



**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΡΑΚΗΣ**

ΤΜΗΜΑ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ &  
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**SYSTEM ENGINEERING &  
MANAGEMENT**



***ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
MS THESIS***

**SEM 09-16**

***ΗΛΙΑΔΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ***

***Ενεργειακή διαχείριση συστημάτων  
αθλητικού κέντρου. Περίπτωση κλειστού  
κολυμβητηρίου Ξάνθης***

**ΞΑΝΘΗ**

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011**



**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΡΑΚΗΣ**

ΤΜΗΜΑ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ &  
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**SYSTEM ENGINEERING &  
MANAGEMENT**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
MS THESIS**

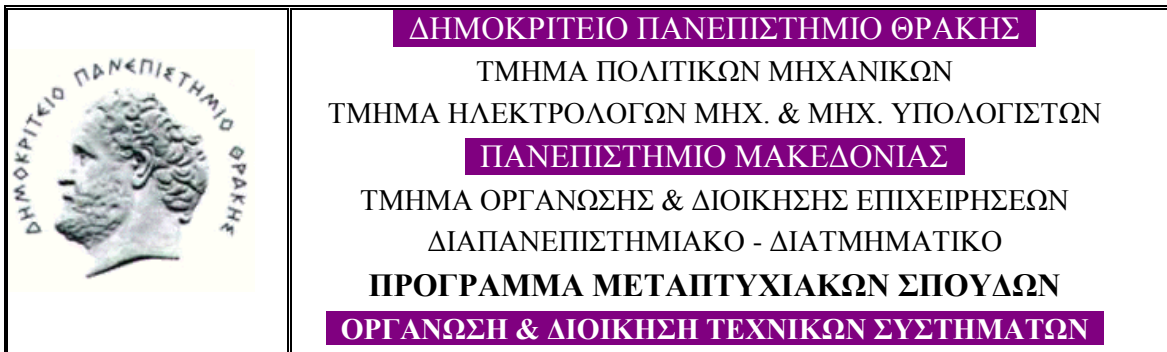
**SEM 09-16**

*ΗΛΙΑΔΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ*

*Ενεργειακή διαχείριση συστημάτων  
αθλητικού κέντρου. Περίπτωση κλειστού  
κολυμβητηρίου Ξάνθης*

**ΞΑΝΘΗ**

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011**



Η μεταπτυχιακή εργασία του **ΗΛΙΑΔΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ** (Α. Μ. 774) με τίτλο  
**“ Ενεργειακή διαχείριση συστημάτων αθλητικού κέντρου. Περίπτωση κλειστού  
κολυμβητηρίου Ξάνθης. ”**

εξετάστηκε και εγκρίθηκε ως προς το περιεχόμενο της και την παρουσίαση.

Η εξεταστική επιτροπή:

		<i>ονοματεπώνυμο</i>	<i>βαθμίδα</i>	<i>υπογραφή</i>
Επιβλέπων	1.	Π. Μπότσαρης	Αν. Καθηγητής	.....
Ε. Υ. του Δ. Π. Μ. Σ	2.	Α. Πρωτοπαπιάς	Καθηγητής	.....
Μέλος	3.	Β. Τσιχριντζής	Καθηγητής	.....
Μέλος	4.	Κ. Αθανασίου	Λέκτορας	.....
Μέλος	5.	Α. Δημούδη	Επ. Καθηγήτρια	.....

Ημερομηνία παρουσίασης .....

# Πρόλογος

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε ανάλυση της και εφαρμογή της «Ενεργειακής Διαχείρισης» και αναφέρθηκαν οι τομείς της εφαρμογής. Πιο συγκεκριμένα περιγράφεται το τι είναι τεχνικό σύστημα, τι είναι και πώς επιτυγχάνεται η ενεργειακή διαχείριση του και ποια είναι η πορεία της εξέλιξης της. Επιπλέον, μελετάται το που μπορεί να τοποθετηθεί η ενεργειακή διαχείριση συστημάτων (σε ποιους τομείς), από ποιες συνιστώσες απαρτίζεται και κατευθύνεται, καθώς επίσης ποια είναι τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της (μεγέθη και ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας μέσω εφαρμογών). Εν συνεχεία υπάρχει συστημική προσέγγιση του προβλήματος στην προσπάθεια να αντιμετωπιστεί.

Έπειτα, διερευνάται μια μελέτη περίπτωσης και αναλύεται η εφαρμογή της ενεργειακής διαχείρισης σε ένα αθλητικό κέντρο και πιο συγκεκριμένα στο κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης. Δίνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για κάθε είδους εναλλακτική ενέργεια και προοπτική για την αντιμετώπιση του προβλήματος (παύση λειτουργίας του κολυμβητηρίου) και πραγματοποιούνται όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί (ενεργειακοί, τεχνικοί, οικονομικοί) έτσι ώστε να υπάρχει μια σαφής εικόνα για την κάθε επένδυση που μπορεί να εφαρμοστεί στην προσπάθεια αυτή.

Στόχος λοιπόν, της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η διερεύνηση εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων από κάθε οπτική γωνία (ενεργειακή, τεχνική, οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική) έτσι ώστε να συμβάλει στην απόφαση του αρμόδιου φορέα (Δήμος) για την προσπάθεια επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου Ξάνθης.

# Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θέλω να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, οι οποίοι με βοήθησαν και με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Μπότσαρη Παντελή, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, για την ανάθεση του θέματος της μεταπτυχιακής εργασίας δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με έναν πολύ δημιουργικό τομέα που με ενδιαφέρει άμεσα. Ευχαριστώ για την πλούσια βιβλιογραφία που μου παρείχε και για την πολύτιμη επιστημονική του βοήθεια και τη συνεργασία που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Επίσης, θα ήταν μεγάλη παράλειψη να μην ευχαριστήσω την Διοίκηση του κολυμβητηρίου Ξάνθης που με στήριξαν παρέχοντας μου όσο το δυνατόν πιο έγκυρες και ακριβείς πληροφορίες για την εκπλήρωση της ενεργειακής μελέτης του συγκεκριμένου κολυμβητηρίου όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ξεχωριστή θέση έχουν οι γονείς μου, για την αμέριστη συμπαράσταση τους όλα αυτά τα χρόνια φοίτησής μου στο πολυτεχνείο, για την βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής, αλλά και γενικότερα για την υποστήριξη που μου παρείχαν στην προσπάθειά μου να εκπληρώσω τα όνειρά μου. Σε αυτούς τους ξεχωριστούς ανθρώπους αφιερώνω και το παρόν σύγγραμμα.

# Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>i</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	<b>ii</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>iii</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>v</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην ενεργειακή διαχείριση τεχνικών συστημάτων... 1</b>	
1.1 Ορισμός συστήματος .....	1
1.2 Ενεργειακή διαχείριση .....	2
1.3 Τομείς εφαρμογής ενεργειακής διαχείρισης .....	4
1.4 Ενεργειακή διαγνωστική αθλητικού κέντρου .....	5
1.5 Διάρθρωση της εργασίας .....	6
<b>2. Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή στην συστημική ανάλυση..... 8</b>	
2.1 Συστημική ανάλυση .....	8
2.2 Σύνοψη .....	15
<b>3. Κεφάλαιο 3: Περιγραφή του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης..... 16</b>	
3.1 Γενικά.....	16
3.2 Στάδιο 1: Επεξεργασία μηνιαίων λογαριασμών κατανάλωσης καυσίμου.....	18
3.3 Στάδιο 2: Γενικές πληροφορίες για το κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης .....	23
3.4 Στάδιο 3: Επίσκεψη χώρου .....	25
3.5 Στάδιο 4: Επεξεργασία πληροφοριών για τον εντοπισμό προβλημάτων και την κατανομή των απωλειών ενέργειας.....	25
3.6 Στάδιο 5: Εναλλακτικές μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας θέρμανσης κλειστού κολυμβητηρίου .....	26
3.7 Υπολογισμός ανηγμένου δείκτη απόδοσης κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης.....	29
3.8 Υπολογισμός θερμικής ισχύος για την θέρμανση της πισίνας του κολυμβητηρίου Ξάνθης .....	35
3.9 Σύνοψη .....	36
<b>4. Κεφάλαιο 4: Εναλλακτικοί τρόποι θέρμανσης νερού κολυμβητικής δεξαμενής..... 38</b>	
4.1 Διεθνείς εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας σε κολυμβητικές δεξαμενές.....	38
4.1.1 Μελέτη περίπτωσης 1 .....	38
4.1.2 Μελέτη περίπτωσης 2 .....	39
4.1.3 Μελέτη περίπτωσης 3 .....	39
4.1.4 Μελέτη περίπτωσης 4 .....	40
4.2 Προτεινόμενες λύσεις .....	41
4.2.1 Χαρακτηριστικά ηλιακών συλλεκτών .....	41
4.2.2 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος .....	45
4.2.3 Κάλυμμα πισίνας .....	53
4.2.4 Περιορισμός νερού κολυμβητικής δεξαμενής .....	55
4.2.5 Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος με νέο .....	58

4.3 Οικονομική αξιολόγηση εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων.....	60
4.3.1 Οικονομική αξιολόγηση ηλιακών συλλεκτών .....	60
4.3.2 Οικονομική αξιολόγηση πλαστικού καλύμματος πισίνας .....	62
4.3.3 Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης περιορισμού νερού πισίνας .....	63
4.3.4 Οικονομική αξιολόγηση συμβατικού συστήματος θέρμανσης .....	63
4.3.5 Συγκριτικός πίνακας οικονομικών παραμέτρων των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων .....	63
4.4 Περιβαλλοντική προσέγγιση των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων.....	65
4.5 Κοινωνική – Πολιτική προσέγγιση της επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου.....	67
4.6 Νομική προσέγγιση κολυμβητικής δεξαμενής .....	69
<b>5. Συμπεράσματα.....</b>	<b>72</b>
<b>6. Βιβλιογραφία .....</b>	<b>77</b>
<b>7. Παράρτημα .....</b>	<b>80</b>

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1: Πολυκριτηριακή ανάλυση.....	14
Πίνακας 3.1: Μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου .....	22
Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση NPI .....	29
Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά μελέτης 1 .....	38
Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικά μελέτης 2 .....	39
Πίνακας 4.3: Χαρακτηριστικά μελέτης 3 .....	40
Πίνακας 4.4: Χαρακτηριστικά μελέτης 4 .....	40
Πίνακας 4.5: Μηνιαίες θερμικές απώλειες για την πόλη της Ξάνθης .....	48
Πίνακας 4.6: Μηνιαίο θερμικό φορτίο για την πόλη της Ξάνθης .....	49
Πίνακας 4.7: Μηνιαία ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια για την πόλη της Ξάνθης .....	49
Πίνακας 4.8: Μηνιαία και ετήσια ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια για διαφορετικές τιμές συλλεκτικής επιφάνειας. ....	51
Πίνακας 4.9: Μηνιαίο ετήσιο ποσοστό κάλυψης $f_E$ για διαφορετικές τιμές συλλεκτικής επιφάνειας .....	52
Πίνακας 4.10: Συγκριτικός πίνακας οικονομικών παραμέτρων για 10 έτη.....	64
Πίνακας 4.11: Συγκριτικός πίνακας λέβητα – ηλιακού συλλέκτη.....	66
Πίνακας 4.12: Συγκριτικός πίνακας λέβητα – ηλιακού συλλέκτη για την περίπτωση του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης .....	66



## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 3.1(α) – (β): Κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης .....	16-17
Εικόνα 3.2: Μικρή πισίνα κολυμβητηρίου Ξάνθης .....	18
Εικόνα 3.3: (α): Τύπος λέβητα (β): τύπος καυστήρα κολυμβητηρίου Ξάνθης.....	19
Εικόνα 3.4: Αερόθερμο SABIANA .....	20
Εικόνα 3.5: Καλοριφέρ .....	21
Εικόνα 4.1: Συνδεσμολογία πλαστικών ηλιακών συλλεκτών .....	42
Εικόνα 4.2: Πλαστικοί ηλιακοί συλλέκτες .....	43
Εικόνα 4.3: Πλαστικός ηλιακός συλλέκτης STR 50 .....	44
Εικόνα 4.4: Κάλυμμα πισίνας.....	54

# Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Αλληλεπίδραση συστήματος με περιβάλλον .....	1
Σχήμα 1.2: Διαγραμματική απεικόνιση αλληλεξάρτησης ενεργειακής αποδοτικότητας, διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας .....	3
Σχήμα 2.1: Διαγραμματική απεικόνιση υφιστάμενης – επιθυμητής κατάστασης του προβλήματος .....	9
Σχήμα 2.2: Διαγραμματική απεικόνιση αναγκών και τρόπων κάλυψης .....	10
Σχήμα 3.1: Διαδικασία υπολογισμού NPI .....	30
Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση τομής πισίνας κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης .....	56

# Περίληψη

Η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και την πρόταση εναλλακτικών επενδυτικών επιλογών για την εξοικονόμηση καυσίμων θέρμανσης πισίνας ενός κολυμβητηρίου και κατά συνέπεια την εξοικονόμηση χρημάτων. Η μελέτη αφορά το δημοτικό κολυμβητήριο Ξάνθης. Ο στόχος του της διατριβής είναι η κατά το δυνατόν συμβολή της στην προσπάθεια υποστήριξης της επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου.

Με τη χρήση πλούσιας βιβλιογραφίας γίνεται ανάλυση όλων των οικονομοτεχνικών ιδιαιτεροτήτων της εκάστοτε επενδυτικής πρότασης και μελετάται η βιωσιμότητά τους στις παρούσες οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, σχολιάζεται η κοινωνική, πολιτική και νομική προσέγγιση του προς επίλυση τρέχοντος προβλήματος.

**Λέξεις κλειδιά:** Οικονομοτεχνική μελέτη, κολυμβητήριο, θέρμανση πισίνας, ηλιακοί συλλέκτες, κάλυμμα πισίνας, συμβατικό σύστημα, περιορισμός όγκου νερού, ανηγμένος δείκτης απόδοσης (NPI), πολυκριτηριακή ανάλυση, βιωσιμότητα.

# Abstract

The present thesis is focused on the growth and suggestion of different investment choice for the savings of swimming pool's heating fuels and therefore for the savings of money. The study concerns the municipal indoor swimming pool of Xanthi. The objective of the project is the maximum contribution to the supporting effort of the reopening of the sports swimming pool.

Using wide range of bibliography there is analysis of all the technical and financial particularities of each investment proposal and their sustainability in the present economic and environmental conditions. Moreover, there is a commentary of the social, political and legal approach of the under analysis problem.

**Key words:** Feasibility study, sports swimming pool, pool heating, solar collectors, pool cover, conventional system, water volume reduction, Normalized Performance Indicator (NPI), multicriteria analysis, sustainability

# Κεφάλαιο 1

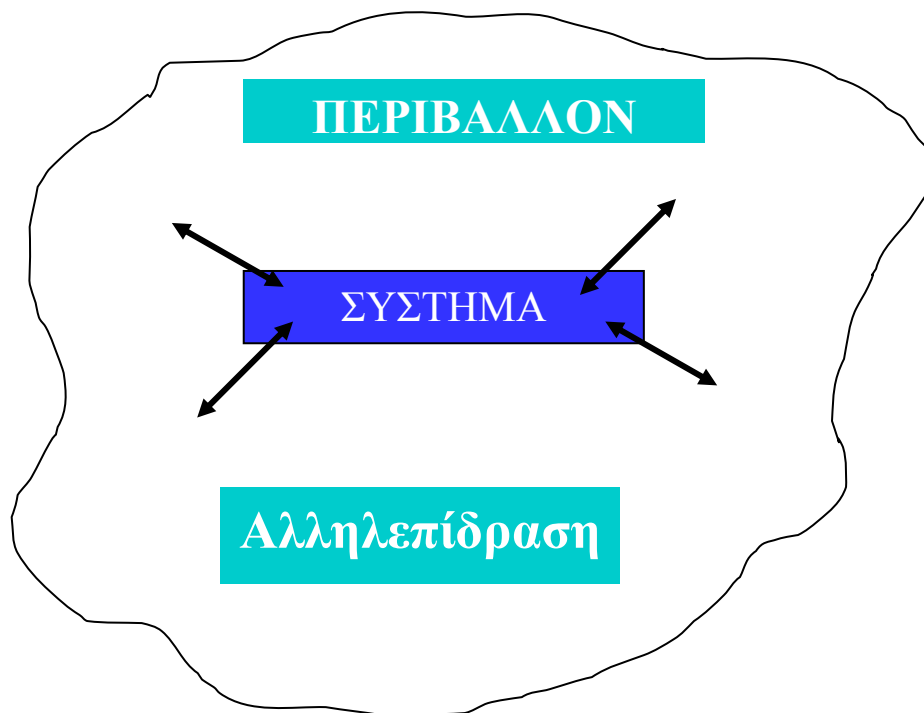
## Εισαγωγή στην ενεργειακή διαχείριση τεχνικών συστημάτων

### 1.1 Ορισμός συστήματος

Στην καθημερινότητα συναντώνται σχεδόν κάθε μέρα ή υπάρχει καθημερινή επαφή με συστήματα. Τι είναι όμως σύστημα. Ένας απλός και κατανοητός ορισμός συστήματος είναι ο εξής:

- Είναι ένα σύνολο από τμήματα αλληλένδετα μεταξύ τους (Φυσικά ή Λογικά)
- Τα τμήματα αυτά επηρεάζονται λόγω του ότι αποτελούν μέρος του Συστήματος
- Τα τμήματα αυτά σαν σύνολο εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες

Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ του εκάστοτε συστήματος με το περιβάλλον του.



Σχήμα 1.1: Αλληλεπίδραση συστήματος με περιβάλλον

Πιο συγκεκριμένα η παρούσα διατριβή ασχολείται με τα *τεχνικά συστήματα* ή *τεχνικά έργα*. Ότι δεν είναι φυσικό και συμβάλει ο ανθρώπινος παράγοντας για την κατασκευή ή την δημιουργία του είναι **τεχνικό**.

Ο αέναος αγώνας του ανθρώπου για βελτίωση της ποιότητας της ζωής του δημιουργεί συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες πολλές από τις οποίες μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο (ή, και) με τεχνικά έργα ή τεχνικά συστήματα. Ο βασικός ρόλος του μηχανικού ήταν, είναι και θα είναι να υπηρετεί το κοινωνικό σύνολο συμβάλλοντας στην δημιουργία τεχνικών συστημάτων (έργων) (Παναγιωτακόπουλος, 2005).

## 1.2 Ενεργειακή διαχείριση

Ενεργειακή διαχείριση (π. χ. σε ένα κτίριο) είναι η μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός συστήματος με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα, με άμεσο στόχο τη μείωση της συμμετοχής της ενέργειας στο συνολικό κόστος λειτουργίας του κτιρίου αυτού.

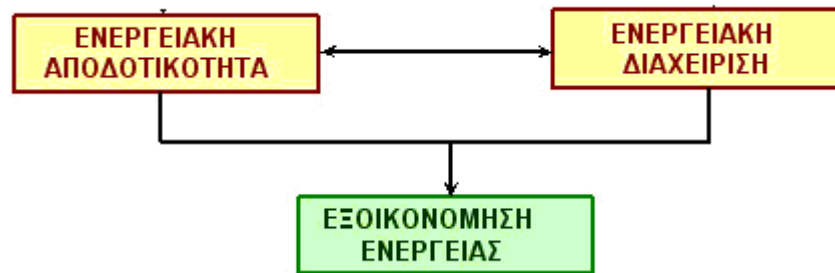
([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki\\_diaxeirisi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki_diaxeirisi.htm))

Η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων και στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των χρηστών του κτιρίου ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση και συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού (Capehart *et al.* 2008).

Οι δράσεις αυτές έχουν ως κριτήρια:

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

- Τον έλεγχο του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους και όχι απλά της καταναλισκόμενης ποσότητας καυσίμων



**Σχήμα 1.2:** Διαγραμματική απεικόνιση αλληλεξάρτησης ενεργειακής αποδοτικότητας, διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα στάδια συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση. Βασικά εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας (Σχήμα 1.2) που καταναλώνεται (Kreith and Goswami, 2008).

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης (Ε. Δ.) ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πρέπει να περιλαμβάνει:

- Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης
- Μελέτες τεχνοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας όπου διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π. χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κ. α.)
- Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.

- Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων - αναφορών σε τακτά χρονικά διαστήματα προς τον φορέα διοίκησης – διαχείρισης.
- Έλεγχο της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτιρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος Ε. Δ. και σχετικά με την συμμετοχή του σε αυτό.
- Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του.
- Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων.
- Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους

Η αντικατάσταση ολόκληρων συστημάτων είναι η πιο δαπανηρή δράση και πρέπει να αποφεύγεται (εκτός εάν είναι απολύτως απαραίτητη), καθώς πέρα από το κόστος που συνεπάγεται μπορούν να ανακύψουν και άλλα προβλήματα.

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki\\_diaxeirisi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki_diaxeirisi.htm))

### 1.3 Τομείς εφαρμογής ενεργειακής διαχείρισης

Τους τομείς που μπορεί να εφαρμοσθεί η ενεργειακή διαχείριση συναντώνται καθημερινά και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διαβίωσης του ανθρώπου. Οι τομείς αυτοί είναι οι κάτωθι:

- √ Κτίρια (οικείες, δημόσια κτίρια, αθλητικές εγκαταστάσεις κα.)
- √ Βιομηχανία
- √ Μεταφορές

Η παρούσα διατριβή εξειδικεύεται στον πρώτο τομέα και πιο συγκεκριμένα στα αθλητικά κέντρα. Η πόλη που επιλέγεται να μελετηθεί είναι η πόλη της Ξάνθης και το αθλητικό κέντρο που τίθεται υπό ενεργειακή μελέτη και αναδιάρθρωση είναι το κλειστό κολυμβητήριο της Ξάνθης.



#### 1.4 Ενεργειακή διαγνωστική αθλητικού κέντρου

Ένας λεπτομερής ενεργειακός έλεγχος είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία απαιτεί τις υπηρεσίες ατόμων εξειδικευμένων στους διάφορους τομείς των κτιρίων συμπεριλαμβανομένων μηχανολόγων, ηλεκτρολόγων, υδραυλικών, ειδικών στα ηλεκτρονικά, αρχιτεκτόνων και άλλων. Το κόστος για τον ενεργειακό έλεγχο ενός κτιρίου μπορεί να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης, την ζητούμενη ακρίβεια και την έκταση της περαιτέρω ανάλυσης (Theofylactos, 1995).

Η ακόλουθη διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμφίδρομα και επιπλέον είναι κατάλληλη για την ενεργειακή διαγνωστική αθλητικών κέντρων.

**Στάδιο 1:** Επεξεργασία των στοιχείων των μηνιαίων λογαριασμών και της κατανάλωσης καυσίμων για την προετοιμασία μιας απλής σύνοψης του ιστορικού κατανάλωσης. Συλλογή, αν είναι δυνατόν, πληροφοριών για περισσότερο από έναν χρόνο και υπολογισμός του μέσου όρου τους για την απόκτηση μιας πιο αντιπροσωπευτικής βάσης δεδομένων.

**Στάδιο 2:** Συλλογή πληροφοριών για το μέγεθος και τη δομή της εγκατάστασης, το είδος και τη χρήση του διαθέσιμου χώρου, τις ώρες λειτουργίας, μερικές βασικές πληροφορίες για τον εξοπλισμό που καταναλώνει ενέργεια και τις απόψεις του κατόχου σχετικά με τη χρήση της ενέργειας και τις επικρατούσες εσωτερικές συνθήκες. Προσδιορισμός του εξοπλισμού που λειτουργεί εκτός των προκαθορισμένων ωρών λειτουργίας, σχέση μεγέθους – κατανάλωσης εξοπλισμού, προσδιορισμός ενός ανοιγμένου δείκτη κατανάλωσης ενέργειας.

**Στάδιο 3:** Επίσκεψη του χώρου των εγκαταστάσεων με στοιχεία και αρχικά συμπεράσματα σύμφωνα με τα δυο προηγούμενα στάδια. Η πρώτη επίσκεψη μπορεί να είναι μια απλή περιήγηση με περιορισμένο εξοπλισμό. Μια δεύτερη επίσκεψη μπορεί να περιλαμβάνει επιπλέον μετρήσεις και συλλογή σχετικών πληροφοριών.

**Στάδιο 4:** Επεξεργασία των διαθέσιμων πληροφοριών για τον προσδιορισμό σημαντικών προβλημάτων και της κατανομής των απωλειών ενέργειας. Πρόταση και εκτίμηση εναλλακτικών μέτρων και παρεμβάσεων, εκτίμηση πιθανής εξοικονόμησης ενέργειας, αξιολόγηση της απόδοσης του κόστους των προτεινόμενων παρεμβάσεων. Υποβολή τελικής έκθεσης.

**Στάδιο 5:** Όταν φτάσει η στιγμή για την εφαρμογή των προτάσεων πρέπει να ξεκινήσει μια διεξοδική παρακολούθηση, η οποία θα καταγράφει τις προηγούμενες και τις τρέχουσες συνθήκες, έτσι ώστε τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων που προταθήκαν να μπορούν να εκτιμηθούν. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αξιολόγηση των παρεμβάσεων στη λειτουργία, τη συντήρηση και στο περιβάλλον (Μπαλαράς, 1996).

