phase change material, *Energy and Building* vol. 38, pp. 357-366.
- Heim D. & Clarke J (2004). "Numerical modeling and thermal simulation of Phase Change Materials with ESP-r", *Energy and Buildings*, vol. 36, pp.795-805.
- Heim D (2005). "Two solution methods of heat transfer with Phase Change within whole building dynamic simulation", *9th International IBPSA Conference, Montreal Canada*.

- Tyagi et al [2007]. “PCM thermal storage in buildings: A state of art”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 11, pp.1146-1166.
- Advanced Phase Change Material Market (PCM) By Type (*Inorganic, Organic & Bio-Based*) & Application (*Building & Construction, Cold Storage, HVAC, Textile, Thermal Energy Storage, Electronics*) – Global Trends & Forecast to 2018, <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/advanced-phase-change-material-pcm-market-1087.html>

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κοστολόγηση Εγκατάστασης Λέβητα-Καυστήρα Πετρελαίου, Κατάλογος Προϊόντων <http://www.multibeton.gr/products.php?lang=gr>
- Τιμή Πετρελαίου Θέρμανσης 2013, <http://www.interoil.gr/>
- Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1(2010) Β' Έκδοση, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- Εγχειρίδιο Λειτουργίας Προγράμματος 4M FINE- ADAPT για Θερμικές Απώλειες και Μονοσωλήνιο, <http://www.4m.gr/>
- BASF, http://www.micronal.de/portal/basf/ien/dt.jsp?setCursor=1_290798
- CLIMATOR AB, <http://www.climator.com/en/home/>
- CRISTOPIA ENERGY SYSTEMS, <http://www.cristopia.com/>
- DORKEN GMBH & CO, <http://www.doerken.de/>
- RUBITHERM GMBH, <http://www.rubitherm.de/english/>
- TEAP, <http://www.teappcm.com/>
- U.S Department of Energy Building Technologies Program, <http://www1.energy.gov/buildings/>