### **1.5 Διάρθρωση της εργασίας – Σύνοψη**

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία για την εύρεση εναλλακτικών τρόπων θέρμανσης του νερού της πισίνας του κολυμβητηρίου αναπτύχθηκε σε πέντε συνολικά κεφάλαια. Η διάρθρωση της εργασίας είναι η εξής:

1. Στο Κεφάλαιο 1 αρχικά έγινε μια περιγραφή για το τι είναι σύστημα και δη τεχνικό σύστημα. Εν συνεχεία δόθηκε ο ορισμός της ενεργειακής επιθεώρησης και αναφέρθηκαν τα στάδια αυτής, αλλά και τα εργαλεία με τα οποία πραγματοποιείται. Επιπλέον περιγράφηκε επιγραμματικά ένα δομημένο πρόγραμμα ενεργειακής διαχείρισης (Ε. Δ.) ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων και παρατέθηκαν οι τομείς εφαρμογής της. Τέλος, αναλύονται τα στάδια ενεργειακής διαγνωστικής ενός αθλητικού κέντρου

2. Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται η συστηματική μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία αρχικά διατυπώνεται το υπό μελέτη πρόβλημα, καθώς και η σκοπιά της διεξαγόμενης μελέτης. Καθορίζονται οι ανάγκες που ανακύπτουν από το υπάρχον πρόβλημα (εξοικονόμηση καταναλισκόμενων καυσίμων για την επαναλειτουργία του κολυμβητηρίου) και προτείνονται διάφορες λύσεις για την αντιμετώπιση του (εναλλακτικοί τρόποι θέρμανσης νερού πισίνας). Από αυτές σημειώνονται μόνο οι

άμεσα πραγματοποιήσιμες και οι πρακτικά εφαρμόσιμες για την πόλη της Ξάνθης. Τέλος, ακολουθεί πολυκριτηριακή ανάλυση των εναλλακτικών προτάσεων επίλυσης του προβλήματος και η βαθμολογία της καθεμιάς από όπου αρχικά ανακύπτει το συμπέρασμα για το ποια φαίνεται να είναι η καλύτερη σύμφωνα με κάποια κριτήρια.

3. Στο Κεφάλαιο 3 ακολουθώντας τα στάδια ενεργειακής διαγνωστικής για αθλητικά κέντρα περιγράφεται αναλυτικά το οίκημα του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης αφού έχουν δοθεί κάποια ιστορικά στοιχεία για την ίδρυση του. Στην συνέχεια ακολουθούν δυο πολύ σημαντικοί υπολογισμοί. Ο ένας είναι ο υπολογισμός του ανηγμένου δείκτη απόδοσης (NPI) του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης, ο οποίος δείχνει το κατά πόσο η λειτουργία του κολυμβητηρίου είναι αποδοτική και εν γένει οικονομική και ο δεύτερος της θερμικής ισχύος που απαιτείται για την θέρμανση του νερού της πισίνας.

4. Στο Κεφάλαιο 4 αρχικά παρατίθενται διάφορες διεθνείς πρακτικές που εφαρμόζονται σε κολυμβητήρια παγκοσμίως για την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Έπειτα ακολουθεί η περιγραφή των επικρατέστερων εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων για την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Δίδονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής (ηλιακοί συλλέκτες, πλαστικό κάλυμμα, περιορισμός νερού πισίνας, αντικατάσταση συμβατικού συστήματος λέβητα με νέο), αλλά και το ενεργειακό όφελος τους. Εν συνεχεία αξιολογείται η καθεμία οικονομικά έτσι ώστε να αποδοθεί σαφής εικόνα για το ποια εκ των οποίων είναι η πληρέστερη για την άμεση εφαρμογή της. Επιπλέον ακολουθεί η περιβαλλοντική προσέγγιση των τρόπων επίλυσης, αλλά και η κοινωνική – πολιτική οπτική γωνία του υπό μελέτη προβλήματος. Τέλος παρατίθεται η νομοθεσία που πρέπει να ακολουθηθεί για την σωστή λειτουργία ενός κολυμβητηρίου.

5. Στο Κεφάλαιο 5 σχολιάζονται και αναλύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και μελέτη.

# Κεφάλαιο 2

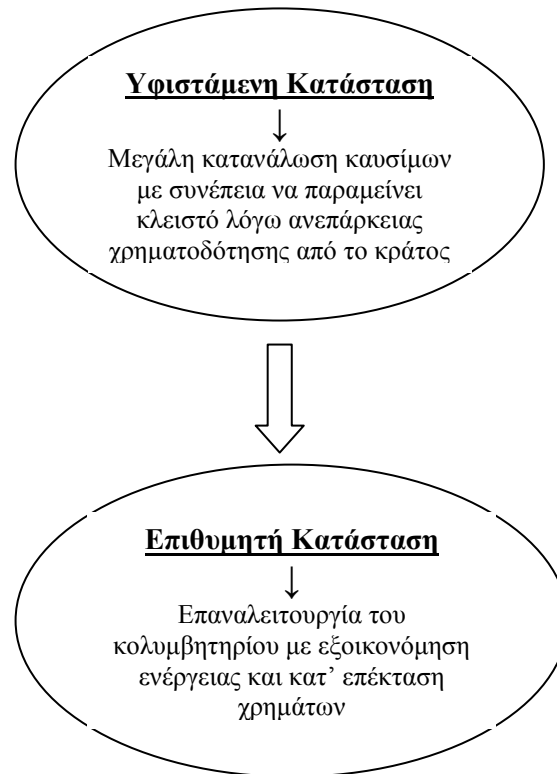
## Εισαγωγή στην Συστημική Ανάλυση

### 2.1 Συστημική ανάλυση

Στο Κεφάλαιο 2 εφαρμόζεται η συστημική μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία αρχικά διατυπώνεται το πρόβλημα το οποίο μελετάται καθώς και η σκοπιά της μελέτης. Το θέμα της μελέτης είναι η σκοπιμότητα και η βιωσιμότητα του υπό μελέτη έργου εξοικονόμησης καταναλισκόμενης ενέργειας (θερμικής κατά βάση) και κατ' επέκταση χρημάτων στο κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης. Η μελέτη και η συστημική ανάλυση γίνεται από την σκοπιά του Δήμου Ξάνθης ο οποίος και θα αποφασίσει ποια από τις προτεινόμενες εναλλακτικές λύσεις θα εφαρμοσθεί.

Σύμφωνα με την συστημική μεθοδολογία «Σε κάθε επίπεδο ανάλυσης για κάλυψη μίας ανάγκης, αντιστοιχεί ένα ιεραρχικά ανώτερο επίπεδο όπου η συγκεκριμένη ανάγκη αποτελεί μία από τις διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές, έναν εναλλακτικό στόχο» (Παναγιωτακόπουλος, 2005).

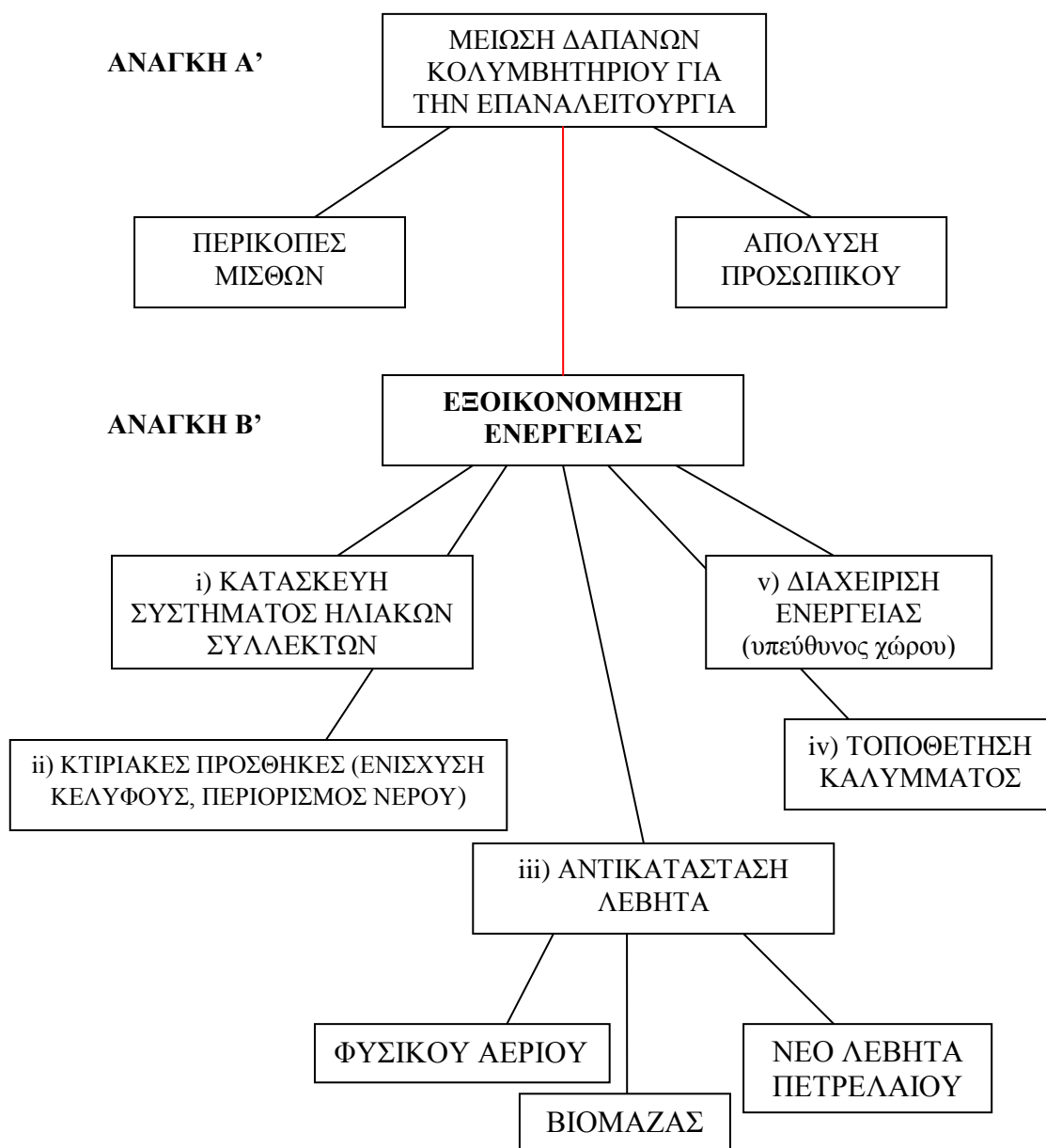
Με γνώμονα αυτή τη λογική ιεραρχούνται οι ανάγκες και οι στόχοι της μελέτης αυτής όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1.



**Σχήμα 2.1:** Διαγραμματική απεικόνιση υφιστάμενης – επιθυμητής κατάστασης του προβλήματος

Ο πρωταρχικός και ανώτερος ιεραρχικά στόχος είναι η μείωση δαπανών του κολυμβητηρίου (ή ενίσχυση κρατικού κέρδους). Από την αρχική αυτή ανάγκη (ΑΝΑΓΚΗ Α'), την εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται για την θέρμανση του νερού της πισίνας (κατ' επέκταση του χώρου) και κατά συνέπεια την ελαχιστοποίηση των χρημάτων που αποδίδονται στην ανάκτηση καυσίμων για την λειτουργία του κολυμβητηρίου επιλέχθηκε ως στόχος η κατασκευή ενός ενεργειακού συστήματος με πιο μεγάλο οικονομικό όφελος, αλλά και περιβαλλοντικό με την ίδια απόδοση ή και καλύτερα από την ήδη υπάρχουσα.

Εναλλακτικοί στόχοι που οδηγούν στην κάλυψη της προαναφερθείσας ανάγκης είναι η μείωση προσωπικού (περικοπές) ή η μείωση των αμοιβών του προσωπικού που απαρτίζεται το κλειστό κολυμβητήριο (βλ. Σχήμα 2.2). Λίγο πολύ οι ανωτέρω εναλλακτικές δεν είναι ανέφικτες αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα προτιμηθούν από το ελληνικό κράτος εφόσον υπάρχει η δυνατότητα για την τρίτη εναλλακτική σύμφωνα με πληροφορίες που συλλέχτηκαν από τη διοίκηση του κολυμβητηρίου.



**Σχήμα 2.2:** Διαγραμματική απεικόνιση αναγκών και των τρόπων κάλυψής αυτών.

Διάφοροι εναλλακτικοί στόχοι που δημιουργούνται έτσι ώστε να αρθεί η υφιστάμενη από την επιθυμητή κατάσταση είναι η αγορά και τοποθέτηση ενός καλύμματος επάνω από την πισίνα, η ενίσχυση του κελύφους του κολυμβητηρίου με πιο θερμομονωτικά υλικά για ελαχιστοποίηση των απωλειών, η εγκατάσταση ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών, η εγκατάσταση ενός νέου λέβητα που προφανώς θα είναι πιο αποδοτικός ενεργειακά, ο περιορισμός του νερού της πισίνας μιας που δεν χρησιμοποιείται για καταδύσεις, όπως επίσης και η αντικατάσταση λέβητα με λέβητα φυσικού αερίου, τοποθέτηση λέβητα βιομάζας ξύλου (pellets), εφαρμογή γεωθερμίας, ανάκτηση θερμότητας με εναλλάκτη θερμότητας ή τέλος, η διαχείριση ενέργειας δηλαδή η ύπαρξη ενός υπεύθυνου χώρου που να ελέγχει τον φωτισμό, την θέρμανση, τον εξαερισμό και τις λοιπές λειτουργίες του κολυμβητηρίου. Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν οι ανωτέρω εναλλακτικές προτεινόμενες λύσεις σε γενικές γραμμές θα μπορούσαν να είναι η εξοικονόμηση καυσίμων και το ενεργειακό όφελος. Επιπλέον η απόδοση είναι σημαντικό κριτήριο σε συνδυασμό των ανωτέρω.

Για την ικανοποίηση της ανάγκης προτάθηκαν οι παραπάνω εναλλακτικές λύσεις οι οποίες αξιολογούνται με βάση κάποια κριτήρια το καθένα με τη δική του σημαντικότητα και βαρύτητα. Τα κριτήρια διαχωρίζονται σε κριτήρια αποκλεισμού και αξιολόγησης. Σε πρώτο βαθμό οι λύσεις φιλτράρονται από τα κριτήρια αποκλεισμού και διαχωρίζονται σε αποδεκτές και μη αποδεκτές. Έπειτα οι αποδεκτές λύσεις αξιολογούνται με τα κριτήρια αξιολόγησης.

Στην περίπτωση του κολυμβητηρίου Ξάνθης τα κριτήρια αποκλεισμού είναι:

- Η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης και η τεχνολογική υποστήριξη της εκάστοτε εναλλακτικής στην Ελλάδα και δη στην Ξάνθη.
- Η κατασκευή να είναι όσο το δυνατόν χρονικά άμεση και κατά το μέγιστο εφικτή χωρίς πολλές τροποποιήσεις.
- Η εκάστοτε εναλλακτική να μην χρήζει της απαίτησης νέου προσωπικού από την στιγμή που η οικονομική κατάσταση του κολυμβητηρίου είναι τέτοια που δεν θα ήταν εφικτό.

- Λαμβάνεται ως παραδοχή στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ότι το κολυμβητήριο ως σύστημα θεωρείται **αδιαβατικό** δηλαδή το κολυμβητήριο μελετάται ενεργειακά όσον αφορά το νερό της πισίνας και θα προταθούν εναλλακτικές μέθοδοι θέρμανσης αποκλειστικά και μόνο για το νερό της πισίνας.

Με βάση τα παραπάνω οι 5 από τις 9 εναλλακτικές λύσεις: **αντικατάσταση λέβητα με λέβητα φυσικού αερίου, τοποθέτηση λέβητα βιομάζας ξύλου (pellets), εφαρμογή γεωθερμίας, ενίσχυση κελύφους και ανάκτηση θερμότητας με εναλλάκτη θερμότητας και η διαχείριση ενέργειας από κάποιον υπεύθυνο χώρου αποκλείονται**, καθώς αφενός απαιτούν χρονοβόρες διαδικασίες και αφετέρου κάποιες δεν είναι άμεσα υποστηριζόμενες (π. χ. ανύπαρκτη πρωτογενής παραγωγή pellets στην Ξάνθη) και άμεσα διαθέσιμες στην Ξάνθη. Καταλήγοντας λοιπόν στους τέσσερις εναλλακτικούς στόχους δηλαδή η αγορά και τοποθέτηση ενός καλύμματος επάνω από την πισίνα, η εγκατάσταση ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών, η εγκατάσταση ενός νέου λέβητα, ο περιορισμός του νερού της πισίνας μιας που δεν χρησιμοποιείται για καταδύσεις παρατίθενται επίσης και τα κριτήρια που οδηγούν τον αρμόδιο φορέα στην βέλτιστη λύση.

Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι:

- 1) Άμεση τοποθέτηση και τεχνική υποστήριξη
- 2) Ενεργειακό όφελος
- 3) Οικονομική βιωσιμότητα τεχνικού συστήματος
- 4) Κόστος
- 5) Φίλικό προς το περιβάλλον
- 6) Συχνότητα συντήρησης

Χρήσιμο στην παρούσα φάση είναι να διευκρινιστεί, ότι τα κριτήρια είτε αποκλεισμού είτε αξιολόγησης, είναι υποκειμενικά και θέτονται με βάση τις απαιτήσεις και ανάγκες του ατόμου από την σκοπιά του οποίου γίνεται η ανάλυση. Επίσης, είναι φρόνιμο να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι τα ανωτέρω κριτήρια έχουν τοποθετηθεί με ιεραρχική θέση βαρύτητας. Σε πρώτη φάση έχει ενδιαφέρον η δυνατότητα άμεσης τοποθέτησης και η τεχνική υποστήριξη κάθε πρότασης και φυσικά το ενεργειακό όφελος τους. Εν συνεχεία εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα κάθε εναλλακτικής μέσω οικονομικών παραμέτρων και μεγεθών και



το κατά πόσο «φιλικές» είναι προς το περιβάλλον. Τέλος, η συχνότητα συντήρησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας στο να ληφθεί η απόφαση για το ποια θα εφαρμοστεί (συχνή συντήρηση → μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος).

Οι εναπομείναντες τέσσερις εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης. Η αξιολόγηση αυτή από την οποία θα προκύψει η βέλτιστη επιλογή θα γίνει με εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης, στην οποία οι αποδεκτές λύσεις κατατάσσονται με βάση τη συνολική σταθμισμένη επίδοσή τους ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης. Η κατάταξη αυτή προϋποθέτει:

- 1. το βαθμό σημαντικότητας (σχετική βαρύτητα) για κάθε κριτήριο**
- 2. τη βαθμολόγηση κάθε λύσης ως προς κάθε κριτήριο.**

Προχωρώντας στην πολυκριτηριακή ανάλυση (Πίνακας 2.1) και βαθμολογώντας τις τέσσερις λύσεις ως προς κάθε κριτήριο επιλέγεται η εναλλακτική λύση της εγκατάστασης ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών (Λύση 2) σε σχέση με τις υπόλοιπες. Δεύτερη έρχεται η εναλλακτική λύση της εγκατάστασης ενός νέου λέβητα (Λύση 3), τρίτη η εναλλακτική της αγοράς και τοποθέτησης ενός καλύμματος επάνω από την πισίνα (Λύση 1) και τέταρτη αυτή του περιορισμού του νερού της πισίνας (Λύση 4).

Πίνακας 2.1: Πολυκριτηριακή ανάλυση

Κριτήρια Αξιολόγησης	Βαθμός	Βαθμολογία	Βαθμολογία	Βαθμολογία	Βαθμολογία	Σταθμισμένη	Σταθμισμένη	Σταθμισμένη	Σταθμισμένη
	Σημαντικότητας	Λύσης 1	Λύσης 2	Λύσης 3	Λύσης 4	επίδοση	επίδοση	επίδοση	επίδοση
						λύσης 1	λύσης 2	λύσης 3	λύσης 4
1	0,2	8	9	9	5	1.6	1.8	1.8	1
2	0,3	7	9	7	7	2.1	2.7	2.1	2.1
3	0,2	8	8	8	8	1.6	1.6	1.6	1.6
4	0,1	7	6	5	8	0.7	0.6	0.5	0.8
5	0,1	8	8	4	8	0.8	0.8	0.4	0.8
6	0,1	2	2	7	2	0.2	0.2	0.7	0.2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>7.7</b>	<b>7.1</b>	<b>6.5</b>

Πιο αναλυτικά σε κάθε ένα από τα 6 κριτήρια έχει δοθεί ένας βαθμός σημαντικότητας υποκειμενικά επιλεγόμενος. Έπειτα και πάλι υποκειμενικά βαθμολογείται η κάθε εναλλακτική λύση (από 1 ως 10) σύμφωνα με το κατά πόσο ισχύει το κάθε κριτήριο για κάθε εναλλακτική λύση. Εν συνεχεία πολλαπλασιάζεται η βαθμολογία κάθε λύσης για κάθε κριτήριο με τον αντίστοιχο βαθμό σημαντικότητας όπου υπολογίζεται το σύνολο για κάθε λύση.

## 2.2 Σύνοψη

Συνοψίζοντας, αρχικά αναλύεται η συστημική μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία διατυπώνεται το υπό μελέτη πρόβλημα καθώς και η σκοπιά της διεξαγόμενης μελέτης. Καθορίζονται οι ανάγκες που ανακύπτουν από το υπάρχον πρόβλημα και προτείνονται διάφορες λύσεις για την αντιμετώπιση του. Από αυτές σημειώνονται μόνο οι άμεσα πραγματοποιήσιμες και οι πρακτικά εφαρμόσιμες για την πόλη της Ξάνθης. Τέλος, ακολουθεί πολυκριτηριακή ανάλυση των εναλλακτικών προτάσεων επίλυσης του προβλήματος και η βαθμολογία της καθεμιάς από όπου αρχικά ανακύπτει το συμπέρασμα για το ποια φαίνεται να είναι η καλύτερη σύμφωνα με κάποια κριτήρια. Η εφαρμογή της συστημικής μεθοδολογίας είναι αρκετά σημαντική για την προσπάθεια προσέγγισης της επίλυσης του προβλήματος διότι μέσω της μοντελοποίησης που χρησιμοποιεί γίνονται κατανοητές οι ανάγκες που ανακύπτουν και πρέπει να καλυφθούν αλλά και ο διαχωρισμός της παρούσας κατάστασης και της επιθυμητής που πρέπει να προβεί το κολυμβητήριο της Ξάνθης για να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 3 ακολουθεί περιγραφή των σταδίων ενεργειακής διαγνωστικής για αθλητικά κέντρα και πιο συγκεκριμένα του οικήματος του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης. Έπειτα ακολουθούν δυο πολύ σημαντικοί υπολογισμοί, ο υπολογισμός του ανηγμένου δείκτη απόδοσης (NPI) του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης ο οποίος δείχνει το κατά πόσο η λειτουργία του κολυμβητηρίου είναι αποδοτική και εν γένει οικονομική και ο υπολογισμός της θερμικής ισχύος που απαιτείται για την θέρμανση του νερού της πισίνας.

# Κεφάλαιο 3

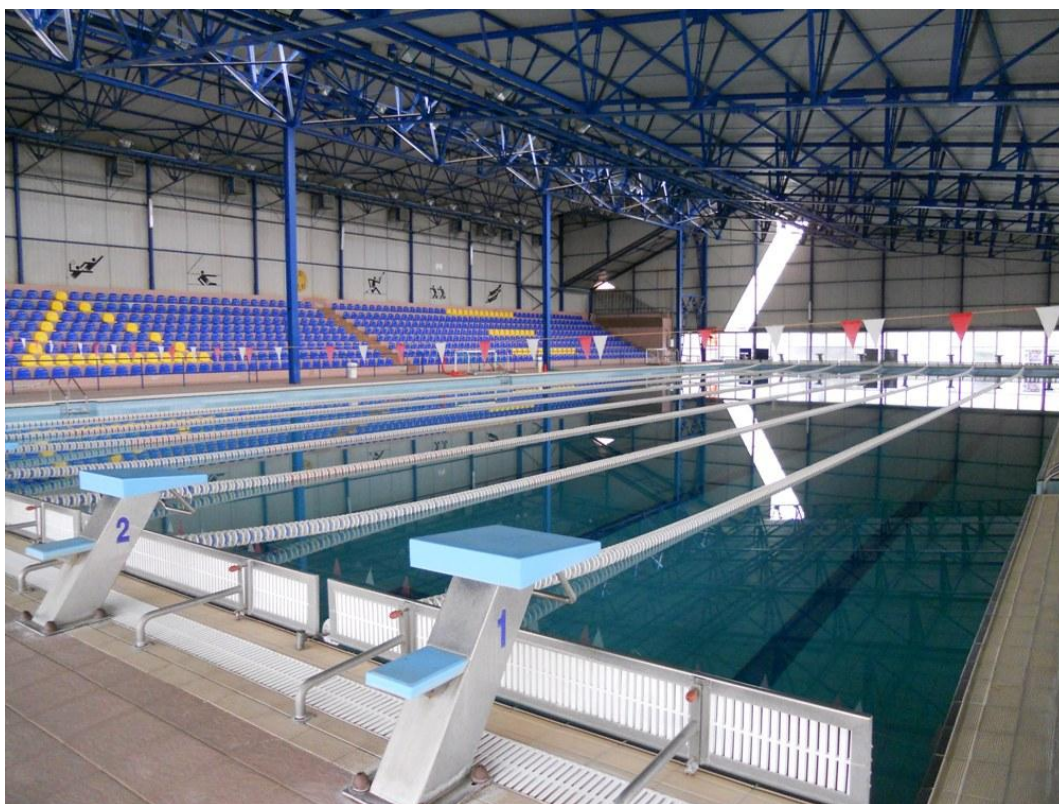
## Περιγραφή του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης

### 3.1 Γενικά

Το κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης κατασκευάστηκε επί Βουλγαρικής κατοχής το 1950 ως ανοικτή πισίνα στον χώρο του σημερινού «Λημνίου» Ξάνθης που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της πόλης. Μετά από κάποιο διάστημα δόθηκε στους Έλληνες μετά την λήξη της κατοχής. Μετά από κάποιες προσθήκες και διαμορφώσεις του χώρου έχει την σημερινή μορφή (βλ. Εικόνα 3.1)



(α)



(β)

Εικόνα 3.1 (α) – (β): Κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης

Είναι ένας μεγάλος χώρος ο οποίος εκτιμάται στα 2.400 m<sup>2</sup> που περιλαμβάνει 2 πισίνες (μεγάλη και μικρή – παιδική), τις κερκίδες, τα αποδυτήρια και το λεβητοστάσιο (Εικόνες 3.1β, 3.2). Η μεγάλη πισίνα έχει 8 διαδρόμους κολύμβησης δηλαδή 8 διαδρομές και χρησιμοποιείται από το κοινό αλλά και από αθλητικούς συλλόγους για προπόνηση και για την πραγματοποίηση αγώνων. Η χωρητικότητα (σε lit) των πισινών αλλά και ο τωρινός τρόπος θέρμανσης τους αναλύεται Παράγραφο 3.2. Οι κερκίδες μπορούν να φιλοξενήσουν 742 φιλάθλους και θεατές συνολικά.



Εικόνα 3.2: Μικρή πισίνα κολυμβητηρίου Ξάνθης

### 3.2 Στάδιο 1<sup>ο</sup>: Επεξεργασία Μηνιαίων Λογαριασμών Κατανάλωσης Καυσίμου

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχτηκαν ο τρόπος που θερμαίνεται ο χώρος της πισίνας αλλά και η ίδια η πισίνα είναι με την βοήθεια λεβήτων που λειτουργούν με πετρέλαιο και ρυθμό κατανάλωσης πετρελαίου 60,2 kg/hour. Οι λέβητες είναι σε σύνολο 2, είναι τύπου Hoval Boiler SR-550, με θερμική ισχύ (output) 550.000 kcal/hour ο καθένας (Εικόνες 3.3α και β).



(α)



(β)

Εικόνα 3.3 (α) – (β): (α) Τύπος λέβητα (β) τύπος καυστήρα κολυμβητηρίου Ξάνθης

Στον περιβάλλοντα χώρο της πισίνας υπάρχουν επιπλέον και 3 αερόθερμα SABIANA (βλ. Εικόνα 3.4) διαστάσεων μήκος 120 cm x ύψος 53 cm x πλάτος 24 cm ισχύος από 7.300W (χαμηλή ένταση) έως 11.000W (υψηλή ένταση). Επιπλέον υπάρχουν και 20 καλοριφέρ (βλ. Εικόνα 3.5) με 24 φέτες έκαστο και διαστάσεις 98 cm ύψος x 93 cm μήκος x 19 cm πλάτος. Τα ανωτέρω μέσα θέρμανσης αφορούν την θέρμανση του χώρου της πισίνας και όχι του νερού.



**Εικόνα 3.4:** Αερόθερμο SABIANA





**Εικόνα 3.5:** Καλοριφέρ

Ο χώρος αερίζεται από τις πόρτες εισόδου και εξόδου διαστάσεων 1,80 m μήκος x 2,10 m ύψος έκαστη (3 εισοδοί). Όσον αφορά το σύστημα εξαερισμού περιμετρικά του κελύφους διαθέτει 7 ανεμιστηράκια.

Ο Πίνακας 3.1 αναλύει την κατανάλωση καυσίμων για την λειτουργία του κολυμβητηρίου για το έτος 2010.

Πίνακας 3.1: Μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου

ΜΗΝΑΣ	ΠΟΣΟ (σε €)	Lit (ποσό/τιμή lit για το 2010)	kWh
Ιανουάριος	13.577,44€	20.174,5	176.526,8
Φεβρουάριος	16.361,13€	24.310,74	212.718,9
Μάρτιος	11.871,78€	1.7640	15.4350
Απρίλιος	6.338,66€	9.418,5	82.411,8
Μάιος	9.827,51€	14.602,54	127.772,2
Ιούνιος	1.215,65€	1.806,31	15.805,2
Ιούλιος	0	0	0
Αύγουστος	0	0	0
Σεπτέμβριος	9.903,96€	14.716,13	128.766,1
Οκτώβριος	12.164,98€	8.075,75	158.162,8
Νοέμβριος	13.249,70€	19.687,5	172.265,6
Δεκέμβριος	10.616,14€	15.774,3	138.025,1
<b>Σύνολο</b>	<b>105.126,92€</b>	<b>156.206 lit</b>	<b>1.366.804,5 kWh ή 1.175.451.870 kcal</b>

Σύμφωνα με στοιχεία του κολυμβητηρίου το συνολικό πόσο των ευρώ (105.126,92€) αντιστοιχεί το συνολικό ποσό των λίτρων πετρελαίου που καταναλώθηκαν για το έτος 2010 και υπολογίζεται σύμφωνα με τα δεδομένα και στοιχεία του κολυμβητηρίου στα **156.206,2 lit** με μέση τιμή αγοράς πετρελαίου για το 2010 περίπου 0,673€/lit. Αν αναχθεί σε kWh έτσι ώστε να γίνει αντιληπτή η κατανάλωση σε kWh πετρελαίου η διαδικασία είναι η εξής:

- √ Για **156.206,2 lit** οι kWh υπολογίζονται ως εξής:  
 $10.200 \text{ kcal/kg (κατώτερη θερμογόνος δύναμη πετρελαίου)} * 0,83 \text{ kg/lit (πυκνότητα πετρελαίου)} = 8466 \text{ kcal/lit ή } 8.466 \text{ kcal/lit} * 4,18\text{kJ/kcal} = 35.387 \text{ kJ/lit}$
- √ Ακολουθεί διαίρεση με την αντιστοιχία των kcal δηλαδή  $1\text{kWh} = 859,9\text{kcal}$  οπότε:  
 $8.466 \text{ kcal/lit} / 859,9 \text{ kcal/kWh} = 9,84$  και πολλαπλασιασμός με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα δηλαδή  $9,84 * 0,89 = 8,75 \text{ kWh/lit ή } 0,1142 \text{ lit/kWh}$

√ Έπειτα πολλαπλασιάζεται κάθε γραμμή του Πίνακα 3.1 δηλαδή τα μηνιαία λίτρα επί το 8,75 και υπολογίζονται οι μηνιαίες kWh και εν συνεχεία το σύνολο για το έτος 2010. Για να μετατραπούν οι συνολικές kWh σε συνολικές kcal απλά πολλαπλασιάζονται με 859,9.

Όπως αναφέρθηκε από την διοίκηση του κολυμβητηρίου η κατανάλωση πετρελαίου για τα προηγούμενα έτη προσεγγίζει το συνολικό ποσό του έτους 2010.

Αν υπολογιστεί ο μέσος όρος για το 2010 σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 προκύπτει ότι η κατανάλωση ανά μήνα είναι περίπου: **8.760,57 € / μήνα** (διαιρώντας το ολικό ποσό με το 12). Επίσης η αξία του ηλεκτρικού ρεύματος για το 2010 ανήλθε στο ποσό των **29.755 €** δηλαδή περίπου 2.500 € / μήνα σύμφωνα με στοιχεία του κολυμβητηρίου και αφορά κυρίως την κατανάλωση στους καυστήρες.

### **3.3 Στάδιο 2<sup>ο</sup>: Γενικές πληροφορίες για το κλειστό κολυμβητήριο Ξάνθης**

Η εγκατάσταση του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης εκτιμάται στα 2.400 m<sup>2</sup> στα οποία είναι κατανεμημένες οι 2 πισίνες και οι κερκίδες. Ακριβώς κάτω από τις κερκίδες είναι ο χώρος των αποδυτηρίων.

Η μεγάλη και η μικρή πισίνα είναι θερμαινόμενες. Η μεγάλη είναι 8 διαδρομών, διαστάσεων 21 x 50 m και χωρητικότητας 3.000 m<sup>3</sup>. Το βάθος της μεγάλης πισίνας ξεκινά από 1,40 m και καταλήγει κεκλιμένα στα 5 m. Η μικρή είναι 12 x 8 m και χωρητικότητας 500 m<sup>3</sup>. Το βάθος της ξεκινά από 45 cm και φτάνει έως και 78 cm. Ο πυθμένας των πισινών είναι κατασκευασμένος με αντιμυκητιακό πλακάκι. Έξω από τον χώρο του κολυμβητηρίου υπάρχει μια δεξαμενή ανακύκλωσης και φιλτραρίσματος του νερού, χωρητικότητας περίπου 600 lit. Το συστατικό που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού είναι το χλώριο με περιεκτικότητα 0,7 mg/lit. Το PH του νερού είναι ουδέτερο δηλαδή 7. Ο ρυθμός εναλλαγής<sup>i</sup> για την μεγάλη πισίνα είναι περίπου 6 ώρες ενώ για την μικρή 2-3 ώρες.

<sup>i</sup> **Ρυθμός εναλλαγής:** οι ώρες που απαιτούνται δηλ. ο απαιτούμενος χρόνος για να κυκλοφορήσει μέσα από την πισίνα και την εγκατάσταση επεξεργασίας (απολύμανση, φιλτράρισμα), ποσότητα νερού ίση με τον όγκο της πισίνας.

Όσον αφορά τον φωτισμό στον χώρο της πισίνας υπάρχουν 12 λάμπες φθορίου πάνω από την μικρή πισίνα, 5 λάμπες φθορίου παραπλεύρως της μεγάλης πισίνας και άλλες 7 περιμετρικά. Οι λάμπες φθορίου είναι 120Watt έκαστη. Επιπλέον υπάρχουν 17 προβολείς (ψυχρές λάμπες) επάνω από τις κερκίδες και άλλες 78 του ίδιου τύπου επάνω και περιμετρικά από την μεγάλη πισίνα. Οι προβολείς είναι 500 Watt έκαστος. Συνολική ισχύς των προβολέων είναι:  $(17 + 78) * 500W = 47.500 W$ .

Η θερμοκρασία που επικρατεί στον περιβάλλοντα χώρο κατά την διάρκεια λειτουργίας είναι γύρω στους 20°C, ενώ η θερμοκρασία του νερού είναι 26°C της μεγάλης πισίνας και περίπου 28-29°C της μικρής. Οι ώρες που λειτουργεί ο χώρος της πισίνας είναι περίπου 7,5 ώρες / ημέρα συνήθως από τις 03:00 μ. μ. έως τις 10:30 μ. μ. Ο χώρος θερμαίνεται 24 ώρες το 24ωρο και 7 μέρες / εβδομάδα.

Το κέλυφος του χώρου της πισίνας, ελλείπει στοιχείων, προσδιορίστηκε κατά προσέγγιση. Θεωρήθηκε λοιπόν μετά από μέγιστη δυνατή συλλογή πληροφοριών, πως αποτελείται από μεταλλική κατασκευή με βιομηχανικό πάνελ. Τα πάνελ αποτελούνται από δυο γαλβανισμένα & έγχρωμα (βαμμένα με πολυεστερική βαφή) χαλυβδοελάσματα που περικλείουν οικολογικό αφρό πολυουρεθάνης. Για να φωτίζεται ο χώρος μεταξύ του μεταλλικού σκελετού έχουν τοποθετηθεί πολυκαρβονικά φύλλα (Eurocarb). Τα EuroCarb είναι φύλλα ελαφριά, εύκαμπτα, ανθεκτικά, πρακτικά άθραυστα, υδατοστεγανά, θερμομονωτικά, φωτοδιαπερατά, ηχομονωτικά και παρέχουν προστασία από την ηλιακή και υπεριώδη ακτινοβολία. Το πάχος τους είναι 8mm.

### **3.4 Στάδιο 3<sup>ο</sup>: Επίσκεψη χώρου**

Όλα τα παραπάνω στοιχεία συλλέχτηκαν μετά από επίσκεψη στον χώρο του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης όπου φυσικά υπάρχει και το ανάλογο φωτογραφικό υλικό.

Μαζί με τις παραπάνω πληροφορίες αποσπάστηκαν και κάποια αρχιτεκτονικά σχέδια του εσωτερικού χώρου του κολυμβητηρίου αλλά και του εξωτερικού και περιβάλλοντος χώρου του κολυμβητηρίου. Δυστυχώς τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά σχέδια δεν ήταν εφικτό να ανευρεθούν.

Με μία σύντομη προεπισκόπηση του αρχιτεκτονικού σχεδίου του εσωτερικού χώρου του κολυμβητηρίου είναι εμφανής η διαφορά της παρούσας διαμόρφωσης του. Στο σχέδιο φαίνεται πως τα αποδυτήρια (ανδρών – γυναικών) ήταν στην θέση που είναι τώρα η μικρή πισίνα. Πλέον όπως έχει ήδη προαναφερθεί, έχουν μεταφερθεί κάτω από τις κερκίδες. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν 2 μεγάλα δωμάτια αποδυτηρίων ανδρών και γυναικών αντίστοιχα με 2 παράθυρα έκαστο, 2 μικρότερα δωμάτια αποδυτηρίων χωρίς παράθυρα και 2 τουαλέτες (ανδρών – γυναικών). Κάθε δωμάτιο αποδυτηρίων διαθέτει 3 αποδυτήρια με διαζώματα μεταξύ τους. Τα πιο μεγάλα δωμάτια απλά διαθέτουν και επιπλέον κοινόχρηστο χώρο με καθίσματα.

Επιπρόσθετα υπάρχει και το κελύφος του χώρου όπου προφανώς και βοηθά στην μείωση των απωλειών θερμότητας.

### **3.5 Στάδιο 4<sup>ο</sup>: Επεξεργασία πληροφοριών για τον εντοπισμό προβλημάτων και την κατανομή των απωλειών ενέργειας**

Μετά από την οπτική επαφή με το προς μελέτη αθλητικό κέντρο διαπιστώθηκαν κάποια σημαντικά προβλήματα ως προς τις απώλειες ενέργειας του χώρου. Δυστυχώς το υλικό κατασκευής του κελύφους δεν είναι το καταλληλότερο που θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε ένα κλειστό θερμαινόμενο κολυμβητήριο. Το πάχος του κελύφους αλλά και η σύνθεση αυτού, δεν είναι τα επιθυμητά ώστε οι απώλειες να είναι οι ελάχιστες δυνατές. Επίσης παρατηρήθηκε πως υπάρχουν κάποια ακάλυπτα σημεία στα πολυκαρβονικά φύλλα λόγω φθοράς του με την πάροδο του χρόνου αλλά και ίσως λόγω κακής κατασκευής.

### **3.6 Στάδιο 5<sup>ο</sup>: Εναλλακτικές μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας θέρμανσης κλειστού κολυμβητηρίου**

(Μπαλαράς, 1996)

Σε μικρού μεγέθους εγκαταστάσεις στις οποίες το κτίριο πρακτικά είναι ο κύριος χώρος του γυμναστηρίου ή η πισίνα ενός κολυμβητηρίου, οι απώλειες θερμότητας μέσω του κελύφους αυξάνονται. Το κύριο μέλημα είναι η σωστή διάταξη του συστήματος, ώστε να αποφεύγονται οι περιοχές υπερθέρμανσης και υποθέρμανσης. Μια αύξηση κατά 1°C στην θερμοκρασία του νερού μπορεί να αυξήσει και κατά 10 – 15% το ενεργειακό κόστος για τη λειτουργία του κολυμβητηρίου. Για υψηλότερες θερμοκρασίες του εσωτερικού αέρα το περιβάλλον της πισίνας μπορεί να είναι πολύ θερμό για να είναι άνετο και μπορεί να προκαλέσει αδικαιολόγητα παράπονα από τους χρήστες της πισίνας δημιουργώντας έτσι την αίσθηση ότι η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή. Ακόμα αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό εξάτμισης από το νερό της πισίνας, υψηλότερη ζήτηση θερμότητας για την αναπλήρωση των απωλειών λόγω εξάτμισης και ταχύτερο ρυθμό εξαερισμού για να διατηρηθούν αποδεκτά επίπεδα εσωτερικής υγρασίας. Χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα προκαλούν εξάτμιση και μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας από το νερό της πισίνας, υψηλότερο φορτίο για τη θέρμανση του νερού αλλά και μέτριους ρυθμούς εξαερισμού. Το κύριο πρόβλημα που προκύπτει αφορά τη θερμική δυσφορία που προκαλείται στους χρήστες της πισίνας.

Διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας θέρμανσης για το νερό της πισίνας και συνεπαγωγικά του περιβάλλοντα χώρου είναι οι παρακάτω:

- √ Χρήση **καλύμματος πισίνας**. Είναι ο πιο αποδοτικός τρόπος για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες από το νερό της πισίνας τις ώρες κατά τις οποίες αυτή δεν χρησιμοποιείται. Θεωρείται ως αναγκαία πρώτη επένδυση για οποιοδήποτε πρόγραμμα ενεργειακής απόδοσης σε κολυμβητήριο. Η χρήση ενός

καλύμματος μπορεί να επιτρέψει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 50% της συνολικής χρήσης της ενέργειας και να μειώσει το κόστος της κατά 25%<sup>ii</sup>.

- ✓ Χρήση **ηλιακών συλλεκτών** για την παραγωγή ζεστού νερού. Το χαμηλό κόστος των ηλιακών συλλεκτών χωρίς κάλυμμα τους καθιστά ελκυστικούς αν και η απόδοση τους είναι 18% μικρότερη από τους συλλέκτες με κάλυμμα. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση πισινών είναι μια αποδοτική σε κόστος εφαρμογή, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιακών απαιτήσεων. Για κλειστά κολυμβητήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν συλλέκτες με επίπεδες πλάκες απορρόφησης εξοπλισμένες με εναλλάκτες για την παραγωγή ζεστού νερού. Το μέγεθος ενός ηλιακού συλλέκτη για ένα κολυμβητήριο είναι περίπου η μισή επιφάνεια της πισίνας για να προσφέρει καλή θέρμανση το φθινόπωρο και το χειμώνα. Η απόδοση του συγκεκριμένου συστήματος θέρμανσης του νερού μπορεί να είναι 70 – 80% λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας 24°C του νερού το οποίο οι συλλέκτες πρέπει να παρέχουν. Όταν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια των συλλεκτών δεν είναι αρκετή για να ανεβάσει τη θερμοκρασία του νερού στα επιθυμητά επίπεδα τότε πρέπει να παρέχεται στο σύστημα συμπληρωματική θερμότητα.
- ✓ **Μείωση ποσότητας νερού.** Από την στιγμή που η πισίνα δεν χρησιμοποιείται για κάποιο άλλο λόγο όπως πχ. καταδύσεις, πέραν της χρήσης για κολύμβηση ένας εναλλακτικός τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας για την θέρμανση του νερού είναι ο περιορισμός του. Πιο συγκεκριμένα εάν μειωθεί το βάθος της πισίνας με μπάζωμα θα μειωθεί και η ποσότητα νερού που υπόκειται σε θέρμανση. Με αυτόν τον τρόπο και πάλι υπάρχει κέρδος στα καύσιμα μιας και αν το βάθος νερού μειωθεί στα 3 m maximum, το πετρέλαιο που θα χρειαστεί για να θερμάνει την συγκεκριμένη (μειωμένη) ποσότητα νερού θα είναι λιγότερο σε ποσότητα.
- ✓ **Αντικατάσταση λέβητα με νέο λέβητα πετρελαίου θέρμανσης.** Είναι αναμενόμενο πως μια τέτοια αλλαγή φυσικά και θα έχει εμφανή διαφορά εφόσον οι λέβητες του κολυμβητηρίου Ξάνθης είναι αρκετά παλιοί. Σίγουρα η έλλειψη συντήρησης αλλά και τα έτη λειτουργίας τους δικαιολογούν την μείωση της

---

<sup>ii</sup> «Μελέτη θέρμανσης νερού της κολυμβητικής δεξαμενής στο ΕΕΕΕΚ Σερρών με κεντρικό ηλιακό σύστημα» από την Σ.Ο.Λ.ΑΡ, στα πλαίσια του 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου συνέδριου Ολιστικής Αρχιτεκτονικής & Οικολογικής Δόμησης, 2009

απόδοσης τους. Οπότε μια επένδυση σε νέους λέβητες ασχέτως αν καταναλώνουν το ίδιο καύσιμο (πετρέλαιο) είναι μια καλή εναλλακτική λύση στην εξοικονόμηση καυσίμων.

- √ Αντικατάσταση λέβητα με **λέβητα φυσικού αερίου**. Είναι εφικτή η συνεχής παροχή καυσίμου. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων. Επιπλέον προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και μείωση κόστους.
- √ **Η μόνωση του κελύφους του κτιρίου** μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις κατά 11 – 25%. Εναλλακτικά η χρήση μεμονωμένων γυάλινων επιφανειών μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση κατά 3%.
- √ **Ανάκτηση θερμότητας**. Στις πισίνες η ανάκτηση θερμότητας στα συστήματα εξαερισμού μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις για ενέργεια κατά 30%. Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας μειώνουν την ετήσια κατανάλωση ενέργειας των κλειστών κολυμβητηρίων σε 22,6 GJ/m<sup>2</sup>. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει κάποιο είδος εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος εισάγει ένα εμπόδιο στη ροή του ρευστού αυξάνοντας έτσι την πτώση πίεσης και τις απαιτήσεις του ανεμιστήρα ή της αντλίας. Πρακτικά σε όλα τα συστήματα σημαντική ποσότητα θερμότητας χάνεται μαζί με τον αποβαλλόμενο αέρα. Η θερμότητα μπορεί να ανακτηθεί από τον εξερχόμενο αέρα ή το νερό στο αντίστοιχα εισερχόμενο ρευστό, μειώνοντας έτσι την απαιτούμενη ενέργεια για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών.

### **3.7 Υπολογισμός ανηγμένου δείκτη απόδοσης κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης**

Η ενεργειακή απόδοση μιας αθλητικής εγκατάστασης είναι δυνατόν να γίνει με τη χρήση του Ανηγμένου Δείκτη Απόδοσης (Normalized Performance Indicator – NPI). Η μέθοδος του NPI θεωρείται κατάλληλη από τον EEO (Energy Efficiency Office) καθώς επιτρέπει τη σύγκριση επάνω στην ίδια βάση εγκαταστάσεων οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικά χαρακτηριστικά και μέγεθος (Περδός, 2007).



Η μέθοδος περιλαμβάνει τον υπολογισμό του NPI ( $\text{kWh} / \text{m}^2$ ) μιας εγκατάστασης και τη σύγκρισή του με ενδεικτικές τιμές οι οποίες παρατίθενται στον Πίνακα 3.2.

**Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση NPI**

Είδος Αθλητικής Εγκατάστασης	NPI		
	Μεγάλος	Κανονικός	Μικρός
Γυμναστήριο - ως προς τη συνολική επιφάνεια του χώρου	> 340	200 - 300	< 200
Κολυμβητήριο - ως προς τη συνολική επιφάνεια του χώρου	> 1390	1050 - 1390	< 1050
Κολυμβητήριο - ως προς την επιφάνεια της πισίνας	> 5900	4900 - 5900	< 4900

Ο υπολογισμός του NPI προϋποθέτει τη συλλογή των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας του τελευταίου έτους - η οποία βασίζεται στους μηνιαίους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας και αγοράς καυσίμων – και γίνεται με τα ακόλουθα του Σχήματος 3.1.

A. ΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 1  [kWh]

B. ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

Κολυμβητήρια 0.55 × 1  = 2  [kWh]

Γυμναστήρια 0.75

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

1  - 2  = 3  [kWh]

Γ. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

Βαθμομέρες για την τοποθεσία 4  [°C × ημ./έτος]

Συντελεστής καιρού 2462 × 4  = 5  [-]

Προσαρμογή ενέργειας λόγω καιρού

2  × 5  = 6  [kWh]

Συντελεστής ανεμοπροστασίας 7  [-]

Προσαρμογή ενέργειας λόγω ανεμοπροστασίας

7  × 6  = 8  [kWh]

Δ. ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3  × 8  = 9  [kWh]

Ε. ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΏΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ώρες ετήσιας λειτουργίας της εγκατάστασης 10  [h]

Συντελεστής ωρών χρήσης

Κολυμβητήρια 4000 + 10  = 11  [kWh]

Γυμναστήρια 4910

Ανηγμένη ετήσια χρήση ενέργειας για κανονικές ώρες λειτουργίας

9  × 11  = 12  [kWh]

ΣΤ. ΑΝΗΓΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ NPI

Θερμαινόμενη επιφάνεια 13  [m<sup>2</sup>]

12  × 13  = NPI  [kWh/ m<sup>2</sup>]

Σχήμα 3.1: Διαδικασία υπολογισμού NPI

Με βάση το παραπάνω Σχήμα 3.1 ακολουθεί ο υπολογισμός NPI βήμα - βήμα για την περίπτωση που εξετάζεται του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης. Πριν όμως εφαρμοστεί η παραπάνω διαδικασία έγινε μια μικρή αναφορά για μερικές παραμέτρους που παίρνουν μέρος σε αυτήν.

#### A. Ολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Υπολογίζεται συμπεριλαμβάνοντας όλα τα είδη καυσίμων και εκφράζεται σε [kWh]. Η ηλεκτρική ενέργεια δίνεται σε [kWh] στους μηνιαίους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Η κατανάλωση του πετρελαίου θέρμανσης είναι σε [lit] και

πολλαπλασιάζεται με την πυκνότητα 0,83 kg/lit και την κατώτερη θερμογόνος δύναμη 11,86 kWh/kg.

### **B. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρων**

Αν είναι γνωστή εισάγεται η αντίστοιχη τιμή στην θέση 2 του Σχήματος 3.1. Στην αντίθετη περίπτωση υπολογίζεται κατά προσέγγιση με τους συντελεστές του Σχήματος 3.1. Αφαιρώντας τις τιμές της ενέργειας στις θέσεις 1 και 2 προκύπτει η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που δεν χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων (θέση 3).

### **Γ. Προσαρμογή ενέργειας για θέρμανση χώρων**

Οι κλιματολογικές συνθήκες και η τοποθεσία λαμβάνονται υπόψη η χρήση δυο πολλαπλασιαστικών συντελεστών. Ο συντελεστής καιρού (θέση 5) υπολογίζεται με τη βοήθεια βαθμομερών θέρμανσης του τόπου (θέση 4) και της τιμής ενός τυπικού έτους με 2462 βαθμομέρες. Για το συντελεστή ανεμοπροστασίας λαμβάνεται η τιμή 1,1 αν η εγκατάσταση είναι προστατευμένη από άλλα κτίρια (πυκνοδομημένη περιοχή), 1 αν βρίσκεται σε αστικό ή αγροτικό περιβάλλον με διασκορπισμένα περιβάλλοντα δέντρα και κτίρια και 0,9 αν βρίσκεται σε ελεύθερο περιβάλλοντα χώρο.

### **Δ. Ανηγγμένη ετήσια χρήση ενέργειας**

Είναι το άθροισμα της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας που δεν χρησιμοποιείται για θέρμανση (θέση 3) και της αντίστοιχης ενέργειας θέρμανσης (θέση 8) που υπολογίστηκε με τους παραπάνω συντελεστές.

### **Ε. Ανηγγμένη ετήσια χρήση ενέργειας για κανονικές ώρες λειτουργίας**

Προκύπτει από το γινόμενο της ανηγμένης ετήσιας χρήσης ενέργειας (θέση 9) επί τον συντελεστή ωρών χρήσης (θέση 11). Ο συντελεστής ωρών χρήσης υπολογίζεται από το πηλίκο των κανονικών ετησίων ωρών λειτουργίας (4000 για

κολυμβητήρια) προς το πραγματικό ετήσιο αριθμό ωρών λειτουργίας της εγκατάστασης (θέση 10).

### **ΣΤ. Ανηγμένος δείκτης απόδοσης NPI**

Προκύπτει από το πηλίκο της ανηγμένης ετήσιας χρήσης ενέργειας για κανονικές ώρες λειτουργίας (θέση 12) προς την θερμαινόμενη επιφάνεια (θέση 13).

Για αρχή πρέπει να υπολογιστεί την ετήσια κατανάλωση ενέργειας συμπεριλαμβάνοντας όλα τα είδη καυσίμων δηλαδή πετρέλαιο. Η ολική κατανάλωση πετρελαίου για το 2010 σύμφωνα με τα στοιχεία του κολυμβητηρίου ήταν 156.206 lit.

**(Α) Ολική κατανάλωση ενέργειας:** Η ολική κατανάλωση ενέργειας οποιασδήποτε μορφής του κολυμβητηρίου (βλ. Σχέση 1). Δηλαδή:

Καταναλισκόμενα lit πετρελαίου (ετησίως) x 0,83 (πυκνότητα, kg/lit) \* 11,86 (κατώτερη θερμογόνος δύναμη, kWh/kg) = 156.206 lit \* 0,83 kg/lit \* 11,86 kWh/kg = **1.537.660,6 (kWh)**

Πετρέλαιο σε kWh + Κατανάλωση ηλ. Ενέργειας σε kWh = 1.537.660,6 + 238.000<sup>iii</sup>

$$= \mathbf{1.775.660,6 \text{ (kWh)}} \quad (1)$$

Να σημειωθεί πως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε όλη την εγκατάσταση του κολυμβητηρίου και όχι μόνο για την θέρμανση του νερού.

**(Β) Ετήσια Χρήση Ενέργειας:** Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρων (βλ. Σχέση 2).

Για κολυμβητήρια: 0,55 (σταθερά) \* 1.775.660,6 =

$$= \mathbf{976.613,3 \text{ (kWh)}} \quad (2)$$

<sup>iii</sup> Σύμφωνα με επίσημες μετρήσεις της ΔΕΗ Α.Ε. για το έτος 2010.

**Εκτός της θέρμανσης χώρων ετήσια κατανάλωση ενέργειας (βλ. Σχέση 3) =**  
 (1) – (2) =

$$= 799.047,3 \text{ (kWh)} \quad (3)$$

**(Γ) Βαθμομέρες<sup>iv</sup> για την τοποθεσία:** Αν θεωρηθεί πως η Ξάνθη εντάσσεται στην κλιματική ζώνη 6 με μέση εσωτερική θερμοκρασία τους 18°C (σταθερή βάση) τότε οι ετήσιες βαθμομέρες είναι 2.065 (4) (Περδίδος 2007).

**Διορθωτικός παράγοντας καιρού (βλ. Σχέση 5):** 2.462 / 2.065 =

$$= 1,19 \text{ [-]} \quad (5)$$

**Προσαρμογή ενέργειας θέρμανσης χώρων που οφείλεται στον καιρό (βλ. Σχέση 6):** 976.613,3 (2) \* 1,19 (5) =

$$= 1.162.169,8 \text{ (kWh)} \quad (6)$$

**Παράγοντας ανεμοπροστασίας κτηρίου:** Επιλέγεται η ανεμοπροστασία = 1 διότι θεωρείται πως το κλειστό κολυμβητήριο είναι μια κανονική εγκατάσταση δηλαδή ισόγειο κτίριο, σε αστικό ή αγροτικό περιβάλλον, με διασκορπισμένα περιβάλλοντα δέντρα και κτίρια. Υπάρχουν άλλες δυο κατηγορίες ανεμοπροστασίας. Η προστατευμένη = 1,1 και η εκτεθειμένη = 0,9.

**Προσαρμογή ενέργειας θέρμανσης χώρων που οφείλεται στην ανεμοπροστασία (βλ. Σχέση 8) =** 1 \* 1.162.169,8 (kWh) (6) =

$$= 1.162.169,8 \text{ (kWh)} \quad (8)$$

**(Δ) Ανηγμένη ετήσια χρήση ενέργειας (βλ. Σχέση 9):** 799.047,3 (kWh) (3) + 1.162.169,8 (kWh) (8) =

$$= 1.961.217,1 \text{ (kWh)} \quad (9)$$

<sup>iv</sup> Οι βαθμομέρες θέρμανσης (ΒΗΘ) για μια περίοδο ενός μηνός, ορίζονται ως το γινόμενο του αριθμού των ημερών θέρμανσης  $n$  επί την διαφορά των μέσων ημερησίων θερμοκρασιών εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας ( $t_i - t_a$ ). Η μέση εσωτ. θερμοκρασία  $t_i$  θεωρείται σταθερή και ίση με 18°C.

(Ε) Ετήσια χρήση ενέργειας για κανονικές ώρες λειτουργίας (βλ. Σχέση 10):

$$\begin{aligned} \text{Συνολικές ώρες χρήσης της εγκατάστασης: } & 7,5 * (365 \text{ μέρες} / \text{έτος περίπου}) = \\ & = \mathbf{2.737,5 \text{ ώρες}} \end{aligned} \quad (10)$$

Συντελεστής ωρών χρήσης (βλ. Σχέση 11):

$$\begin{aligned} \text{Για κολυμβητήρια: } & 4000 / 2.737,5 \text{ ώρες (10)} = \\ & = \mathbf{1,461 [-]} \end{aligned} \quad (11)$$

Ετήσια χρήση ενέργειας για κανονικές ώρες λειτουργίας (βλ. Σχέση 12):

$$\begin{aligned} & 1.961.217,1 \text{ (kWh) (9)} * 1,461 \text{ (11)} = \\ & = \mathbf{2.865.338,1 \text{ (kWh)}} \end{aligned} \quad (12)$$

(ΣΤ) Ανηγμένος δείκτης απόδοσης (βλ. Σχέση 13)

$$\begin{aligned} \text{Επιφάνεια πισίνας που θερμαίνεται: } & (21*50 \text{ μεγάλη}) + (12*8 \text{ μικρή}) = \\ & = \mathbf{1.146 \text{ m}^2} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{NPI} = 2.865.338,1 \text{ (kWh) (12)} / 1.146 \text{ m}^2 \text{ (13)} = \mathbf{\underline{2.500 \text{ kWh} / \text{m}^2}}$$

Σύμφωνα με τον παραπάνω υπολογισμό και αν ληφθεί υπόψη πως σαν γνώμονα την επιφάνεια της πισίνας παρατηρείται πως ο NPI είναι μικρότερος (<) από 4.900 (Πίνακας 3.2). Αυτό σημαίνει πως σύμφωνα με τις ενδεικτικές τιμές του Πίνακα 3.2 οι kWh / m<sup>2</sup> ενέργειας που καταναλώνονται είναι μικρότερες από την δοθείσα τιμή πράγμα που κάνει την λειτουργία του κολυμβητηρίου αποδοτική και εν γένει οικονομική (Περδίδς, 2007).

### 3.8 Υπολογισμός θερμικής ισχύος για την θέρμανση της πισίνας του κολυμβητηρίου Ξάνθης

α) Η Σχέση 14 δίνει την απαιτούμενη θερμική ισχύ της εγκατάστασης για τη θέρμανση του νερού της πισίνας είναι (Περδίδς, 2007):

$$\dot{Q} = 0.6 \cdot F \cdot \dot{Q}_A + \frac{1000 \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{T} \quad (\text{kcal/h}) \quad (14)$$

Όπου

F [m<sup>2</sup>] Επιφάνεια της πισίνας

Q<sub>A</sub> [kcal/h·m<sup>2</sup>] Θερμικές απώλειες νερού

V [m<sup>3</sup>] Όγκος νερού

t<sub>1</sub> [°C] Αρχική θερμοκρασία νερού

t<sub>2</sub> [°C] Τελική θερμοκρασία νερού

T [h] Χρόνος θέρμανσης. Συνήθως λαμβάνεται 10 - 20 h

Σε κλειστά κολυμβητήρια ισχύει Q<sub>A</sub> = 120 kcal/h·m<sup>2</sup> για θερμοκρασία νερού ανώτερη των 23 °C, θερμοκρασία αέρα 26 °C, θερμοκρασία νερού συμπλήρωσης 13 °C, σχετική υγρασία 60% και ταχύτητα ανέμου 1 m/s (Περδίδς, 2007).

Σε ανοικτά κολυμβητήρια για θερμοκρασία νερού ανώτερη των 23 °C, θερμοκρασία αέρα 13 °C, θερμοκρασία νερού συμπλήρωσης 13 °C σχετική υγρασία 60% οι θερμικές απώλειες είναι:

$$\begin{aligned} Q_A &= 335 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2 \text{ για ταχύτητα ανέμου } 1 \text{ m/s} \\ &= 500 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2 \text{ για ταχύτητα ανέμου } 2 \text{ m/s} \\ &= 820 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2 \text{ για ταχύτητα ανέμου } 4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Συγκεκριμένα για την πισίνα του κολυμβητηρίου Ξάνθης επιλέγεται η πρώτη περίπτωση διότι είναι κλειστή. Επίσης σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας)<sup>v</sup> ο μέσος όρος ταχύτητας ανέμου για την πόλη της Ξάνθης είναι 1,16 m/sec.

<sup>v</sup> <http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/xanthi.htm>

Οπότε,

$$Q_{ολ} = 0,6 * 1.146 * 120 + [1.000 * (3.000 + 500) * (26 - 10)] / 72^{vi} = 82.512 + 777.778 = \mathbf{860.290 \text{ kcal/h}} \text{ ή } \mathbf{998 \text{ kWh}} \text{ ή } \mathbf{3.592.800 \text{ kJ}} \text{ ή } \mathbf{3.592,8 \text{ MJ}}$$

Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία που υπάρχουν από το κολυμβητήριο η συνολική θερμική ισχύς που παρέχεται από τους 2 λέβητες είναι  $550.000 * 2 = \mathbf{1.100.000 \text{ kcal/h}}$ . Άρα οι θερμική ισχύς των λεβητών που υπάρχουν στο κολυμβητήριο είναι αρκετή για να θερμάνει το νερό των πισινών.

Η επιφάνεια της πισίνας, όπως και ο όγκος του νερού δείχνει την συνολική επιφάνεια και όγκο της μικρής αλλά και της μεγάλης πισίνας.

Στην περίπτωση που η πισίνα ήταν ανοιχτή είναι:

$$Q = 0,6 * 1.146 * 335 + [1.000 * (3.000 + 500) * (26 - 10)] / 72 = 230.346 + 777.778 = \mathbf{1.008.124 \text{ kcal/h}}$$

### 3.9 Σύνοψη

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, μετά από εκτενή περιγραφή της εγκατάστασης του κολυμβητηρίου και μετά από υπολογισμό του ανηγμένου δείκτη απόδοσης NPI διαπιστώνεται ότι εφόσον οι kWh / m<sup>2</sup> ενέργειας που καταναλώνονται είναι μικρότερες από την δοθείσα τιμή (<4900) κάνει την λειτουργία του κολυμβητηρίου αποδοτική και εν γένει οικονομική. Παρόλα αυτά αν και οικονομική, πρέπει να εξεταστούν τρόποι που θα καταστήσουν την λειτουργία του κολυμβητηρίου ακόμα πιο οικονομική μιας και με τα ήδη υπάρχοντα οικονομικά δεδομένα το κολυμβητήριο παραμένει κλειστό.

Για τον λόγο αυτό στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται από διαφορετικές πλευρές οι κατώτερο εναλλακτικοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίοι εξετάζονται μεμονωμένα. Αυτοί είναι:

---

<sup>vi</sup>3 ημέρες = 72 ώρες είναι ο χρόνος που απαιτείται για να θερμανθεί το νερό σύμφωνα με στοιχεία του κολυμβητηρίου.



- Εγκατάσταση συστήματος ηλιακών συλλεκτών
- Εγκατάσταση και χρήση καλύμματος δεξαμενής
- Αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου με νέο
- Περιορισμός των κυβικών νερού.

#### 4.1 Διεθνείς εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας σε κολυμβητικές δεξαμενές

Μετά από εκτεταμένη αναζήτηση σε διεθνή βιβλιογραφία εντοπίστηκαν διάφορες εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας ανά τον κόσμο. Αρμόδιοι φορείς αποφάσισαν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης με καύσιμο το πετρέλαιο με εναλλακτικά συστήματα όπως οι ηλιακοί συλλέκτες, εγκατάσταση λέβητα βιομάζας ξύλου, σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέρα, τοποθέτηση καλύμματος πισίνας, εγκατάσταση φυσικού αερίου κ. α. Κάποιες από αυτές τις εφαρμογές διαφαίνονται στις Παραγράφους 4.1.1 – 4.1.4.

##### 4.1.1 Μελέτη περίπτωσης 1

Στο ξενοδοχείο «Europa Resort» το οποίο βρίσκεται στο Ρέθυμνο Κρήτης έχει εγκατασταθεί από το 2000 σύστημα ηλιακών συλλεκτών το οποίο βοηθά στην θέρμανση της ανοιχτής κολυμβητικής δεξαμενής που υπάρχει στον χώρο. Οι συλλέκτες που επιλεχτήκαν να τοποθετηθούν είναι επίπεδοι και ακάλυπτοι ηλιακοί συλλέκτες οι οποίοι καταλαμβάνουν επιφάνεια  $32\text{m}^2$ . Ο όγκος της πισίνας είναι  $25\text{m}^3$  (Πίνακας 4.1). Η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρεται λόγω των ηλιακών συλλεκτών είναι 36 τόνοι πετρελαίου ανά έτος ([www.solpool.info](http://www.solpool.info)).

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά μελέτης 1

<b>Μέθοδος:</b>	Ηλιακοί Συλλέκτες
<b>Τοποθεσία:</b>	Ρέθυμνο Κρήτης
<b>Εγκατάσταση:</b>	Ξενοδοχείο «Europa Resort» (2000)
<b>Εξοικονόμηση ενέργειας:</b>	100% του χρησιμοποιούμενου πετρελαίου
<b>Κόστος:</b>	1.710 € ή 53,44 € / $\text{m}^2$ επιφάνειας συλλέκτη.

**4.1.2 Μελέτη Περίπτωσης 2**

Οι κάτοικοι της πόλης Craig της Αλάσκας (1400 κάτοικοι) τοποθέτησαν το 2008 σύστημα συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας με ειδικούς λέβητες που λειτουργούν με βιομάζα ξύλου (pellets) οι οποίοι παράγουν υψηλής θερμοκρασίας ατμό και αυτό οδηγεί σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετα με τα αέρια από την καύση των ξύλων παράγεται ένα είδος καυσίμου το «syngas» που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο ντίζελ για να λειτουργήσει π.χ. μια γεννήτρια. Το ζεστό νερό που αντλείται αποσκοπεί για θέρμανση σε σχολεία και πισίνες. Το παραπάνω σύστημα αντικατέστησε κατά 85% το πετρέλαιο και το προπάνιο που συνήθιζαν να χρησιμοποιούν (Πίνακας 4.2). Η εγκατάσταση αναμένεται να αποσβεστεί σε 12 χρόνια. Σύμφωνα με την συγκεκριμένη αναφορά αν και είναι σχετικά νωρίς για να εκτιμηθεί το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας η επένδυση φαίνεται να έχει ευδοκιμήσει.

([http://www.dfpni.gov.uk/good\\_practice\\_case\\_study\\_no.7.pdf](http://www.dfpni.gov.uk/good_practice_case_study_no.7.pdf))

**Πίνακας 4.2:** Χαρακτηριστικά μελέτης 2

<b>Μέθοδος:</b>	Βιομάζα από ξύλο
<b>Τοποθεσία:</b>	Βορειοανατολική Αλάσκα, πόλη Craig
<b>Εγκατάσταση:</b>	Δημόσια (2008)
<b>Εξοικονόμηση ενέργειας:</b>	85% του χρησιμοποιούμενου πετρελαίου
<b>Κόστος:</b>	\$ 1,5 εκατομμύρια (ή 1.083.031 €)

**4.1.3 Μελέτη περίπτωσης 3**

Στο Queen's University Physical Education Centre Belfast του Ηνωμένου Βασιλείου το 2000 τοποθετήθηκε κάλυμμα πισίνας για τις κλειστές κολυμβητικές δεξαμενές. Η εγκατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας αποτελείται από 2 αυτόματα καλύμματα. Ένα για την κολυμβητική δεξαμενή των 312 m<sup>2</sup> και ένα για την πισίνα καταδύσεων των 156 m<sup>2</sup>. Η όλη εγκατάσταση και αγορά των καλυμμάτων κόστισε £22.000 ή 24.963€ και τους προσέφερε εξοικονόμηση χρημάτων για τα καύσιμα από £10.090 και άνω/έτος (ή 11.450€/έτος).

Η απόσβεση χρημάτων έγινε σε 2,2 χρόνια (Πίνακας 4.3).

([http://www.dfpni.gov.uk/good\\_practice\\_case\\_study\\_no.9.pdf](http://www.dfpni.gov.uk/good_practice_case_study_no.9.pdf))

**Πίνακας 4.3:** Χαρακτηριστικά μελέτης 3

<b>Μέθοδος:</b>	Κάλυμμα πισίνας
<b>Τοποθεσία:</b>	Ηνωμένο Βασίλειο
<b>Εγκατάσταση:</b>	Queen's University Physical Education Centre Belfast (2000)
<b>Εξοικονόμηση ενέργειας:</b>	23% του χρησιμοποιούμενου πετρελαίου
<b>Κόστος:</b>	£22.000 ή 24.963€

#### **4.1.4 Μελέτη περίπτωσης 4**

Στο Cascades Leisure Centre της πόλης Craiganon της Ιρλανδίας το 1999 τοποθετήθηκε σύστημα ανάκτησης θερμότητας με ειδικούς εναλλάκτες. Το συγκεκριμένο έργο περιλαμβάνει την εγκατάσταση ενός αποσπώμενου συστήματος ανάκτησης θερμότητας του αέρα. Επιπλέον διαθέτει έλεγχο του inverter των ανεμιστήρων εφοδιασμού, διαφορές συσκευές διάχυσης και προμήθειας αέρα, πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας αέρα, ρυθμιστές ανακυκλοφορίας και ρυθμιζόμενο έλεγχο των μπαταριών θερμότητας (heater batteries). Η όλη εγκατάσταση κόστισε £192.000 ή 217.860€ και τους προσέφερε εξοικονόμηση χρημάτων για τα καύσιμα ως £40.570 /έτος (ή 46.034€/έτος). Η απόσβεση χρημάτων έγινε σε 5,1 χρόνια (Πίνακας 4.4).

(<http://www.uaf.edu/files/ces/publications-db/catalog/par/PAR-00001.pdf>)

**Πίνακας 4.4:** Χαρακτηριστικά μελέτης 4

<b>Μέθοδος:</b>	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας
<b>Τοποθεσία:</b>	Ιρλανδία
<b>Εγκατάσταση:</b>	Cascades Leisure Centre, Craiganon (1999)
<b>Εξοικονόμηση ενέργειας:</b>	44% του χρησιμοποιούμενου πετρελαίου
<b>Κόστος:</b>	£192.000 ή 217.860€

Όπως έχει ήδη υπολογιστεί στο Κεφάλαιο 3, η απαιτούμενη θερμική ισχύς της εγκατάστασης (σύμφωνα με το τύπο 14) για τη θέρμανση του νερού της πισίνας του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης είναι η κάτωθι:

$$Q_{ολ} = 860.290 \text{ kcal/h ή } 998 \text{ kWh ή } 3.592.800 \text{ kJ ή } 3.592,8 \text{ MJ}$$

Στην Παράγραφο 4.2 περιγράφονται αναλυτικά οι εναλλακτικές προτάσεις βελτίωσης ή τροποποίησης του συστήματος θέρμανσης του κολυμβητηρίου. Έπειτα ακολουθούν υπολογισμοί της θερμικής ισχύος που προσφέρεται από κάθε εφαρμογή εναλλακτικού τρόπου θέρμανσης σε σχέση με αυτή που ήδη προσφέρεται με το παρόν συμβατικό σύστημα θέρμανσης. Για κάθε εναλλακτικό τρόπο θα υπάρξει σύγκριση των θερμικών μεγεθών του με αυτά του ήδη υπάρχοντος τρόπου θέρμανσης.

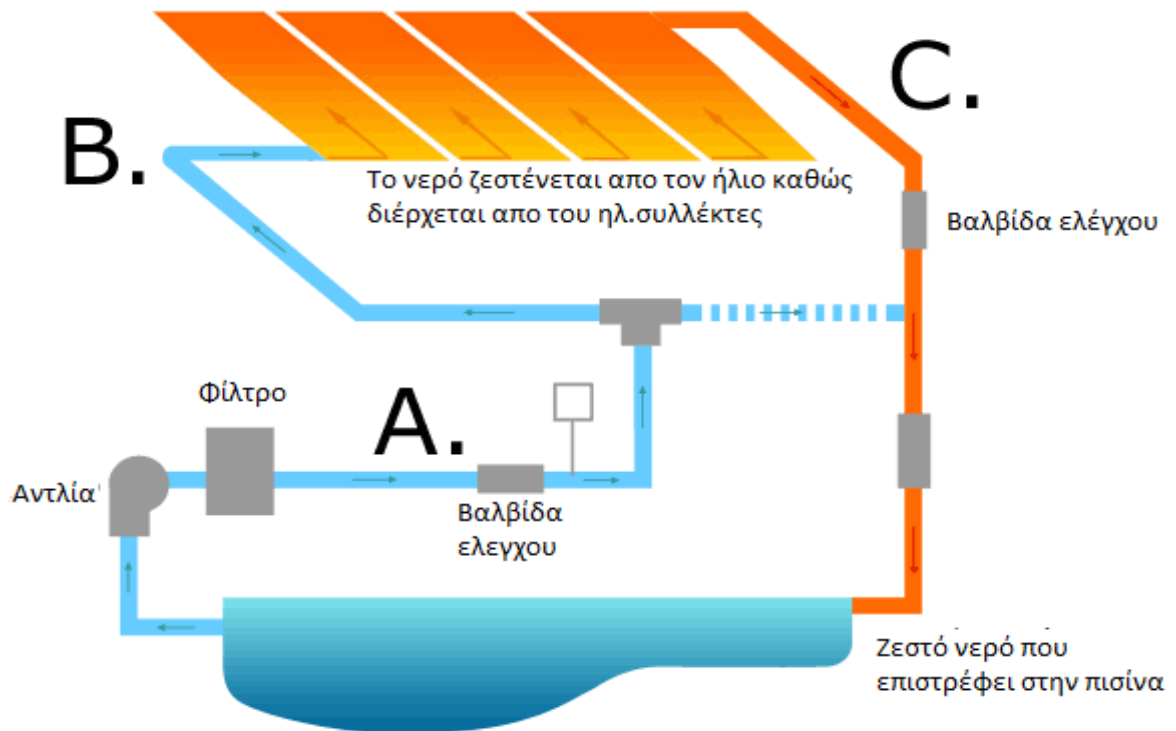
## 4.2 Προτεινόμενες λύσεις

### 4.2.1 Χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών

**Προτεινόμενη λύση Α:** Χρήση ηλιακών συλλεκτών. Υπάρχουν τρεις τεχνολογίες ηλιακών συλλεκτών οι οποίες συνήθως εφαρμόζονται για την θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών:

- Ακάλυπτοι συλλέκτες (πλαστικοί)
- Επίπεδοι υαλοκάλυπτοι συλλέκτες
- Επίπεδοι υαλοκάλυπτοι συλλέκτες κενού

Σε εφαρμογές ηλιακής θέρμανσης κολυμβητικών δεξαμενών συνήθως χρησιμοποιούνται οι δύο πρώτοι λόγω απαιτήσεων θέρμανσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Εδώ για λόγους ευκολίας και καλύτερης απόδοσης για την συγκεκριμένη χρήση επιλέγεται η λύση των ακάλυπτων συλλεκτών.



Εικόνα 4.1: Συνδεσμολογία πλαστικών ηλιακών συλλεκτών

Πιο συγκεκριμένα μετά από έρευνα επιλέχτηκε να τοποθετηθεί πλέγμα πλαστικών ηλιακών συλλεκτών (βλ. Εικόνα 4.1 και 4.2) της εταιρείας Sunstar τα προϊόντα της οποίας είναι άμεσα διαθέσιμα στην Ελλάδα. Ο τύπος συλλέκτη που χρησιμοποιείται είναι ο STR 50 (βλ. Εικόνα 4.3) με διαστάσεις  $1,20 \text{ m} \times 3,85 \text{ m} = 4,62 \text{ m}^2$ . Το κατασκευαστικό φυλλάδιο της εταιρείας δίνει ότι το μέγιστο «άνοιγμα» του συλλέκτη είναι  $5,08 \text{ cm}$ . Ο ένας συλλέκτης τύπου STR 50 έχει βάρος  $10 \text{ kg}$  και αν ληφθεί υπόψη το διερχόμενο νερό στον συλλέκτη σε κατάσταση λειτουργίας η χωρητικότητα νερού για έναν συλλέκτη είναι  $14 \text{ lit}$  ή  $14 \text{ kg}$ . Άρα αμέσως το εν λειτουργία βάρος ενός συλλέκτη μαζί με το θερμομεταφέρων υγρό γίνεται  $24 \text{ Kg}$  έκαστος.

Στην περίπτωση λοιπόν που υπάρξει η επιθυμία οι ηλιακοί συλλέκτες να τοποθετηθούν επάνω στην στέγη του κολυμβητηρίου είναι απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση και η στατική μελέτη από τον αρμόδιο φορέα.



**Εικόνα 4.2:** Πλαστικοί ηλιακοί συλλέκτες

Σύμφωνα με έρευνα που έχει διεξαχθεί από το ΚΑΠΕ για τους συγκεκριμένους συλλέκτες, η απαιτούμενη επιφάνεια συλλεκτών σε  $m^2$  είναι περίπου ίση με την επιφάνεια της πισίνας, στην περίπτωση πάντα που υπάρχει η επιθυμία να καλυφθεί το 100% της θερμικής απαίτησης για την θέρμανση του νερού της πισίνας. Σύμφωνα με στοιχεία της διοίκησης του κολυμβητηρίου ο διαθέσιμος χώρος προς εκμετάλλευση είναι περίπου  $1.000 m^2$ . Αν διαιρεθεί με την επιφάνεια έκαστου συλλέκτη μπορεί να υπολογιστεί το ποσό των τεμαχίων που θα χρειαστούν δηλαδή  $1.000 m^2 / 5,08 m^2 = 197$  τεμάχια οπότε για να καλυφθούν τυχόν προσεγγιστικές ατέλειες στρογγυλοποιείται σε 200 ηλιακούς συλλέκτες<sup>vii</sup>. Έτσι λόγω του περιορισμένου χώρου ( $1.000 m^2$ ) δεν μπορούν να τοποθετηθούν παραπάνω ηλιακοί συλλέκτες, πράγμα το οποίο σημαίνει πως το σύνολο της ωφέλιμης ισχύος των ηλιακών συλλεκτών δεν μπορεί να προσδώσει και να καλύψει το 100% της θερμικής απαίτησης για την θέρμανση της πισίνας του κολυμβητηρίου.

([http://www.dgs.de/uploads/media/3\\_CRES\\_SOLPOOL\\_G03\\_ENG-GRE.pdf](http://www.dgs.de/uploads/media/3_CRES_SOLPOOL_G03_ENG-GRE.pdf))

<sup>vii</sup> [http://library.tee.gr/digital/m2385/m2385\\_christodoulaki.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2385/m2385_christodoulaki.pdf)



**Εικόνα 4.3:** Πλαστικός ηλιακός συλλέκτης STR 50

**Το κόστος των συλλεκτών** σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο της εταιρείας για το 2010 είναι 344€/ συλλέκτη (μαζί με τα ανταλλακτικά σύνδεσης). Μετά από προσφορά η τιμή κατεβαίνει στα 275€/συλλέκτη με μία έκπτωση του 20%. Οπότε είναι  $200 * 275€ = 55.000€$ . **Αν ληφθεί υπόψη τώρα και τα λοιπά κόστη της σύνδεσης δηλαδή περίπου 5.000€ η τιμή εκτιμάται ότι κυμαίνεται στα 60000€.**



#### 4.2.2 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος

Η σχεδίαση ενός ηλιοθερμικού συστήματος προϋποθέτει τον υπολογισμό της ωφέλιμης ενέργειας που παρέχεται από το σύστημα. Δεδομένου ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα ενός τόπου είναι συνήθως γνωστά ανά ώρα, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με την προσομοίωση του συστήματος δηλαδή με μια σειρά μαθηματικών σχέσεων, οι οποίες αναπαριστούν τη λειτουργία των επί μέρους τμημάτων του συστήματος και με τη χρήση του H/Y. Η διαδικασία αυτή δικαιολογείται απόλυτα για μεγάλα και όχι καθιερωμένα συστήματα αλλά δεν είναι απαραίτητη για τυποποιημένες και απλές εφαρμογές, όπου το κόστος μιας λεπτομερούς προσομοίωσης είναι αποτρεπτικό. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες απλές προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού χωρίς H/Y που χρησιμοποιούν τα μέσα μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα ενός τόπου. Έτσι με απλές μαθηματικές σχέσεις και διαγράμματα περιορίζεται ο όγκος των υπολογισμών και καταλήγει σε γρήγορα αποτελέσματα (Περδίδος, 2009).

Οι τρεις βασικότερες προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού οι οποίες καλύπτουν τη συντριπτική πλειοψηφία των τυποποιημένων ηλιοθερμικών συστημάτων είναι:

- ❖ Μέθοδος καμπυλών  $f$
- ❖ Μέθοδος καμπυλών  $\Phi$  (Liu and Jordan, 1963)
- ❖ Μέθοδος καμπυλών  $\Phi$ -  $f$

Επειδή η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετά ηλιοθερμικό σύστημα κολυμβητικών δεξαμενών χρησιμοποιείται η μέθοδος καμπυλών  $\Phi$  ( $\Phi$ - charts). Η συγκεκριμένη μέθοδος αναπτύχθηκε από τους Liu and Jordan (1960) και αργότερα από τους Klein and Beckman (1978). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε ηλιοθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος στα οποία η θερμοκρασία εισόδου  $t_i$  του ρευστού στον ηλιακό συλλέκτη παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του μήνα (Περδίδος, 2009).

Η μέθοδος καμπυλών  $\Phi$  εξασφαλίζει τον υπολογισμό της μηνιαίας ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας  $Q_{on}$  που παρέχεται από το ηλιοθερμικό σύστημα (Klein, 1978). Λόγω του ότι ο συγκεκριμένος υπολογισμός είναι επίπονος λαμβάνεται η τιμή για

την ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια  $Q_{\text{on}}$  από πίνακα (Πίνακας 59 (Περδίδος, 2009)) για ηλιακούς συλλέκτες τύπου  $\Delta$  (Πίνακας 40 (Περδίδος, 2009)).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του κολυμβητηρίου εξετάζεται η θέρμανση της πισίνας με ηλιοθερμικό και συμβατικό σύστημα ταυτόχρονα. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται η μέση ετήσια κάλυψη  $f_E$  του συνολικού θερμικού φορτίου  $\Sigma Q_{\text{ΚΔ}}$  από το ηλιοθερμικό σύστημα για διαφορετικές τιμές της συλλεκτικής επιφάνειας  $A_c$ .

- **Βήμα 1:** Υπολογισμός μηνιαίου και ετήσιου θερμικού φορτίου της κολυμβητικής δεξαμενής.

Το μηνιαίο θερμικό φορτίο της κολυμβητικής δεξαμενής για σταθερή θερμοκρασία νερού  $t = 26 \text{ }^\circ\text{C}$  υπολογίζεται από τη Σχέση 15:

$$Q_{\text{ΚΔ}} = F \cdot [N \cdot (Q_C + Q_R + Q_E) - 0,8 H] \text{ (kJ/μήνα)} \quad (15)$$

### **Όπου**

$F$  [ $\text{m}^2$ ]: Επιφάνεια δεξαμενής (στην περίπτωση του κολυμβητηρίου Ξάνθης 1146  $\text{m}^2$  συνολικά)

$N$  [-]: Αριθμός ημερών μήνα (31 μέρες)

$Q_C$  [ $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{ημέρα}$ ]: Θερμικές απώλειες λόγω μετάβασης

$Q_R$  [ $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{ημέρα}$ ]: Θερμικές απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$Q_E$  [ $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{ημέρα}$ ]: Θερμικές απώλειες λόγω εξάτμισης

$H$  [ $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{μήνα}$ ]: Μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (υπολογίζεται πολλαπλασιαζόμενο επί το 3.600 από τον Πίνακα 3 (Περδίδος, 2009)).

Τώρα υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες σύμφωνα με τους τύπους 65 – 67 (Περδίοις, 2009) κατά σειρά:

$$Q_C = (490 + 66v) * (t - t_a) \text{ [kJ/ m}^2 \cdot \text{ημέρα]} \quad (16)$$

$$Q_R = 5450 + [350 + 2,4 * (t + t_a)] * (t - t_a) \text{ [kJ/ m}^2 \cdot \text{ημέρα]} \quad (17)$$

$$Q_E = f_T * (790 + 530v) * (p_s - p_u) \text{ [kJ/ m}^2 \cdot \text{ημέρα]} \quad (18)$$

### Όπου

$t$  [°C]: θερμοκρασία νερού δεξαμενής (συνήθως 24 - 26°C)

$t_a$  [°C]: μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα (Πίνακας 7 (Περδίοις, 2009))

$v$  [m/sec]: ταχύτητα ανέμου στην επιφάνεια της δεξαμενής (Πίνακας 35(Περδίοις, 2009))

$f_T$  [-]: ποσοστό χρόνου κάλυψης -  $f_T = 1$  χωρίς κάλυμμα,  $f_T = 0,5$  νυχτερινή κάλυψη

$p_s$  [mbar]: πίεση υδρατμών κορεσμένου αέρα από τον Πίνακα 3 (οι τιμές του πίνακα διαιρούνται με το 10) (Περδίοις, 2007)

$p_u$  [mbar]: μέση μηνιαία πίεση υδρατμών αέρα (Πίνακας 36 (Περδίοις, 2009))

Για την περίπτωση που μελετάται δηλαδή για το κλειστό κολυμβητήριο στην πόλη της Ξάνθης οι παραπάνω παράμετροι έχουν τις εξής τιμές:

$t$  [°C]: 26°C

$t_a$  [°C]: Όλες οι τιμές για όλους τους μήνες σύμφωνα με τον Πίνακα 7 για την πόλη της Ξάνθης (Περδίοις, 2009)

$v$  [m/sec]: 0 για εντελώς προστατευμένη δεξαμενή

$f_T$  [-]: Εξετάζεται για νυχτερινή κάλυψη

$p_s$  [mbar]: 34,27 mbar για την πόλη της Ξάνθης

$p_u$  [mbar]: Όλες οι τιμές για όλους τους μήνες σύμφωνα με τον Πίνακα 36 για την πόλη της Ξάνθης (Περδίοις, 2009)

Το υπολογιστικό μέρος των ανωτέρω σχέσεων (16) – (18) πχ. για τον δυσμενέστερο μήνα Δεκέμβριο είναι:

$$Q_C = (490+66v) * (t - t_a) = (490+66*0) * (26 - 8,5) = \mathbf{8.575 [kJ/ m^2. \mu\epsilon\rho\alpha]}$$

$$Q_R = 5.450 + [350 + 2,4 * (t + t_a)] * (t - t_a) = 5.450 + [350 + 2,4 * (26 + 8,5)] * (26 - 8,5) = \mathbf{13.024 [kJ/ m^2. \mu\epsilon\rho\alpha]}$$

$$Q_E = f_T * (790 + 530v) * (p_s - p_u)$$

$$\checkmark \text{ για } f_T = 0,5 \text{ είναι: } 0,5 * (790 + 530*0) * (34,27-8,7) = \mathbf{10.100,15 [kJ/ m^2. \mu\epsilon\rho\alpha]}$$

Η ανωτέρω διαδικασία ακολουθείται ομοίως για κάθε μήνα στην πόλη της Ξάνθης όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.5.

**Πίνακας 4.5:** Μηνιαίες θερμικές απώλειες για την πόλη της Ξάνθης

ΜΗΝΑΣ	$Q_C$	$Q_R$	$Q_E$
ΙΑΝ	9.604	13.834,1	10.495,15
ΦΕΒ	9.163	13.489,5	10.574,15
ΜΑΡ	8.085	12.630,8	10.416,15
ΑΠΡ	5.586	10.550,82	10.021,15
ΜΙΑ	2.940	8.212,4	9.073,15
ΙΟΥΝ	39	6.156,8	8.401,65
ΙΟΥΛ	-735	4.732,4	7.888,15
ΑΥΓ	-637	4.828,704	7.651,15
ΣΕΠ	1.568	6.944,784	7.927,65
ΟΚΤ	4.312	13.8527,1	8.559,65
ΝΟΕΜ	6.664	11.463,38	9.349,65
ΔΕΚΕΜ	8.575	13.024	10.100,15

Οπότε το **μηνιαίο θερμικό φορτίο** της κολυμβητικής δεξαμενής (για τον μήνα Δεκέμβριο) για σταθερή θερμοκρασία νερού  $t = 26 \text{ }^\circ\text{C}$  υπολογίζεται ως εξής:

- Για  $Q_E = 10.100,15 [kJ/ m^2. \mu\epsilon\rho\alpha]$  και αντικαθιστώντας στον τύπο (15) είναι:

$$Q_{K\Delta} = F * [N * (Q_C + Q_R + Q_E) - 0,8 H] = 1.146 * [31 * (8.575 + 13.024 + 10.100,15) - 0,8 * 162.000] = 1.146 * [982.673,6 - 129.600] = 1.146 * 853.073,6 =$$

$$=977.622.345,6 \text{ (kJ/μήνα)} \text{ ή } 977.623 \text{ MJ/μήνα} \quad (15)$$

Η ανωτέρω διαδικασία ακολουθείται ομοίως για κάθε μήνα στην πόλη της Ξάνθης όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.6.

**Πίνακας 4.6:** Μηνιαίο θερμικό φορτίο για την πόλη της Ξάνθης

ΜΗΝΑΣ	Q <sub>κλ</sub> (kJ/μήνα)	Q <sub>κλ</sub> (MJ/μήνα)
ΙΑΝ	1.205.466.657	120.546,657
ΦΕΒ	1.066.120.949	1.066.120,949
ΜΑΡ	1.105.909.310	1.105.909,31
ΑΠΡ	899.193.520,7	899.193,5207
ΜΙΑ	718.381.617,3	718.381,6173
ΙΟΥΝ	501.692.556,6	501.692,5566
ΙΟΥΛ	422.068.190,1	422.068,1901
ΑΥΓ	420.566.957,6	420.566,9576
ΣΕΠ	565.102.936,9	565.102,9369
ΟΚΤ	5.378.509.274	5.378.509,274
ΝΟΕΜ	944.609.729,9	944.609,7299
ΔΕΚΕΜ	1.126.102.747	1.126.102,747
ΣΥΝΟΛΟ (έτος)	-	<b>14.353.724,45</b>

- **Βήμα 2:** Υπολογισμός μηνιαίας ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας του ηλιοθερμικού συστήματος.

Η μηνιαία ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια  $Q_{\text{on}}$  λαμβάνεται από τον Πίνακα 59 για ηλιακούς συλλέκτες τύπου  $\Delta$  δηλαδή πλαστικούς ακάλυπτους (Περδίδς, 2009). Άρα για την πόλη της Ξάνθης (ζώνη 6) θα είναι οι τιμές του Πίνακα 4.7:

**Πίνακας 4.7:** Μηνιαίο ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια για την πόλη της Ξάνθης

ΜΗΝΑΣ	$Q_{\omega n}$
ΙΑΝ	34
ΦΕΒ	57
ΜΑΡ	113
ΑΠΡ	203
ΜΙΑ	347
ΙΟΥΝ	483
ΙΟΥΛ	602
ΑΥΓ	560
ΣΕΠ	419
ΟΚΤ	220
ΝΟΕΜ	92
ΔΕΚΕΜ	44
ΣΥΝΟΛΟ	3.174

Πιο συγκριμένα είναι  $3.174 \text{ MJ/ m}^2 \cdot \text{έτος}$ .

- **Βήμα 3:** Υπολογισμός μηνιαίας και ετήσιας ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας του ηλιοθερμικού συστήματος για διαφορετικές τιμές της συλλεκτικής επιφάνειας.

Για να υπολογιστεί η επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών  $A_c$  προκύπτει από το πηλίκο του μηνιαίου θερμικού φορτίου  $Q_{κΔ}$  προς την μηνιαία ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια  $Q_{\omega n}$  και πιο συγκεκριμένα φαίνονται οι τιμές στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8: Μηνιαία και ετήσια ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια για διαφορετικές τιμές συλλεκτικής επιφάνειας

ΜΗΝΑΣ	$A_c$	0,6*F= 687,6m <sup>2</sup>	0,8*F= 916,8 m <sup>2</sup>	<b>0,87*F= 997 m<sup>2</sup></b>	1,5*F= 1719 m <sup>2</sup>	2*F= 2292 m <sup>2</sup>	2,5*f= 2865 m <sup>2</sup>	3*F= 3438 m <sup>2</sup>	4*F= 4584 m <sup>2</sup>
ΙΑΝ	35454.9	23378.4	31171.2	33898	58446	77928	97410	116892	155856
ΦΕΒ	18703.88	39193.2	52257.6	56829	97983	130644	163305	195966	261288
ΜΑΡ	9786.808	77698.8	103598.4	112661	194247	258996	323745	388494	517992
ΑΠΡ	4429.525	139582.8	186110.4	202391	348957	465276	581595	697914	930552
ΜΙΑ	2070.264	238597.2	318129.6	345959	596493	795324	994155	1192986	1590648
ΙΟΥΝ	1038.701	332110.8	442814.4	481551	830277	1107036	1383795	1660554	2214072
ΙΟΥΛ	701.11	413935.2	551913.6	600194	1034838	1379784	1724730	2069676	2759568
ΑΥΓ	751.0124	385056	513408	558320	962640	1283520	1604400	1925280	2567040
ΣΕΠ	1348.694	288104.4	384139.2	417743	720261	960348	1200435	1440522	1920696
ΟΚΤ	24447.77	151272	201696	219340	378180	504240	630300	756360	1008480
ΝΟΕΜ	10267.5	63259.2	84345.6	91724	158148	210864	263580	316296	421728
ΔΕΚΕΜ	25593.24	30254.4	40339.2	43868	75636	100848	126060	151272	201696
ΣΥΝΟΛΟ $Q_{\omega n}$	-	2182442	2909923	<b>3164478</b>	5456106	7274808	9093510	10912212	14549616

Ο διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης του συστήματος είναι μόλις  $1.000 \text{ m}^2$  (όπου  $F$  είναι η επιφάνεια της δεξαμενής δηλαδή  $1.146 \text{ m}^2$ ). Κάθε αριθμός των στηλών 3-10 προκύπτει αν πολλαπλασιαστεί ο εκάστοτε αριθμός των τετραγωνικών πχ. 687,6, 916,8 κλπ. με κάθε αριθμό της στήλης  $Q_{\text{ων}}$ . Οι αριθμοί αυτοί απεικονίζουν το  $Q_{\text{ων}}$  του κάθε μήνα για την εκάστοτε συλλεκτική επιφάνεια για την οποία υπάρχει ενδιαφέρον.

- **Βήμα 4:** Υπολογισμός μέσης ετήσιας κάλυψης του συνολικού θερμικού φορτίου από το ηλιοθερμικό σύστημα για διαφορετικές τιμές της συλλεκτικής επιφάνειας.

Η μέση ετήσια κάλυψη  $f_E$  φαίνεται στον Πίνακα 4.9 και προκύπτει από το πηλίκο της ετήσιας ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας  $\Sigma Q_{\text{ων}}$  του βήματος 3 προς το ετήσιο θερμικό φορτίο  $\Sigma Q_{\text{ΚΔ}}$  του βήματος 1.

**Πίνακας 4.9:** Μηνιαίο ετήσιο ποσοστό κάλυψης  $f_E$  για διαφορετικές τιμές συλλεκτικής επιφάνειας

	Qκδ(ΜΙ/έτος)	0,6*F=687,6 m <sup>2</sup>	0,8*F=916,8m <sup>2</sup>	0,87*F=997 m <sup>2</sup>	1,5*F=1719m <sup>2</sup>	2*F=2292m <sup>2</sup>	2,5*F=2865m <sup>2</sup>	3*F=3438m <sup>2</sup>	4*F=4584m <sup>2</sup>
ΣΥΝΟΛΟ	14353724.45	2182442.4	2909923.2	3164478	5456106	7274808	9093510	10912212	14549616
Μέσο ετήσιο ποσοστό κάλυψης	→	0.152047116	0.202729487	<b>0.220463895</b>	0.380118	0.506824	0.63353	0.760236	1.013647

Άρα διαπιστώνεται πως για τον διαθέσιμο χώρο των  $1.000 \text{ m}^2$  το ηλιοθερμικό σύστημα καλύπτει το 22% του ετήσιο θερμικού φορτίου της κολυμβητικής δεξαμενής.

Οπότε αν ληφθεί υπόψη ότι η απαιτούμενη θερμική ισχύς για τη θέρμανση του νερού της πισίνας του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης είναι:

$$Q_{\text{ολ}} = 860.290 \text{ kcal/h}$$

τότε είναι γνωστό πως το 22% αυτού καλύπτεται από το ηλιοθερμικό σύστημα.



Άρα:  $860.290 \cdot 0,22 = 189.263,8 \text{ kcal/h} \cdot 110 \text{ h}$  (ώρες ηλιοφάνειας για τον δυσμενέστερο μήνα Δεκέμβριο για την πόλη της Ξάνθης) =  $20.819.018 \text{ kcal/μήνα} \cdot 12 \text{ μήνες} = 249.828.216 \text{ kcal/έτος} / 8.466^{\text{viii}} \text{ kcal/lit} = 29.509,5 \text{ lit} \cdot 0,673 \text{ €} = \mathbf{19.860\text{€}}$ . Άρα το κέρδος από την εγκατάσταση του ηλιοθερμικού συστήματος σε σχέση με το συμβατικό σύστημα ανά έτος είναι  $\mathbf{19.860\text{€}}$  (για  $0,673\text{€/lit}$ ).

Η μέση τιμή λίτρου του πετρελαίου θέρμανσης για το 2010 ήταν  $0,673\text{€}$  και με αυτήν διεξάγονται και όλοι οι υπόλοιποι υπολογισμοί λαμβάνοντας υπόψη ως παραδοχή πως παραμένει και παραμένει σταθερή για τα επόμενα έτη.

Βέβαια το ποσό που αναγράφεται ως  $Q_{\text{ολ}} = 860.290 \text{ kcal/h}$  αναφέρεται στο ποσό θέρμανσης που απαιτείται για την πλήρη θέρμανση για  $\Delta t = t_2 - t_1$  ( $t_2$ : τελική θερμοκρασία νερού,  $t_1$ : αρχική θερμοκρασία νερού) στην πραγματικότητα μετά την αρχική περίοδο προθέρμανσης το νερό πότε δεν επανέρχεται στην αρχική του θερμοκρασία των  $10^\circ\text{C}$ .

Έστω ότι το νερό κατά τη διάρκεια της νύχτας πέφτει στους  $18^\circ\text{C}$  τότε αν υπολογιστεί ξανά ο τύπος (14) είναι:

$$Q_{\text{ολ}} = \mathbf{471.400 \text{ kcal/h}} \quad (19)$$

### 4.2.3 Κάλυμμα πισίνας

**Προτεινόμενη λύση Β:** Χρήση καλύμματος πισίνας (βλ. Εικόνα 4.4). Η συγκεκριμένη λύση προτείνεται σε οποιαδήποτε κίνηση εξοικονόμησης ενέργειας σε κολυμβητικές δεξαμενές. Παρόλα αυτά, δεν μπορεί να «σταθεί» μόνη της για να υπάρξει το επιθυμητό ενεργειακό ποσοστό οφέλους. Θα ήταν φρόνημο λοιπόν να συνδυαστεί με έναν από τους παραπάνω τρόπους για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Σύμφωνα με την εταιρεία Astral, το κάλυμμα πισίνας προσφέρει μείωση απωλειών έως και 50% (<http://www.astralpool.gr/>).

<sup>viii</sup> Κατώτερη θερμογόνο δύναμη πετρελαίου:  $10.200 \text{ kcal/kg}$  \* πυκνότητα πετρελαίου:  $0,83\text{kg/lit} = 8.466 \text{ kcal/lit}$ . Χρησιμοποιείται για την μετατροπή των kcal σε λίτρα.



Εικόνα 4.4: Κάλυμμα πισίνας

Άρα αν υπολογιστεί εκ νέου η θερμική ισχύς με το ποσοστό μείωσης των απωλειών κατά το ποσοστό που δίνεται τότε φυσικά το μέγεθος  $Q$  είναι μικρότερο. Δηλαδή σύμφωνα με τον τύπο [14]:

$$\dot{Q} = 0.6 \cdot F \cdot \dot{Q}_A + \frac{1000 \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{T}$$

Αντικαθιστώντας τον τύπο με μειωμένες απώλειες κατά 50% (μέγιστη δυνατή μείωση απωλειών  $Q_A$ ):  $Q_{ολ} = 0,6 * 1.146 * 60 + [1.000 * (3.000 + 500) * (26 - 18)] / 72 = 41.256 + 388.888,8 = 430.145 \text{ kcal/h.}$

Αν συγκριθούν λοιπόν τα δύο θερμικά φορτία πριν και μετά την τοποθέτηση καλύμματος υπάρχει μια μείωση ανάγκης θερμικού φορτίου **στις 41.255 kcal/h.** Σε συνδυασμό με κάποια άλλη μέθοδο εξοικονόμησης προφανώς και θα έχει μικρότερη θερμική απαίτηση πράγμα που θα βοηθήσει οικονομικά το κολυμβητήριο αλλά και θα είναι μια πιο αποδοτική ενεργειακά λύση.

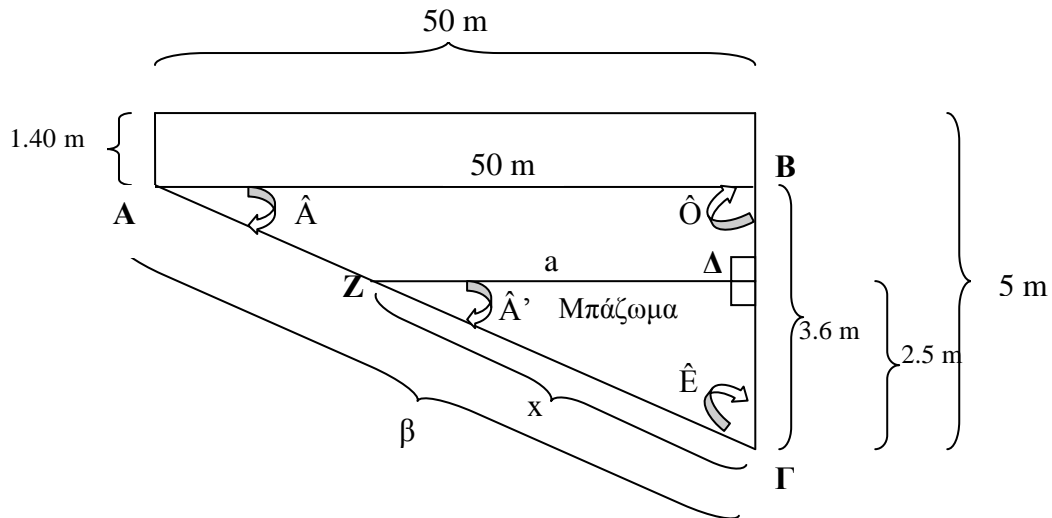
Αν τώρα αναχθεί το παραπάνω ποσό θερμικού φορτίου το οποίο «κερδίζεται» από την τοποθέτηση καλύμματος πισίνας σε χρηματικές μονάδες είναι:  $41.255 \text{ kcal/h} * 12 \text{ ώρες (ώρες βραδινής λειτουργίας του καλύμματος)} = 495.060 \text{ kcal/μέρα} * 30 \text{ μέρες (μέσο μηνιαίο σύνολο ημερών)} = 14.851.800 \text{ kcal/μήνα} * 12 \text{ μήνες} = 178.221.600 \text{ kcal/έτος} / 8466 \text{ kcal/lit} = 21.051,4 \text{ lit} * 0.673 \text{ € (μέση τιμή λίτρου πετρελαίου για το 2010)} = 14.167,5 \text{ €}$ . Άρα το κέρδος είναι **14.167,5 € / έτος**.

Το κόστος τώρα, των καλυμμάτων προκύπτει αν ληφθεί υπόψη πως το  $\text{m}^2$  στοιχίζει  $15\text{€} + \text{ΦΠΑ } 23\% = 18,45\text{€}$ . Το μέγιστο μήκος που μπορεί να έχει το κάλυμμα είναι  $17,5 \text{ m}$  άρα για να καλυφθεί η μεγάλη πισίνα θα χρειαστούν 3 καλύμματα και ένα μικρότερο για την μικρή πισίνα  $12 \times 8 \text{ m}$ . Το πλάτος θα είναι  $21 \text{ m}$  όσο και το πλάτος της πισίνας. Τα καλύμματα είναι κατασκευασμένα από PVC.

Άρα για να υπολογιστεί **το κόστος των καλυμμάτων** είναι:  $[3 * (17,5 * 21)] * 18,45 = 20.341,12\text{€}$  και  $1 * (12 * 8) * 18,45 = 1.771,2\text{€}$  δηλαδή συνολικά **22.112,32€**.

#### 4.2.4 Περιορισμός νερού κολυμβητικής δεξαμενής

**Προτεινόμενη λύση Γ: Περιορισμός νερού πισίνας.** Η εναλλακτική αυτή όπως ήδη έχει αναφερθεί συμβάλλει στην μείωση των θερμικών φορτίων για την θέρμανση του νερού της πισίνας από την στιγμή που ο όγκος της πισίνας θα μειωθεί αισθητά. Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί για να μειωθεί ο όγκος του νερού είναι το να μπαζωθεί ένα μέρος του πυθμένα της πισίνας. Από την στιγμή λοιπόν που η πισίνα δεν χρησιμοποιείται για καταδύσεις το μέγιστο βάθος λοιπόν που θα μπορούσε να υπάρχει είναι τα  $2,5\text{m}$ . Το βάθος αυτό επιλέγεται τυχαία από την στιγμή που θεωρήθηκε πως είναι αρκετό για να καλύψει τις κολυμβητικές ανάγκες των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, το μέγιστο βάθος της πισίνας στο ένα άκρο της μειώνεται στο μισό δηλαδή από  $5\text{m}$  σε  $2,5\text{m}$ . Στο Σχήμα 4.1 μπορεί να αναπαρασταθεί κατά προσέγγιση η τομή της πισίνας ως εξής:



Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση τομής πισίνας κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης

Εν συνεχεία πρέπει να υπολογιστεί ο όγκος που θα καλυφθεί και θα μπαζωθεί έτσι ώστε να είναι γνωστή μετέπειτα η εξοικονόμηση ενέργειας που θα υπάρχει με τα εκ νέου κυβικά μέτρα νερού που προκύπτουν. Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά ο τρόπος εύρεσης του όγκου που επρόκειτο να μπαζωθεί:

Για το τρίγωνο ΑΒΓ λαμβάνεται πυθαγόρειο θεώρημα:  $50^2 + 3,6^2 = \beta^2 \rightarrow \beta = 50,12\text{m}$ .

Λαμβάνεται  $\sin \hat{A} = 3,6/50,12 \rightarrow \sin \hat{A} = 0,0718$  άρα το τόξο της γωνίας  $\hat{A}$  είναι:

$\arcsin \hat{A} = \arcsin 0,0718 = 4,11$  μοίρες άρα η γωνία  $\hat{A} = 4,11$  μοίρες.

Έπειτα  $\hat{A} + \hat{O} + \hat{E} = 180^\circ \rightarrow 4,11 + 90 + \hat{E} = 180^\circ \rightarrow \hat{E} = 85,89^\circ$

Τώρα για το τρίγωνο ΖΔΓ λαμβάνονται πάλι οι ίδιες γωνίες:  $\hat{A} = 4,11^\circ$ ,  $\hat{O}' = 90^\circ$ ,  $\hat{E} = 85,89^\circ$ .

Είναι  $\sin \hat{A}' = 2,5 / x \rightarrow 0,0718 = 2,5 / x \rightarrow x = 34,81\text{m}$ . Οπότε και πάλι πυθαγόρειο θεώρημα:  $x^2 = a^2 + 2,5^2 \rightarrow 1211,7 = a^2 + 6,25 \rightarrow a^2 = 1205,45 \rightarrow a = 34,7\text{m}$ .

Εμβαδόν τριγώνου ΖΔΓ:  $(34,7 * 2,5) / 2 = 43,37 \text{ m}^2$

Άρα ο όγκος του τριγώνου που υπολογίζεται δηλ. ο όγκος νερού που θα μπαζωθεί είναι: Ετργ. \* πλάτος (πισίνας) =  $43,37 * 21 = 910 \text{ m}^3$ .

Άρα από τα 3.000 m<sup>3</sup> απομένουν 2.090 m<sup>3</sup> και επιπρόσθετα η απαιτούμενη θερμική ισχύς για τον όγκο νερού εκ νέου σύμφωνα με τον τύπο [14] είναι:

$$\dot{Q} = 0.6 \cdot F \cdot \dot{Q}_A + \frac{1000 \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{T} \quad (\text{kcal/h})$$

Όπου:

F [m<sup>2</sup>]: Επιφάνεια της πισίνας

Q<sub>A</sub> [kcal/h·m<sup>2</sup>]: Θερμικές απώλειες νερού (κλειστά κολυμβητήρια ισχύει Q<sub>A</sub> = 120 kcal/h·m<sup>2</sup>)

V [m<sup>3</sup>]: Όγκος νερού

t<sub>1</sub> [°C]: Αρχική θερμοκρασία νερού

t<sub>2</sub> [°C]: Τελική θερμοκρασία νερού

T [h]: Χρόνος θέρμανσης. Συνήθως λαμβάνεται 10 - 20 h

Οπότε: Q = 0,6 \* 1.050 (μεγάλη πισίνα) \* 120 + [1.000 \* **2.090** \* (26-10)]/ 72 = **540.044** kcal/h.

Αν υπολογιστεί το ίδιο μέγεθος για την μεγάλη πισίνα και μόνο αλλά με τον τρέχον όγκο τότε είναι: Q = 0,6 \* 1.050 (μεγάλη πισίνα) \* 120 + [1.000 \* **3.000** \* (26-10)]/ 72 = **742.266** kcal/h.

Παρατηρείται λοιπόν πως η διαφορά των ανωτέρω θερμικών φορτίων είναι αξιοσημείωτη μιας και η θερμική ισχύς μειώνεται για τον νέο όγκο της πισίνας κατά 202.222 kcal/h δηλαδή μειώνεται περίπου το 1/3 των αρχικών kcal/h! Εν συνεχεία, υπολογίζεται το οικονομικό όφελος ενός τέτοιου εγχειρήματος ως εξής: 202.222kcal/h \* 12 ώρες (συνολική ημερήσια λειτουργία καυστήρα) = 2.426.664 kcal/μέρα \* 30 μέρες = 72.799.920 kcal/μήνα \* 12 μήνες = 873.599.040 kcal/έτος / 8.466 kcal/lit = 103.189,1 lit \* 0,673 € (μέση τιμή λίτρου πετρελαίου για το 2010) = 69.446 €. Άρα το κέρδος είναι **69.446 € / έτος**.

Το κόστος της συγκεκριμένης εναλλακτικής λύσης αποκλειστικά και μόνο για το μάζωμα μετά από έρευνα αναλύεται ως εξής:

Στα  $642 \text{ m}^3$  θα τοποθετηθεί λεπτό χώμα κάτω κάτω και έπειτα χώμα κροκάλα. Κάθε κυβικό μέτρο του συγκεκριμένου υλικού κοστολογείται με  $6\text{€}/\text{m}^3$  οπότε:  $642*6= 3.852 \text{ €}$ . Έπειτα θα τοποθετηθεί για 40cm ύψος οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο για το κάθε  $\text{m}^3$  το κόστος είναι 200€ (πρώτη ύλη, εργατικά). Το συγκεκριμένο ύψος αντιστοιχεί  $267 \text{ m}^3$  οπότε:  $267 * 200\text{€} = 53.400\text{€}$ . Επιπλέον, θα τοποθετηθεί ριτίνη ISOMAT για στεγανότητα η οποία στοιχίζει  $10 \text{ €}/\text{m}^2$  άρα στην νέα πλευρά α η οποία είναι 34,7m επί το πλάτος της πισίνας δηλαδή 21m είναι  $728,7 \text{ m}^2 * 10 \text{ €} = 7.287\text{€}$ . Σε τελευταία φάση, θα τοποθετηθεί πλακάκι το οποίο έχει κόστος  $30\text{€}/\text{m}^2$  οπότε για τα  $728,7 \text{ m}^2$  οπότε:  $728,7 * 30\text{€} = 21.861\text{€}$ .

Επιπλέον λαμβάνεται υπόψη στην κατασκευή και το κόστος των ηλεκτρομηχανολογικών εργασιών που εκτιμάται σε 20% επιπλέον στο συνολικό κόστος. Οπότε αν ληφθούν τα ανωτέρω κόστη και προστεθούν το συνολικό κόστος είναι 86.400€. Υπολογίζοντας και τις Η/Μ εργασίες είναι **103.680€**.

#### 4.2.5 Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος με νέο

**Προτεινόμενη λύση Δ:** Αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου με νέο. Η συγκεκριμένη εναλλακτική ίσως να είναι και η πιο άμεση και εύκολη στην εγκατάσταση μιας και ήδη υπάρχει ο λοιπός εξοπλισμός οπότε δεν θα χρειαστεί να αλλάξει κάτι πέραν του νέου λέβητα και καυστήρα. Όπως είναι αναμενόμενο και έχει ήδη αναφερθεί μια τέτοια αλλαγή σίγουρα έχει καλύτερα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της έλλειψης συχνής συντήρησης του παλιού εξοπλισμού αλλά και των πολλών ετών λειτουργίας του. Απ' όσο ήδη είναι γνωστό κάθε νέος και τεχνολογικά ανώτερος εξοπλισμός είναι σίγουρα πιο αποδοτικός από παλαιότερους. Οι συγκεκριμένοι λέβητες έχουν βαθμό απόδοσης:  $550.000 \text{ (kcal/h)} / 60,2 \text{ kg/hour}$  (ρυθμός κατανάλωσης) =  $9.136,21 / 10.200 \text{ kcal/kg}$  (θερμογόνος δύναμη πετρελαίου) = 0,89 ή 89%.

Γι' αυτό το λόγο μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών του καυστήρα αλλά και των 2 λεβητών που υπάρχουν στο κολυμβητήριο μπορεί να προταθεί η αντικατάστασή τους με νέους. Οι νέοι λέβητες που προτείνονται είναι της εταιρείας Viessmann, μοντέλο Vitoplex 300 στα 500 kW ονομαστική ισχύ έκαστος. Η

απόδοση τους σε σχέση με τους παλιούς (89%) ανεβαίνει στο 96%. Επιλέγεται να τοποθετηθούν λέβητες με αποδιδόμενες χαμηλότερες θερμίδες έτσι ώστε να ανέβει ο βαθμός απόδοσης κατά 5%. Πιο συγκεκριμένα στις 550000 kcal/h που έδιναν οι λέβητες θεωρητικά διαπιστώνεται πως πρακτικά η πραγματική μέγιστη απόδοση τους είναι: **550.000 kcal/h \* 0,89 (89% βαθμός απόδοσης) = 489.500 kcal/h έκαστος**. Ενώ τώρα είναι: **500kW \* 0,96 = 480 \* 859,9<sup>ix</sup> (kcal/h) = 412.752 kcal/h έκαστος**. Μπορεί τα ποσά των χιλιοθερμίδων ανά ώρα να έχουν μικρή απόκλιση από τους ήδη εγκατεστημένους λέβητες, αυτό δεν σημαίνει όμως πως δεν μπορούν οι νέοι λέβητες να καλύψουν το αναγκαίο θερμικό φορτίο για την θέρμανση της πισίνας.

Παρόλα αυτά, θα πρέπει όποια λύση και να ακολουθηθεί να γίνει γενική συντήρηση (service) του εξοπλισμού και πιο συγκεκριμένα στους κυκλοφορητές και στους εναλλάκτες θερμότητας. Αν δεν είναι εφικτή τότε καλό είναι να αντικατασταθούν.

Το κόστος των συγκεκριμένων λεβήτων είναι 14.000€ + 1.800€ (πίνακας οργάνων λέβητα) = 15.800€ \* 2 λέβητες = 31.600€ κατ' εκτίμηση. Οι καυστήρες που θα τοποθετηθούν είναι της εταιρείας Weishaupt, τύπος WL 40Z – A, δίβαθμοι με ψηφιακή οθόνη 4.600 € έκαστος δηλαδή συνολικά 9.200 €. Αν συνυπολογιστεί και το κόστος της εγκατάστασης (σωλήνες, εργατικά, όργανα μετρήσεων κ.λπ.) περίπου 8.000€, **το σύνολο είναι 48.800€**. Η συντήρηση τους ανά έτος ανέρχεται στο ποσό των 200€ έκαστος.

Αν αναχθούν τις χιλιοθερμίδες σε χρηματικές μονάδες € με τους νέους λέβητες τότε πρέπει να γίνει η εξής μετατροπή: 489.500 kcal/h - 412.752 kcal/h = 76.748 kcal/h x 2 = 153.496 kcal/h \* 12 ώρες/μέρα = 1.841.952 kcal/μέρα \* 30 μέρες = 55.258.560 kcal/μήνα \* 12 μήνες = 663.102.720 kcal/έτος / 8.466 kcal/lit = 78.325,3 lit \* 0,673 € (μέση τιμή λίτρου πετρελαίου για το 2010) = 52.713 €. Άρα το κέρδος είναι **52.713 € / έτος**

---

<sup>ix</sup> 1 kW = 859,9 kcal/h

### 4.3 Οικονομική αξιολόγηση εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων

Τα οικονομικά στοιχεία της εκάστοτε επένδυσης είναι αυτά που θα βοηθήσουν στο να μελετηθεί και να εκτιμηθεί ποια από τις παραπάνω εναλλακτικές μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας θα είναι η πιο ευνοϊκή στην εφαρμογή της αλλά και η πιο αποδοτική. Βέβαια, μαζί με την οικονομική σκοπιά των εναλλακτικών προτάσεων συνεκτιμάται και συμπεριλαμβάνεται και η ενεργειακή, τεχνική αλλά και η περιβαλλοντικό - κοινωνική σκοπιά. Από το σύνολο των πληροφοριών αυτών προκύπτει στο ποια είναι πιο δελεαστική για την πραγματοποίηση της πάντα από την πλευρά του Δήμου.

Οι οικονομικές παράμετροι που ενισχύουν την απόφαση για την ιδανικότερη είναι η καθαρά παρούσα αξία (NPV), ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR), τα έτη αποπληρωμής και ο λόγος κόστους οφέλους.

Στην Παράγραφο 4.3.1 ακολουθούν οι υπολογισμοί των ανωτέρω παραμέτρων. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται σε κάθε περίπτωση γι' αυτόν τον λόγο αναλύεται μόνο η πρώτη επένδυση των ηλιακών συλλεκτών.

#### 4.3.1 Οικονομική αξιολόγηση ηλιακών συλλεκτών

Ο υπολογισμός της **καθαράς παρούσας αξίας** του ηλιοθερμικού συστήματος που από την χρήση του εξοικονομείται πετρέλαιο φαίνεται στην Σχέση 19.

$$ΚΠΑ = C * f_E * \Sigma Q / \rho * H_u * \eta * (i - \epsilon) * [1 - ((1 + \epsilon) / (1 + i))^n] - AK \text{ [€]} \quad (19)$$

Όπου:

C [ευρώ/Lit]: κόστος πετρελαίου θέρμανσης (0,673€/lit)

f<sub>E</sub> [-]: μέση ετήσια κάλυψη (§5.1.2 δηλ. 22% ή 0,22)

ΣQ [MJ/έτος]: ετήσιο θερμικό φορτίο (§5.1.2 δηλ. 14.353.724,45 MJ/έτος)

ρ [kg/lit]: πυκνότητα πετρελαίου θέρμανσης (ρ=0,83 kg/lit)

H<sub>u</sub> [MJ/kg]: κατώτερη θερμογόνο δύναμη πετρελαίου θέρμανσης (H<sub>u</sub>=42,915 MJ/kg)



$\eta$  [-]: βαθμός απόδοσης συμβατικής εγκατάστασης θέρμανσης (είναι 0,89)

$i$  [-]: ετήσιος πληθωρισμός (3,1%)

$\varepsilon$  [-]: ετήσια αύξηση τιμής ενέργειας (έστω ότι 15%)

$n$  [έτη]: 10 έτη

AK [ευρώ]: αρχικό κόστος ηλιοθερμικού συστήματος (επένδυσης)

Αντικαθιστώντας λοιπόν τις τιμές στον τύπο της **ΚΠΑ** είναι:

$$ΚΠΑ = 0,673 * 0,22 * 14.353.724,45 / 0,83 * 42,915 * 0,89 * (0,031 - 0,15) * [1 - ((1 + 0,15 / (1 + 0,031))^{10}) - 60.000 = 1.056.108,696 \text{ €}$$

Ο **χρόνος αποπληρωμής** προκύπτει από τον τύπο:

$$XA = \ln [1 - (\rho * H_u * \eta * AK / C * f_E * \Sigma Q) * (i - \varepsilon)] / \ln (1 + \varepsilon / 1 + i) = \ln [1 - (0,83 * 42,915 * 0,89 * 60.000) / (0,673 * 0,22 * 14.353.724,45) * (0,031 - 0,15)] / \ln (1 + 0,15 / 1 + 0,031) = 0,909 \text{ δηλαδή περίπου } \approx 1 \text{ έτος.}$$

Ο **εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)** είναι εκείνο το επιτόκιο που μηδενίζει την ΚΠΑ άρα αν στην Σχέση 20 αντικατασταθεί το  $r = 30,85\%$  ή  $0,3085$  η καθαρά παρούσα αξία μηδενίζεται.

(<http://www3.aegean.gr/environment/eda/Envirohelp/greece/processes/documents/FinancialAnalysis.pdf>)

Δηλαδή

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \frac{CF_n}{(1+r)^n} \quad (20)$$

Όπου

ΚΠΑ (NPV) = 0

$CF_0$ : αρχικό κόστος επένδυσης (60.000€)

$CF_1$ : κέρδη κατά το 1<sup>ο</sup> έτος (19.860 €)

$CF_2$ : κέρδη κατά το 2<sup>ο</sup> έτος (19.860 €) κ.ο.κ ( $CF_3 \dots CF_{10}$  ως τα 10 έτη)

$r$  [%]: εσωτερικός βαθμός απόδοσης

$n$ : έτη δηλ. 10 έτη ( $n=10$ )

Άρα αν αντικατασταθούν στην παραπάνω σχέση τα συγκεκριμένα ποσά τότε η καθαρά παρούσα αξία μηδενίζεται.

Τέλος ο **λόγος οφέλους κόστους (Benefit to Cost Ratio)** υπολογίζεται ως εξής:

$BCR = 1 + NPV / CF_0 = 1.056.108,696 \text{ €} / 60.000\text{€} = \mathbf{18,6} > 1$  άρα αποδεκτή – βιώσιμη η επένδυση.

#### 4.3.2 Οικονομική αξιολόγηση πλαστικού καλύμματος πισίνας

Ο υπολογισμός της **καθαρής παρούσας αξίας** του καλύμματος πισίνας υπολογίζεται από τον τύπο [20]:

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

Οι διάφορες παράμετροι του τύπου  $CF_0$ ,  $r$  κλπ. αναλύονται στην προηγούμενη παράγραφο.

Υποθέτοντας λοιπόν πως το  $r$  παίρνει την τιμή 0,031 ή 3,1% τότε αν υπολογιστεί η παραπάνω παράσταση είναι:

$$NPV = -22.212,39 + 14.167,2 / (1+0,031) + 14.167,2 / (1+0,031)^2 + \dots + 14.167,2 / (1+0,031)^{10} = \mathbf{98.022,29 \text{ €}}$$

Ο **χρόνος αποπληρωμής** προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\$ \text{ που επενδύθηκαν}}{\$ \text{ που επιστρέφονται ετησίως (Καθαρό Κέρδος)}}$$

Άρα είναι:  $22.212,39 \text{ €} / 14.167,2 \text{ €} = 0,22$  έτη δηλ.  $\approx \mathbf{2 \text{ μήνες}}$ .

Ο **εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)** είναι εκείνο το επιτόκιο που μηδενίζει την ΚΠΑ. Άρα αν στην παραπάνω παράσταση αντικατασταθεί  $r = \mathbf{63,3\%}$  ή 0,633 η ΚΠΑ μηδενίζεται.

Τέλος ο **λόγος οφέλους κόστους (Benefit to Cost Ratio)** υπολογίζεται ως εξής:

$BCR = 1 + NPV / CF_0 = 1 + 98.022,29 / 22.212,39 = \mathbf{5,41} > 1$  άρα αποδεκτή – βιώσιμη η επένδυση.

### 4.3.3 Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης περιορισμού νερού πισίνας

Ομοίως για την εναλλακτική πρόταση του περιορισμού του νερού της πισίνας του κολυμβητηρίου οι τιμές για τις οικονομικές παραμέτρους NPV, IRR, χρόνος αποπληρωμής και BCR είναι:

$$\text{NPV} = 485.696,7 \text{ €}$$

$$\text{IRR} = 66,57\%$$

$$\text{XA} = 1,5 \text{ έτος}$$

$$\text{BCR} = 5,68 > 1 \text{ άρα αποδεκτή – βιώσιμη η επένδυση.}$$

### 4.3.4 Οικονομική αξιολόγηση νέου συμβατικού συστήματος θέρμανσης

Ομοίως για την εναλλακτική πρόταση του περιορισμού του νερού της πισίνας του κολυμβητηρίου οι τιμές για τις οικονομικές παραμέτρους NPV, IRR, χρόνος αποπληρωμής και BCR είναι:

$$\text{NPV} = 339.243,5 \text{ €}$$

$$\text{IRR} = 93,56\%$$

$$\text{XA} \approx 1,06 \text{ έτος}$$

$$\text{BCR} = 7,9 > 1 \text{ άρα αποδεκτή – βιώσιμη η επένδυση.}$$

### 4.3.5 Συγκριτικός πίνακας οικονομικών παραμέτρων των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων

Συγκεντρώνοντας τα ανωτέρω ποσά των επενδύσεων προς πρόταση και εφαρμογή παρατίθενται στον συγκριτικό Πίνακα 4.10 όπου διαφαίνεται ξεκάθαρα το ποια επιλογή «φαντάζει» πιο δελεαστική στην πραγματοποίησή της. Τα ποσά στον Πίνακα 4.10 φυσικά έχουν υπολογιστεί για μια χρονική περίοδο 10 χρόνων.

Πίνακας 4.10: Συγκριτικός πίνακας οικονομικών παραμέτρων για 10 έτη

Τύπος επένδυσης Οικονομική παράμετρος	Ηλιοθερμικό Σύστημα (για 22% ποσοστό κάλυψης)	Αντικατάσταση Λέβητα	Περιορισμός Νερού	Κάλυμμα Νερού
<b>NPV</b>	<b>1.056.108,696€</b>	339.243,5 €	485.696,7 €	98.022,29 €
<b>IRR</b>	30,85%	<b>93,56%</b>	66,57%	63,3%
<b>Χρ. Αποπληρ.</b>	1 έτος	1 έτος	1,5 έτη	<b>2 μήνες</b>
<b>BCR</b>	<b>18,6</b>	7,9	5,68	5,41

Παρατηρώντας τον Πίνακα 4.10 διαπιστώνεται πως η επενδυτική πρόταση της εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι αρκετά δελεαστική και αποτελεσματική σε σχέση με τις άλλες τρεις ξεχωριστά όσον αφορά την οικονομική παράμετρο της NPV. Παρατηρείται πως το μεγαλύτερο κέρδος στην διάρκεια των 10 χρόνων είναι αυτή του ηλιοθερμικού συστήματος σε σχέση με τις υπόλοιπες επενδύσεις. Όλες φυσικά από την στιγμή που διαθέτουν NPV μεγαλύτερη από 0 ( $\geq 0$ ) είναι οικονομικά βιώσιμες.

Ο IRR για την πρόταση της αντικατάστασης λέβητα με νέο είναι πολύ πιο υψηλός από τα IRR των υπολοίπων επενδυτικών προτάσεων πράγμα που την κάνει την δεύτερη καλύτερη λύση προς εφαρμογή, λαμβάνοντας υπόψη πως όσο μεγαλύτερος είναι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης τόσο πιο αποδοτική είναι η επένδυση.

Ο χρόνος αποπληρωμής είναι το διάστημα στο οποίο η επένδυση «επιστρέφει» τα χρήματα που έχουν επενδυθεί στην αρχή. Οπότε για μια ακόμα φορά η επένδυση των ηλιακών συλλεκτών και αυτή της εγκατάστασης του νέου λέβητα είναι αυτές που υπερισχύουν και στον χρόνο αποπληρωμής διότι η αρχική δαπάνη επιστρέφεται μόλις στον 1 χρόνο.

Τέλος, όσον αφορά τον λόγο οφέλους – κόστους για να χαρακτηριστούν οι επενδύσεις βιώσιμες και αποδεκτές πρέπει ο λόγος αυτός να είναι πάνω από 1. Όπως παρατηρείται λοιπόν όλες οι εναλλακτικές προτάσεις είναι οικονομικά βιώσιμες.

Πλέον, εφόσον έχει πραγματοποιηθεί η οικονομική προσέγγιση των εναλλακτικών τρόπων θέρμανσης θεωρείται αναγκαίο να μελετηθεί και η περιβαλλοντική προσέγγιση έτσι ώστε να επικρατήσει η ιδανικότερη λύση και από περιβαλλοντικής άποψης. Απ' όσο είναι γνωστό οι ηλιακοί συλλέκτες δεν έχουν απολύτως καμία περιβαλλοντική επιβάρυνση σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα. Στην επόμενη ενότητα επαληθεύεται αριθμητικά ότι ο λέβητας είναι αρκετά ρυπογόνος και καθόλου φιλικός για το περιβάλλον.

#### **4.4 Περιβαλλοντική προσέγγιση των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων**

Όπως είναι αναμενόμενο, οι εναλλακτικές επενδυτικές προτάσεις πέρα από οικονομικά βιώσιμες και αποδεκτές θα πρέπει να μην επιβαρύνουν και το περιβάλλον. Η εγκατάσταση του ηλιοθερμικού συστήματος, το πλαστικό κάλυμμα και ο περιορισμός νερού της πισίνας είναι επενδύσεις μη ρυπογόνες για το περιβάλλον σε αντίθεση με το νέο συμβατικό σύστημα που παρά την καλύτερη απόδοση του δεν παύει να «ενισχύει» το περιβάλλον με ρύπους.

Πιο αναλυτικά στον Πίνακα 4.11, φαίνεται η αντιστοιχία κάθε τύπου λέβητα σύμφωνα με την απόδοση του για κάθε kg πετρελαίου που καταναλώνει ανά έτος, την θερμική ενέργεια που αποδίδει χοντρικά ανά έτος και τους ανάλογους ρύπους που εκπέμπει ο κάθε τύπος λέβητα. Η εγκατάσταση ενός συλλέκτη  $1\text{m}^2$  μπορεί να εξοικονομήσει σχεδόν 500kWh το χρόνο και περίπου για  $1\text{m}^2$  ηλιακού συλλέκτη μειώνεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και άλλων ρύπων σχεδόν κατά 155 kg ετησίως

Πίνακας 4.11: Συγκριτικός πίνακας λέβητα – ηλιακού συλλέκτη

Απόδοση λέβητα %	Diesel (kg/έτος)	Θερμική Ενέργεια (kWh/έτος)	Ρύποι (CO <sub>2</sub> ,....) (kg/έτος)
100	1	11,92	3.15
85	1	10.13	3.15
<b>85</b>	<b>50</b>	<b>500</b>	<b>155.5</b>
<b>1m<sup>2</sup> Ηλιακού Συλλέκτη</b>	<b>- - -</b>	<b>500</b>	<b>- - -</b>

Όπως είναι φανερό, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα μεταξύ λέβητα και ηλιακού συλλέκτη το διαθέτει ο ηλιακός συλλέκτης από κάθε άποψη. Και για τον λόγο ότι δεν καταναλώνει πετρέλαιο δηλαδή καθόλου έξοδα λειτουργίας αλλά και για τον λόγο ότι δεν εκπέμπει καθόλου ρυπογόνα αέρια. Επιπλέον το γεγονός ότι 1m<sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη αποδίδει ακριβώς την ίδια θερμική ενέργεια με 50 kg πετρέλαιο τον κάνει ακόμα πιο ανταγωνιστικό.

Στην περίπτωση λοιπόν του κολυμβητηρίου Ξάνθης, μπορούν να προσεγγιστούν τα περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με την εκπομπή των ρύπων. Αν ληφθεί υπ' όψιν πως ανεξάρτητα από την απόδοση του λέβητα η ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων είναι ίδια ανά έτος τότε μπορεί να διαπιστωθεί πολύ γρήγορα το ποσό των ρύπων που αποφεύγεται σε περίπτωση που τοποθετηθεί το σύστημα των ηλιακών συλλεκτών.

Πίνακας 4.12: Συγκριτικός πίνακας λέβητα – ηλιακού συλλέκτη για την περίπτωση του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης

	Κατανάλωση πετρελαίου (kg/έτος)	Ρύποι (kg/έτος)
Λέβητας με απόδοση 89%	1	3,15
-//-	129.650,98 kg (ή 156.206 lit) για 100% ποσοστό κάλυψης	408.400,5 kg
-//-	28.523,2 kg (34.365,3 lit) για 22% ποσοστό κάλυψης	89.848,1 kg
1 m <sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη	-	0

Άρα παρατηρώντας τον Πίνακα 4.12 είναι φανερό πως με την χρήση ηλιακών συλλεκτών το ποσό των ρύπων που εκπέμπονται προς το περιβάλλον σταματάει να

υπάρχει. Πιο συγκεκριμένα, 89.848,1 kg ρύπων ανά έτος εκπέμπονται στο περιβάλλον με το ήδη υπάρχον συμβατικό σύστημα (για ποσοστό κάλυψης 22%) ρύποι οι οποίοι αναιρούνται στην περίπτωση που ο εναλλακτικός τρόπος που επιλεγεί για την θέρμανση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής είναι οι ηλιακοί συλλέκτες. Όπως είναι φανερό λοιπόν, αν συμπεριληφθούν μαζί με τα οικονομικά στοιχεία και δεδομένα και τα περιβαλλοντικά οφέλη οι ηλιακοί συλλέκτες είναι η ιδανικότερη λύση.

#### **4.5 Κοινωνική – Πολιτική προσέγγιση της επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου**

Όσον αφορά την κοινωνική προσέγγιση που θα έχουν οι επενδυτικές επιλογές όχι αυτές καθαυτές αλλά το αποτέλεσμα αυτών, τότε μπορεί να ισχυριστεί κανείς πως ο αντίκτυπος στους πολίτες της Ξάνθης αλλά και η συνεισφορά στα αθλητικά κολυμβητικά δρώμενα της πόλης θα είναι τεράστια.

Αν αναλογιστεί κανείς πως εδώ και 1 χρόνο περίπου το κολυμβητήριο παραμένει κλειστό λόγω ανεπαρκούς χρηματοδοτικής «ώθησης» από το κράτος, μπορεί να διαπιστωθεί πως η εφαρμογή μιας από τις ανωτέρω επενδυτικές λύσεις για εξοικονόμηση καυσίμων και κατά συνέπεια χρημάτων θα έδινε «ανάσα» στο ευρύ κοινό επισκεπτών του κολυμβητηρίου (γονείς, παιδιά, φοιτητές, νέοι) αλλά και έναυσμα για την αξιοποίηση των τοπικών αθλητικών συλλόγων κολύμβησης. Επιπλέον, θα ενίσχυε την ποικιλία ενδιαφερόντων που μπορεί να έχει κάποιος που διαμένει στην Ξάνθη και γιατί όχι στην ανάδειξη νέων ανερχόμενων κολυμβητών – ριών.

Βέβαια, στην πολύ δύσκολη αυτή περίοδο που διανύεται το πιο σημαντικό ζήτημα που πρέπει να απαντηθεί από τον κρατικό φορέα στην περίπτωση επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου είναι αν θα συνεχίσει να επανδρώνει το προσωπικό λειτουργίας του με χαμηλή αμοιβή ή αν θα παραμείνει κλειστό και αν θα «σπρώξει» το προσωπικό του στην ανεργία. Στην απόφαση αυτή φυσικά παίζει σημαντικό ρόλο και η άποψη του προσωπικού.

Επιπρόσθετα, η επαναλειτουργία του κολυμβητηρίου θα σημαίνει πολλά για την πολιτιστική πτυχή της πόλης της Ξάνθης αν συλλογιστεί κανείς πως η διοργάνωση αγώνων και τουρνουά διάφορων αθλημάτων νερού (απλή κολύμβηση, waterpolo, συγχρονισμένη κολύμβηση κ. α.) θα τονώσει το αθλητικό πνεύμα της περιοχής αλλά θα ενισχύσει και τα έσοδα του κολυμβητηρίου. Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος θα ενίσχυε παρά πολύ στην οικονομική κατάσταση του κολυμβητηρίου με την λογική της είσπραξης ενός ενοικίου για την παραχώρηση των εγκαταστάσεων. Βέβαια, ο αρμόδιος φορέας θα επωμίζεται και τα έξοδα χρήσης άλλα θα του ανήκουν εξολοκλήρου τα έσοδα των τηλεοπτικών δικαιωμάτων, των εισιτηρίων και της διαφήμισης.

Στην περίπτωση που δεν υιοθετηθεί η εναλλακτική λύση του περιορισμού νερού της πισίνας είτε τώρα είτε μελλοντικά θα μπορούσε ένα μικρό μέρος της κολυμβητικής δεξαμενής κυρίως κατά τις βραδινές ώρες, να παραχωρείται σε διάφορους καταδυτικούς ομίλους για εκμάθηση κατάδυσης έναντι κάποιας μικρής ωριαίας αμοιβής.

Στην ενίσχυση των εσόδων δεν παραλείπονται φυσικά και οι μηνιαίες συνδρομές του κοινού που χρησιμοποιεί την πισίνα για εκμάθηση ή για προπόνηση αλλά και των αθλητικών συλλόγων που φιλοξενούνται στον χώρο του κολυμβητηρίου.

Τέλος, ένα πολύ σημαντικό κίνητρο για την ενεργοποίηση του αρμόδιου φορέα για την επαναλειτουργία του κολυμβητηρίου είναι η προσφορά και ευκαιρία άθλησης και η ενίσχυση των δραστηριοτήτων των ατόμων με ειδικές ανάγκες (ΑΜΕΑ). Σε αντίθεση παραδείγματος χάριν με την κατασκευή ενός ποδηλατοδρόμου που θα είχε και τεράστιο κόστος αλλά θα έδινε τη δυνατότητα εκμετάλλευσης του μόνο από συγκεκριμένη ομάδα ατόμων η χρηματοδότηση από τον αρμόδιο φορέα για την εγκατάσταση μιας νέας εναλλακτικής επιλογής εξοικονόμησης ενέργειας για την λειτουργία του κολυμβητηρίου θα ήταν η πιο δόκιμη απόφαση. Η απόφαση αυτή θα συνέβαλε στην άθληση, κοινωνικοποίηση και στην ένδειξη ενδιαφέροντος σε ιδιαίτερους ανθρώπους που έχουν ανάγκη να συμμετάσχουν σε οτιδήποτε που τους κάνει να νιώθουν αποδεκτοί. Είναι μια κίνηση ευαισθησίας στους ανθρώπους αυτούς που έχουν δικαίωμα στην ζωή και σε ότι την απαρτίζει με κάθε τρόπο.



#### 4.6 Νομική προσέγγιση κολυμβητικών δεξαμενών

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την προτίμηση της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής για άλλες τεχνολογίες (πλην των ηλιακών) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τη βελτίωση της ποιότητας των ηλιακών συστημάτων και την διαρκώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου που καθιστά όλο και πιο ανταγωνιστική την ηλιακή kWh αλλά και την Κοινοτική Οδηγία σχετικά με την υποχρέωση ενεργειακής εξοικονόμησης στα κτίρια έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί η στροφή του καταναλωτικού ενδιαφέροντος στις αποκεντρωμένες μορφές ΑΠΕ όπως είναι οι θερμικοί συλλέκτες. Από πλευράς κόστους, υπό τις παρούσες συνθήκες, η δαπάνη για τους θερμικούς συλλέκτες αποσβένεται σε 5-10 έτη. Έτσι οι λόγοι προτίμησης των τεχνολογιών αυτών θα πρέπει επί του παρόντος να βασίζονται σε συγκεκριμένες στυλιστικές επιλογές αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης εξωτερικών χώρων με άποψη ή σε περιβαλλοντικές και κοινωνικές ευαισθησίες.

([www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/015,017.doc](http://www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/015,017.doc))

Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τις εναλλακτικές επενδυτικές προτάσεις δεν υπάρχει κάποιος νόμος που να εμποδίζει την πραγματοποίηση αυτών και την εφαρμογή τους. Ειδικά η τοποθέτηση καλύμματος, η αντικατάσταση λέβητα αλλά και ο περιορισμός του νερού της πισίνας είναι τρεις μεθοδολογίες «ρουτίνας» που δεν χρήζουν νομικής διερεύνησης παρά μόνον για την ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν (πχ. το υλικό του καλύμματος, το αντιμυκητιακό πλακάκι της πισίνας κ.λπ.) να είναι άριστη και φιλική για τον χρήστη.

Η αντικατάσταση νέου συμβατικού συστήματος δεν επιφέρει καμία άμεση συνέπεια με τον χρήστη αλλά μόνο έμμεση αν σκεφτεί κανείς του ρύπους που εκπέμπει στο περιβάλλον. Τέλος όσον αφορά την τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών δεν υπάρχει κάποια αντίστοιχη νομοθεσία που να περιορίζει την τοποθέτησή τους σε αθλητικό χώρο ή αθλητικό κτίριο.

Μια προσέγγιση που θα μπορούσε να σημειωθεί σχετικά με τον επιτρεπτό αριθμό λουομένων και την οργάνωση του χώρου ενός κολυμβητηρίου είναι ορισμένα

άρθρα της υπουργικής απόφασης «87/Αρ. Γ1)443-24/01/73» (νομοθεσία κολυμβητικών δεξαμενών).

Κάθε κολυμβητική δεξαμενή πρέπει να λειτουργεί και να τηρεί τις προβλεπόμενες από τη σχετική νομοθεσία διατάξεις για να εξασφαλίζεται η ποιοτική και άριστη χρήση του χώρου από τους κολυμβητές. Παρακάτω αναγράφονται κινήσεις και ενέργειες που πρέπει να υπάρχουν σε κάθε κολυμβητική δεξαμενή.

Οι κολυμβητικές δεξαμενές χωρίζονται σε: **Εσωτερικές, Υπαίθριες, Δημόσιες, Αθλητικές, και Ιδιωτικές.** (Αρ.1)

Επίσης ανάλογα της επιφάνειας που καταλαμβάνουν διακρίνονται σε **μικρές, μεσαίες και μεγάλες.** (Αρ.4§4)

√ **ΜΙΚΡΕΣ:** επιφάνεια μέχρι 350 m<sup>2</sup>.

√ **ΜΕΣΑΙΕΣ:** επιφάνεια από 350 m<sup>2</sup> μέχρι 1250 m<sup>2</sup>.

√ **ΜΕΓΑΛΕΣ:** επιφάνεια μεγαλύτερη από 1250 m<sup>2</sup>.

Έτσι σε κάθε κολυμβητική δεξαμενή πρέπει:

- Να αναγράφεται ανά τακτά διαστήματα στις πλευρές και στις άκρες της πισίνας, το συγκεκριμένο βάθος του σημείου της κολυμβητικής δεξαμενής ώστε να είναι ευανάγνωστο από το κοινό. Σημειώνεται ότι τα βάθη μετρώνται σε μέτρα. (Αρ. 4§2)
- Τα δίκτυα (υδραυλικά, ηλεκτρολογικά κλπ.) πρέπει να βρίσκονται σε χώρους όπου να μπορεί εύκολα να τα επισκεφθεί και να τα επιθεωρήσει κάποιος αρμόδιος. (Αρ.3§3)
- Σε κάθε κολυμβητή αναλογούν 500 λίτρα νερό ή για τμήματα δεξαμενής βάθους μέχρι 1,0 m αναλογεί τουλάχιστον 1,0 m<sup>2</sup> επιφανείας ύδατος ανά λουόμενο ενώ για τμήματα δεξαμενής βάθους μεγαλύτερου του 1,0m αναλογούν τουλάχιστον 2,50 m<sup>2</sup> επιφανείας ύδατος ανά λουόμενο. Ανάλογα το εμβαδόν

υπολογίζεται η χωρητικότητα σε λίτρα και διαιρώντας ορίζεται ο μέγιστος αριθμός επιτρεπόμενων κολυμβητών. (Αρ.5§2α)

- Στο βαθύτερο σημείο της κολυμβητικής δεξαμενής πρέπει να υπάρχει στόμιο εκροής του νερού. Πάνω σε αυτό πρέπει να υπάρχει σχάρα η οποία να μη μπορεί να μετακινηθεί από τους κολυμβητές. (Αρ.6§7)
- Δεν πρέπει να υπάρχει πουθενά αιχμηρή άκρη και όλα τα τμήματα που σχηματίζουν γωνία πρέπει να είναι στρογγυλοποιημένα. (Αρ.4§8)
- Πρέπει να υπάρχουν σκάλες εισόδου & εξόδου (βαθμίδες) από τη κολυμβητική δεξαμενή με αντιολισθητικό υλικό στα πατήματα για αποφυγή ατυχημάτων και χειρολαβές και στις δύο πλευρές. (Αρ.8)
- Απαγορεύεται στην κολυμβητική δεξαμενή να υπάρχουν τρύπες (οπές) πάνω στον τοίχο και να χρησιμοποιούνται για σκάλες εξόδου από το νερό. (Αρ.8)
- Να τηρείται καθ' όλη τη λειτουργία της κολυμβητικής δεξαμενής όλες οι διαδικασίες καθαριότητας της δεξαμενής αλλά και των εξωτερικών χώρων που ανήκουν σε αυτή. (Αρ.20)

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη της ήδη υπάρχουσας εγκατάστασης του συστήματος θέρμανσης του κλειστού κολυμβητηρίου Ξάνθης αλλά και εν γένει του χώρου και την ενίσχυση της προσπάθειας επαναλειτουργίας του κολυμβητηρίου προτείνοντας εναλλακτικές λύσεις.

Έγινε περιγραφή της εγκατάστασης του κολυμβητηρίου, της ενεργειακής (θερμικής) απαίτησης του για θέρμανση της πισίνας και μια γενική μελέτη των δοθέντων πληροφοριών από τη διοίκηση του κολυμβητηρίου (λογαριασμοί καυσίμων, ΔΕΗ κ.λπ.). Επίσης, έλαβε χώρα ο υπολογισμός του ανηγμένου δείκτη απόδοσης (NPI) για την απόδοση του κολυμβητηρίου δηλαδή το κατά πόσο οικονομική είναι η λειτουργία του. Τέλος, έγινε περιγραφή και μελέτη των εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων για την μείωση καυσίμων και κατά συνέπεια για την μείωση χρημάτων και έπειτα ακολούθησε τεχνοοικονομική ανάλυση αυτών και διερευνήθηκε η βιωσιμότητάς τους σε ενεργειακό, οικονομικό, περιβαλλοντικό αλλά και κοινωνικό τομέα.

Ανακεφαλαιώνοντας, προτείνεται η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών της εταιρείας Sunstar, τα προϊόντα της οποίας είναι άμεσα διαθέσιμα στην Ελλάδα. Ο τύπος συλλέκτη που χρησιμοποιήθηκε είναι ο STR 50 με διαστάσεις 1,20 m x 3,85 m = 4,62 m<sup>2</sup> και με μέγιστο «άνοιγμα» του συλλέκτη είναι 5,08 cm

Παράλληλα, προτείνεται η εγκατάσταση ενός πλαστικού καλύμματος που σύμφωνα με την εταιρεία Astral το κάλυμμα πισίνας προσφέρει μείωση απωλειών έως και 50%, καθώς επίσης και ο περιορισμός του νερού της πισίνας από την στιγμή που η πισίνα δεν χρησιμοποιείται για καταδύσεις. Μια τέτοια ενέργεια θα μείωνε την θερμική ισχύ περίπου κατά 1/3 της αρχικής θερμικής απαίτησης.

Τέλος, προτείνεται η αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων λεβητών με νέους οι οποίοι είναι της εταιρείας Viessmann, μοντέλο Vitoplex 300 στα 500 kW ονομαστική ισχύ έκαστος και απόδοση στο 96% και εγκατάσταση νέων καυστήρων της εταιρείας Weishaupt, τύπου WL 40Z – A, δίβαθμοι με ψηφιακή οθόνη και κατανάλωση από 12 έως 41 kg/h.

### Οικονομική Βιωσιμότητα

Παρακάτω (Πίνακας 4.10) φαίνονται οι οικονομικές παράμετροι των επενδύσεων όπου η καθεμία από αυτές επαληθεύει το γεγονός ότι οποιαδήποτε εναλλακτική λύση είναι βιώσιμη.

Τύπος επένδυσης Οικονομική παράμετρος	Ηλιοθερμικό Σύστημα (για 22% ποσοστό κάλυψης)	Αντικατάσταση Λέβητα	Περιορισμός Νερού	Κάλυμμα Νερού
<b>NPV</b>	<b>1.056.108,696€</b>	339.243,5 €	485.696,7 €	98.022,29 €
<b>IRR</b>	30,85%	<b>93,56%</b>	66,57%	63,3%
<b>Χρ. Αποπληρ.</b>	1 έτος	1 έτος	1,5 έτη	<b>2 μήνες</b>
<b>BCR</b>	<b>18,6</b>	7,9	5,68	5,41

Παρατηρώντας τα μεγέθη των NPV, IRR, BCR και χρόνου αποπληρωμής προκύπτει το συμπέρασμα πως οι δυο πληρέστερες εναλλακτικές λύσεις είναι οι ηλιακοί συλλέκτες και η εγκατάσταση νέου λέβητα. Ωστόσο, πρέπει να ελεγχθεί και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα των δυο αυτών προτάσεων έτσι ώστε να υπάρξει μια πιο ολοκληρωμένη άποψη και εικόνα για το ποια τελικά είναι η πιο ευνοϊκή.

### Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα

Όσον αφορά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα των επενδύσεων η αξιολόγηση έδειξε ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι αρκετά για τις τρεις από τις τέσσερις προτεινόμενες λύσεις. Η εναλλακτική της αντικατάστασης συμβατικού συστήματος με νέο συνεχίζει να είναι ρυπογόνο και συγκεκριμένα στον παρακάτω πίνακα φαίνεται και η περιβαλλοντική «ζημιά» που κάνει κάθε τύπος λέβητα. Παρόλα αυτά, κάθε εναλλακτική από τις υπόλοιπες τρεις είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη. Με την τοποθέτηση όμως ηλιοθερμικού συστήματος επιτυγχάνεται παύση των εκπεμπόμενων ρύπων που δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas GHG).

	Κατανάλωση πετρελαίου (kg/έτος)	Ρύποι (kg/έτος)
Λέβητας με απόδοση 89%	1	3,15
-//-	129.650,98 kg (ή 156.206 lit) για 100% ποσοστό κάλυψης	408.400,5 kg
-//-	28.523,2 kg (34.365,3 lit) για 22% ποσοστό κάλυψης	89.848,1 kg
1 m <sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη	-	0

Πιο συγκεκριμένα, 408.400,5 kg ρύπων ανά έτος εκπέμπονται στο περιβάλλον με το ήδη υπάρχον συμβατικό σύστημα, ρύποι οι οποίοι αναιρούνται στην περίπτωση που ο εναλλακτικός τρόπος που επιλεγεί για την θέρμανση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής θα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες (Πίνακας 4.12).

Συνεπώς, η εναλλακτική των ηλιακών συλλεκτών είναι **περιβαλλοντικά βιώσιμη** για όλο το διάστημα της λειτουργίας τους, καθώς επίσης και αυτή του πλαστικού καλύμματος και του περιορισμού νερού.

### **Κοινωνική Βιωσιμότητα**

Όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο 4 οποιαδήποτε από τις εναλλακτικές λύσεις θα συμβάλλει στην αναβάθμιση της δραστηριότητας της πόλης της Ξάνθης και συνεπώς θα γίνουν θετικά αποδεκτές από τον Δήμο της Ξάνθης αλλά και από τους δημότες της. Πόσο μάλλον αυτή των ηλιακών συλλεκτών που πέρα από τα υπόλοιπα δυνατά «χαρτιά» της, είναι μια μορφή ΑΠΕ η οποία δεν είναι καθόλου αντιαισθητική. Στην περιοχή της Ξάνθης δεν υπάρχει παρόμοια εγκατάσταση και συνεπώς η συγκεκριμένη επένδυση θα είναι πρωτοπόρο και μπορεί να λειτουργήσει και ως διαφήμιση.

Συνεπώς, όλες οι εναλλακτικές λύσεις είναι κοινωνικά βιώσιμες από την στιγμή που το μόνο μέλημα του Δήμου αλλά και των πολιτών είναι να επανέλθει η κολυμβητική τους δραστηριότητα.

### **Μελλοντικές Προτάσεις**

Οι ακόλουθες προτάσεις αφορούν μελλοντικές κινήσεις στα πλαίσια εξέλιξης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

- Θα μπορούσε να υπάρξει μια ενδελεχής μελέτη και ανάλυση της λειτουργίας του παρόντος συμβατικού συστήματος θέρμανσης κατά τη διάρκεια της νύχτας έτσι ώστε να εξεταστεί η διακύμανση τη θερμοκρασίας του νερού που μειώνεται τις βραδινές ώρες στους 18°C αλλά δεν πέφτει στην αρχική κατώτερη θερμοκρασία των 10°C. Γνωρίζοντας ότι ο καυστήρας λειτουργεί καθημερινά και αδιάκοπα (12 ώρες ημερησίως συνολικά) πρέπει να μελετηθεί το χρονικό διάστημα κατά το οποίο σβήνει και ανάβει και σύμφωνα με κάθε διαφορετική τιμή θερμοκρασίας να επαναυπολογιστεί η θερμική απαίτηση εκ νέου μιας που το νερό από την στιγμή που θα αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία των 26°C δεν επανέρχεται στην αρχική του θερμοκρασία.

- Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια εξίσου αναλυτική μελέτη για την διακύμανση της τιμής του πετρελαίου γνωρίζοντας πως δεν μένει σταθερή και κάθε έτος αυξάνεται.
- Τέλος, αν θεωρηθεί πως το κολυμβητήριο δεν είναι ένα αδιαβατικό σύστημα θα μπορούσε να γίνει μια εκτενής ανάλυση και συνυπολογισμός όλων των υπόλοιπων παραμέτρων που παίρνουν μέρος και επηρεάζουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου του κολυμβητηρίου και κατ' επέκταση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής. Παράμετροι όπως ο φωτισμός, ο εξαερισμός, το κέλυφος της εγκατάστασης, η ύπαρξη θεατών κατά τη διάρκεια λειτουργίας της πισίνας, η υγρασία κλπ.



# Βιβλιογραφία

## Διεθνής

Capehart Barney L., Turner Wayne C., Kennedy William J. (2008). *Guide to energy management (Sixth edition)*. The Fairmont Press, USA.

Klein S. A., Beckman W. A. (1978). *A General Design Method for Closed – loop Solar Energy Systems*. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin – Madison. USA.

Klein S. A. (1978). *Calculation of Flat – Plate Collector Utilizability*. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin – Madison. USA.

Kreith Frank, Goswami D. Yogi (2008). *Energy management and conservation handbook*. CRC Press, USA.

Liu Benjamin Y. H., Jordan Richard C. (1960). *The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation*. Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Minneapolis

Liu Benjamin Y. H., Jordan Richard C. (1963). *The Long – Term Average Performance of Flat – Plate Solar – Energy Collectors*. Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Minneapolis.

Theofylactos C. G., (1995). *Energy Efficiency in Industry*. Editors: M. Santamouris – D. N. Asimakopoulos, Department of applied physics, University of Athens, Greece.

**Ελληνική**

Μπαλαράς Κωνσταντίνος Α. (1996). *Στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας σε αθλητικά κέντρα – Ενεργειακή βελτιστοποίηση και προτάσεις για την ποιότητα των εσωτερικών συνθηκών*. Εκδόσεις «Άνωση», Αθήνα.

Παναγιωτακόπουλος Δημήτρης Χ. (2005). *Συστημική Μεθοδολογία και Τεχνική Οικονομική*. Εκδόσεις Ζυγός.

Περδίας Σταμάτης Δ. (2007). *Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές*. Τόμος Α, TeKΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα.

Περδίας Σταμάτης Δ. (2007). *Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές*. Τόμος Β, TeKΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα.

Περδίας Σταμάτης Δ. (2009). *Ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις*. TeKΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα.

**Δικτυακές αναφορές**

[http://www.dgs.de/uploads/media/3\\_CRES\\_SOLPOOL\\_G03\\_ENG-GRE.pdf](http://www.dgs.de/uploads/media/3_CRES_SOLPOOL_G03_ENG-GRE.pdf) (13-04-2011)

[www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/015,017.doc](http://www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/015,017.doc) (15-04-2011)

<http://www3.aegean.gr/environment/eda/Envirohelp/greece/processes/documents/FinacialAnalysis.pdf> (20-04-2011)

[www.cres.gr](http://www.cres.gr) (25-04-2011)

[www.solpool.info](http://www.solpool.info) (01-05-2011)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki\\_diaxeirisi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermansi/energeiaki_diaxeirisi.htm) (05-05-2011)

[http://www.dfpni.gov.uk/good\\_practice\\_case\\_study\\_no.9.pdf](http://www.dfpni.gov.uk/good_practice_case_study_no.9.pdf) (08-05-2011)

[http://www.dfpni.gov.uk/good\\_practice\\_case\\_study\\_no.7.pdf](http://www.dfpni.gov.uk/good_practice_case_study_no.7.pdf) (08-05-2011)

<http://www.uaf.edu/files/ces/publications-db/catalog/par/PAR-00001.pdf> (15-05-2011)

<http://www.astralpool.gr/> (02-09-2011)

# Παράρτημα

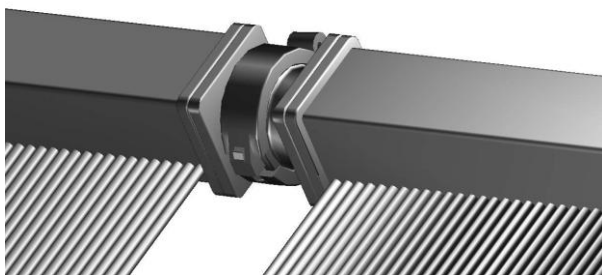
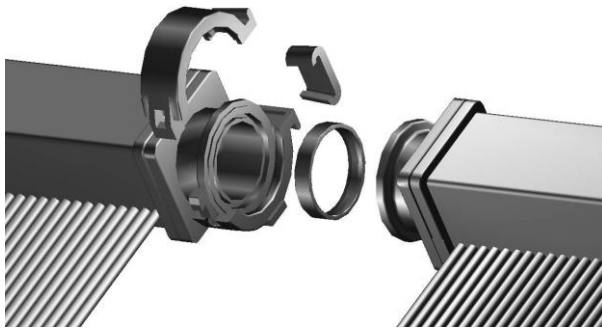
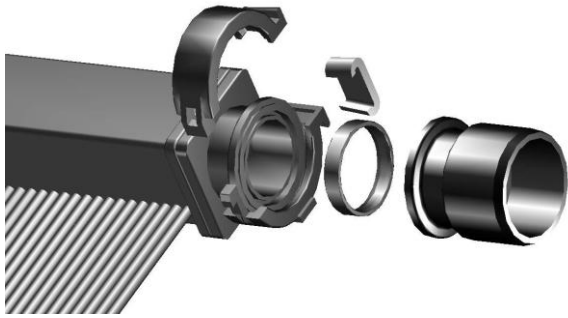
## **SUNSTAR COLLECTOR**



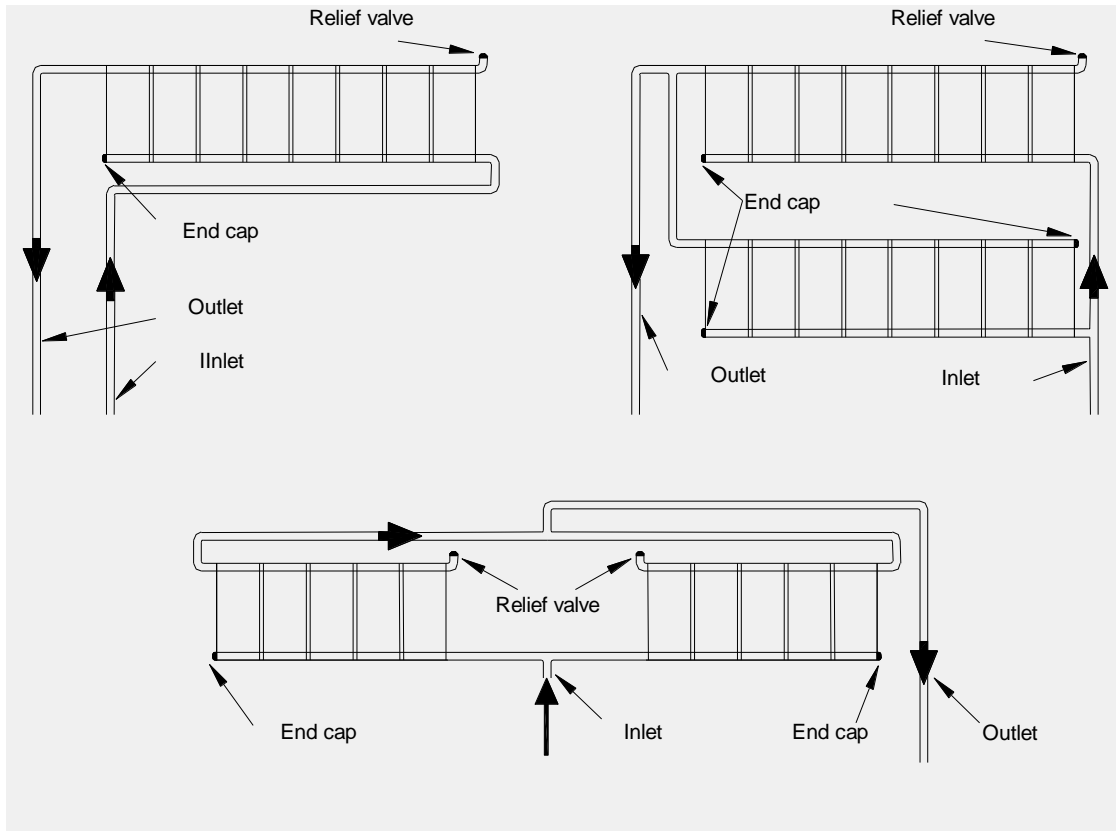
Collector Model	STR-50	STR-40
Size, Nominal	4'x12.5'	4'x10.5'
Width	47" / 120cm	47" / 120cm
Length	152.1" / 380cm	127" / 323cm
Area (sq. ft.)	50.0 / 4.65m <sup>2</sup>	41.6 / 3.88m <sup>2</sup>
Manifold Diameter	2" / 5.08cm	2" / 5.08cm
Weight, Dry	22lbs / 10kg	19lbs / 8.5kg
Volume Capacity	3.7gal / 14L	3.1gal / 12L
Working Pressure	90 PSI	90 PSI
Burst Pressure	270 PSI	270 PSI
Recommended Flow	5 GPM	4 GPM



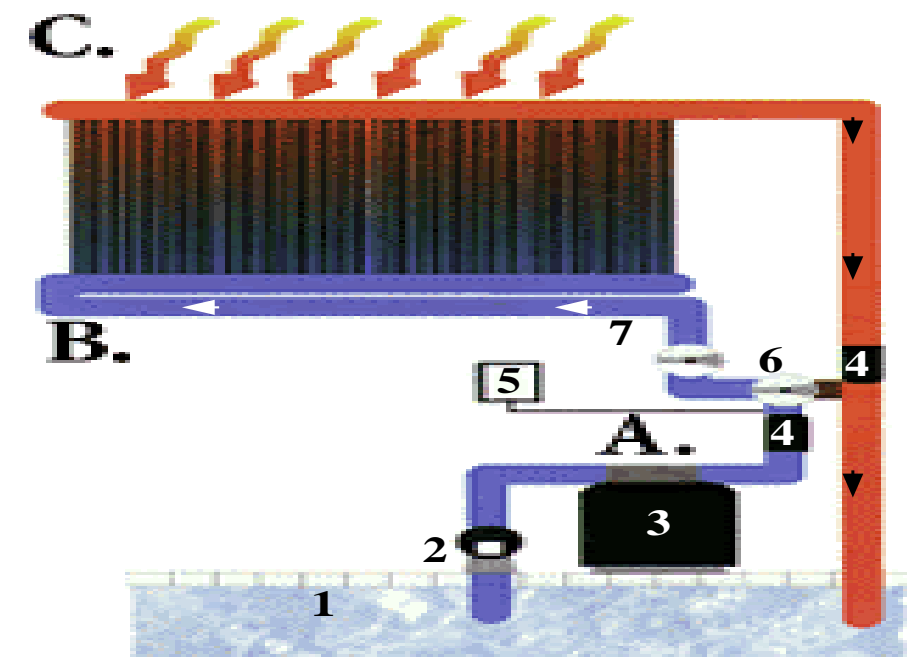
## SUNSTAR INSTALLATION DRAWINGS



# CONNECTION EXAMPLES



# CONNECTION DIAGRAM





Ηλιού φαινότερον ...ότι ο συλλέκτης SUNSTAR είναι ό,τι καλύτερο για την πισίνα σας. Ένας νέος τύπος ηλιακού συλλέκτη, ειδικά για θέρμανση πισίνας, προϊόν αμερικάνικης τεχνολογίας, έτοιμο να κατακτήσει και την Ελλάδα.

Ο SunStar είναι ο "έξυπνος" συλλέκτης "modular" που προσαρμόζει το μέγεθός του ανάλογα με την πισίνα σας. Κατασκευασμένος εξ ολοκλήρου από το ειδικό πλαστικό "πολυπροπυλένιο". Υλικό ανθεκτικό, τόσο στις αντίξοες καιρικές συνθήκες, όσο και στα πιο δυσμενή χαρακτηριστικά του νερού.

SunStar. Αστέρι στη θέρμανση ...πολλών κυβικών νερού αλλά και αστέρι στην οικονομία και την απόδοση. Η πιο έξυπνη λύση για θέρμανση πισίνας κατοικιών, ξενοδοχείων, αθλητικών κέντρων, γυμναστηρίων.

Η πιο θερμή σχέση που είχατε ποτέ με την πισίνα σας. Όλες τις εποχές του χρόνου, ο SunStar είναι ικανός να σας το αποδείξει, μιάς και αξιοποιεί στον ...μέγιστο βαθμό την ηλιακή ενέργεια.

Με εγγύηση λειτουργίας και απόδοσης για 10 χρόνια.  
Και με πολλά ακόμα πλεονεκτήματα που θα σας εντυπωσιάσουν:



**1. Υψηλή απόδοση**

Εκμεταλλεύεται άριστα ακόμη και την πιο περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία.

**2. Ασφαλής στη χρήση**

Δεν υπερθερμαίνεται

**3. Ειδικός σχεδιασμός**

Εξασφαλίζει σταθερή στήριξη.

**4. Άριστη προσαρμογή στο περιβάλλον**

Με εμφάνιση και αισθητική υψηλών προδιαγραφών

**5. Χαμηλό συνολικό κόστος**

Το πιο οικονομικό πακέτο (αγοράς-λειτουργίας-συντήρησης) σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας.

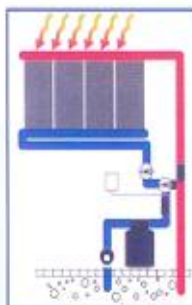
**6. Εύκολη τοποθέτηση και συναρμολόγηση**

Αξιοποιεί στο έπακρο κάθε διαθέσιμο χώρο, με μικρό βάρος.

**7. Μεγάλη διάρκεια ζωής**

Εγγυάται άψογη λειτουργία για πολλά χρόνια. Δεν προσβάλλεται από χημικές ουσίες. Δεν συγκρατεί τα άλατα του νερού.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ - ΤΗΛ. 210 20 00 200 (022 0661 - 0604)



ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΓΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΠΙΣΙΝΑΣ

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

**ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ**

ΤΥΠΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ
STR 40	325 cm	120 cm
STR 50	385 cm	120 cm

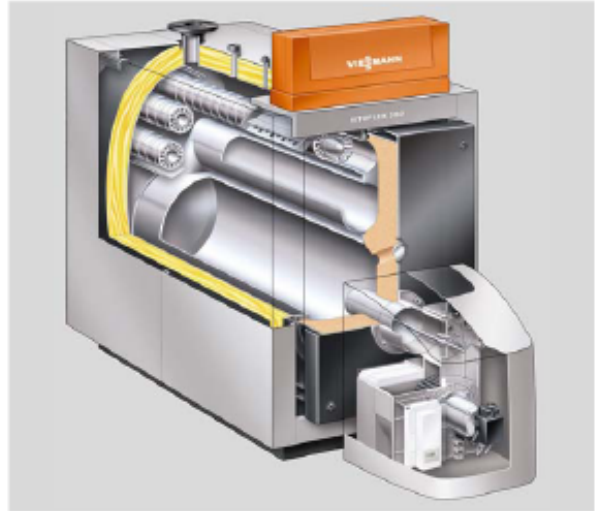
**ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

	20° C	40° C	60° C
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΥΓΡΟΥ			
ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Bar	8	6	6
ΠΙΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ Bar	25	18	14



## VITOPLEX 300

Λέβητες πολύ χαμηλών θερμοκρασιών πετρελαίου/αερίου  
ισχύος : 90 έως 500 kW



- Τριπλή θερμαντική επιφάνεια για μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Οικονομική λειτουργία λόγω χαμηλής θερμοκρασίας νερού του λέβητα, ο οποίος σβήνει τελείως όταν δεν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης.
- Πραγματικός βαθμός απόδοσης 96%.
- Φιλικός προς το περιβάλλον. Με τρεις πραγματικά πλήρεις διαδρομές καυσαερίων, πετυχαίνεται καθαρή καύση με πολύ χαμηλές εκπομπές NOx.
- Δεν έχει ανάγκη κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας χάρις στα ευρύχωρα περάσματα και στη μεγάλη περιεκτικότητα νερού, που επιτρέπουν μια μόνιμη εσωτερική ανακυκλοφορία.

- Με τους εξελιγμένους πίνακες ελέγχου του λέβητα και με το σύστημα **Therm-Control** εξασφαλίζεται πλήρης έλεγχος προστασίας από υγροποίηση.
- Θερμοκρασία λειτουργίας έως 110°C
- Πίεση λειτουργίας 4 bar.
- Απλή εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας. Ο καυστήρας **Vitoflame** είναι εργοστασιακά ρυθμισμένος στην εκάστοτε ισχύ του λέβητα και δοκιμασμένος σε λειτουργία.
- Οι λέβητες Vitoplex υπερπληρούν τις αυστηρές προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης :CE-0085 AQ 0846, CE-0035

		ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ - kW							
		90	115	140	180	235	300	390	500
ΛΕΒΗΤΑΣ VISSMANN	χωρίς πίνακα και καυστήρα	€ 5318	6055	6730	7635	8761	10453	12618	15166
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	Vitotronic 100 GC1	€	810						
	Vitotronic 200 GW1	€	1556						
	Vitotronic 300 GW2	€	1933						
ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ	VITOFLEAME 100 πετρελαίου	€	2789	2789	2935	2935	3023	3023	
	VITOFLEAME 100 αερίου	€	4331	4555	4781	4781			

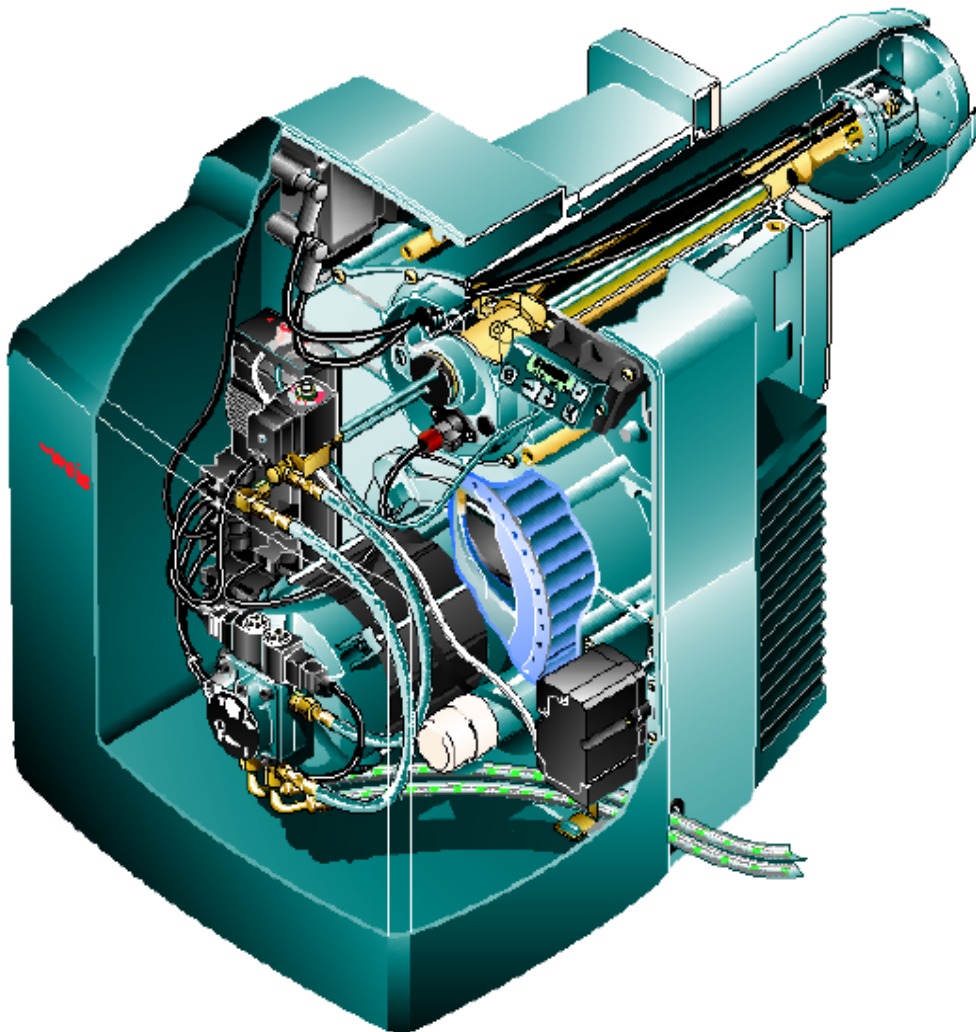
- Οι τιμές επιβαρύνονται με Φ.Π.Α.
- Για εγκατάσταση άλλου καυστήρα στα μοντέλα έως και 145 kW δεν χρειάζεται επιπλέον φλάντζα καυστήρα ενώ για τα μοντέλα από 170 kW και πάνω η τιμή του λέβητα περιλαμβάνει «τυφλή» φλάντζα καυστήρα.
- Εάν ζητηθεί η φλάντζα καυστήρα για τα μοντέλα από 170 kW και πάνω μπορεί να έρθει τρυπημένη με επιπλέον χρέωση.

«Παράρτημα»

-weishaupt-

# εγχειρίδιο

εγκατάστασης και λειτουργίας



Καυστήρας πετρελαίου Βαΐσχαουπτ WL30Z-C και WL40Z-A, έκδοση LN (χαμηλών NOx)

83049849 – 1/2004



## «Παράρτημα»

### Τεχνικά στοιχεία

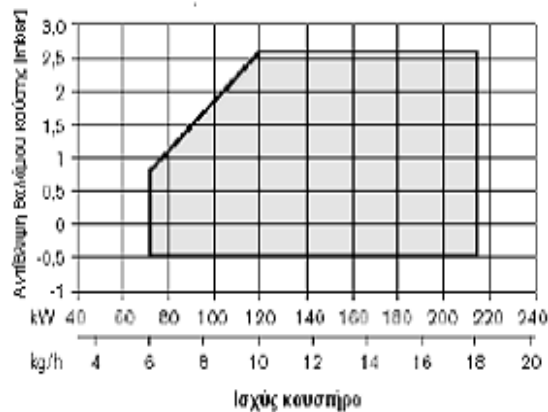
#### Εξοπλισμός καυστήρα

Τύπος καυστήρα	Διαχειριστής καύσης	Κινητήρας	Βηματικός κινητήρας αέρα	Ανεμιστήρας	Μετασχηματιστής υψηλής τάσης	Οθόνη	Αισθητήριο φλόγας	Αντλία πετρελαίου
<b>WG30Z-C</b> έκδοση 3LN, 4LN	W-FM20 (MPA20.02)	ECK 06/F-2 230V, 50Hz 2880'/λεπτό 0,42 kW, 2,6A Πυκν. 12μF	STE 4,5 BO.36/8- 01L	180X70	W-ZGO1	AM20.02	QRB1	AT2 45C
<b>WL40Z-A</b> έκδοση 1LN	W-FM20 (MPA20.02)	ECK 06/F-2 230V, 50Hz 2900'/λεπτό 0,62 kW, 4,0A Πυκν. 16μF	STE 4,5 BO.36/8- 01L	190X80	W-ZGO1	AM20.02	FW03	AT2 55C

#### Διάγραμμα ισχύος

Τύπος καυστήρα **WL 30Z-C**

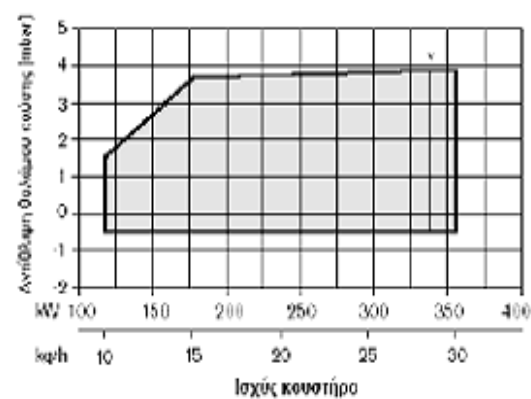
Φλογοκεφαλή  
ισχύς W30/4LN  
72 ... 215 kW  
6,1 ... 18,1 kg/h



Τύπος καυστήρα **WL 40Z-A**

Σύμφωνα με το EN267

Φλογοκεφαλή  
ισχύς W40/1LN  
120 ... 355 (340\*) kW  
10 ... 30 (28,7\*) kg/h \*Έγκριση LRV



#### Επιτρεπόμενα καύσιμα

Πετρέλαιο ντίζελ κατά DIN 51603-EL-1  
Ο καυστήρας είναι κατασκευασμένος για λειτουργία με χαμηλό θείο.

Αυστρία: Fuel oil EL κατά ÖNORM-C1109  
Ελβετία: Standard oil, Euro-quality ή Öko fuel oil,  
CH-ποιότητα (SN 181 160-2)

#### Ηλεκτρικά στοιχεία

**WL30Z-C**  
Τάσης \_\_\_\_\_ 230V  
Συχνότητα \_\_\_\_\_ 50/60Hz  
Κατανάλωση κατά την εκκίνηση \_\_\_\_\_ 630VA  
Λειτουργία \_\_\_\_\_ 500VA  
Ένταση \_\_\_\_\_ 2,8A  
Εξωτερική ασφάλεια \_\_\_\_\_ αργή 10A

**WL40Z-A**  
Τάσης \_\_\_\_\_ 230V  
Συχνότητα \_\_\_\_\_ 50/60Hz  
Κατανάλωση κατά την εκκίνηση \_\_\_\_\_ 950VA  
Λειτουργία \_\_\_\_\_ 830VA  
Ένταση \_\_\_\_\_ 4A  
Εξωτερική ασφάλεια \_\_\_\_\_ αργή 10A  
Μείωση με ρελέ κινητήρα \_\_\_\_\_ αργή 16A