

Ορ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ  
ΠΙΣΙΝΑΣ ΣΤΗ ΣΥΡΟ»**

**ΒΕΛΟΥΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**



**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΟΓΗΤΟΥ**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Αθανάσιο, Γιανναδάκη για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Μηχαολόγων Μηχανικών για τη συμβολή τους στην επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο Τμήμα.

Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους εκείνους που συνέβαλαν είτε είτε ψυχικά (βοήθεια και παραινέσεις) στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την οικονομική τους υποστήριξη, καθώς και τους συγγενείς και τους φίλους για την ηθική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όπως όλοι γνωρίζουμε αυτή τη στιγμή ο κόσμος πλήττεται από μια ενεργειακή κρίση αυτό έχει ως αποτέλεσμα την προσπάθεια για τη συνεχή μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων. Στη παρούσα πτυχιακή θα μελετήσουμε τις ενεργειακές ανάγκες της πισίνας του Δήμου Σύρου Ερμούπολης και κατά πόσο μπορούμε να τις μειώσουμε και με ποιες μεθόδους. Τέλος θα γίνει οικονομική ανάλυση των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και αξιολόγηση τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ ΣΤΗ ΣΥΡΟ» .....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
1.1.Γενικά.....	7
1.2.Κολύμβηση και κολυμβητικές δεξαμενές: ιστορική αναδρομή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΑΙ ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΑ .....	20
2.1.Ενεργειακή Κατανάλωση στις Κολυμβητικές Δεξαμενές .....	20
2.2.Βασικές αιτίες της ενεργειακής απώλειας στις πισίνες .....	23
2.3.Θερμικά κέρδη και ενεργειακό ισοζύγιο .....	25
2.4.Εξισώσεις Υπολογισμού των Ενεργειακών Απαιτήσεων της Πισίνας.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ ΣΤΗ ΣΥΡΟ .....	31
3.1.Γενικά στοιχεία για το δημοτικό κολυμβητήριο Ερμούπολης (Σύρος).....	31
3.2. Τεχνικά και Οικονομικά χαρακτηριστικά λειτουργίας.....	35
3.3. Επιλογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας για την ανοιχτή πισίνα του κολυμβητηρίου Σύρου .....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ ΕΡΜΟΥΠΟΛΗΣ .....	39
4.1. Μελέτη Πισίνας του Κολυμβητηρίου Σύρου .....	39
4.2 Σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης με τα δεδομένα του 2006-2007 .....	43
4.3.1ο Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: θερμικό κάλυμμα .....	45
4.4 Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: Μείωση όγκου της πισίνας.....	50

<b>4.4 Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα</b> .....	52
4.5.1 Κόστος αγοράς θερμικού καλύμματος .....	52
4.5.2 Κόστος κάλυψης περισσευούμενου όγκου .....	53
4.5.3 Κόστος αντικατάστασης λέβητα – καυστήρα .....	54
4.5.4 Κόστος Συνδυαστικών Σεναρίων .....	55
5.1 Οικονομική εξέταση των σεναρίων .....	56
5.1.1 Οικονομική εξέταση πρώτου σεναρίου .....	56
5.1.2 Οικονομική εξέταση δεύτερου σεναρίου .....	57
5.1.3 Οικονομική εξέταση τρίτου σεναρίου .....	58
Τελικά συμπεράσματα των σεναρίων .....	59
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	60
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	62

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Άνω: Θέση της πισίνας κολυμβητηρίου Σύρου στην Ερμούπολη και εγγύτητα με ιστορικό κέντρο. Κάτω: Αεροφωτογραφία διάταξης κολυμβητικής πισίνας υπό μελέτη .....	32
Εικόνα 2: Εγγύτητα της πισίνας στον εμπορικό λιμένα ΜΕΤΚΑ.....	33
Εικόνα 3: Άποψη του Αθλητικού Κέντρου Δήμου Ερμούπολης «Δημήτριος Βικέλας» .....	33
Εικόνα 4: Άποψη του Δημοτικού Κολυμβητηρίου Ερμούπολης κατά το έτος 2021 .....	34
Εικόνα 5: Σύγκριση ετήσιων απωλειών και κερδών με κάλυμμα και χωρίς <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>	
Εικόνα 6 Θερμικό κάλυμμα από προπυλένιο .....	53
Εικόνα 8 Καυστήρας Buderus και λέβητας MHG.....	55

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ο καταμερισμός των ελληνικών κολυμβητηρίων ανά την επικράτεια (ΥΠΕΠΘ, 2008).....	9
Πίνακας 2 Προδιαγραφές Αγωνιστικών Κολυμβητικών Δεξαμενών (FINA, 2010).....	11
Πίνακας 3 Ιδανικές θερμοκρασίες νερού κολυμβητηρίου (NSPF).....	12
Πίνακας 4 Τα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά του Νερού (Υ.Δ. Γ1/443/73).....	14
Πίνακας 6: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2006.....	40
Πίνακας 7: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2007.....	40
Πίνακας 8: Ενεργειακές απώλειες 2006.....	41
Πίνακας 9: Ενεργειακές απώλειες 2007.....	41
Πίνακας 10: Σύγκριση καταναλώσεων.....	44
Πίνακας 11: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2006.....	45
Πίνακας 12: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2007.....	46
Πίνακας 13: Ενεργειακές απώλειες ημέρας 2006.....	46
Πίνακας 14: Ενεργειακές απώλειες νύχτας 2006.....	47
Πίνακας 15: Ενεργειακές απώλειες ημέρας 2007.....	47
Πίνακας 16: Ενεργειακές απώλειες νύχτας 2007.....	48
Πίνακας 17: Ενεργειακές απώλειες νύχτας με κάλυμμα και χωρίς 2006.....	48
Πίνακας 18: Ενεργειακές απώλειες νύχτας με κάλυμμα και χωρίς 2007.....	49
Πίνακας 19: Λειτουργικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις πισίνας στο σενάριο ελάττωσης όγκου.....	50
Πίνακας 20: Συγκριτικά αποτελέσματα καταναλώσεων πετρελαίου.....	52
Πίνακας 21: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου I.....	56
Πίνακας 22: Δεκαπενταετή ανάλυσης σεναρίου I.....	57
Πίνακας 23: κόστος επένδυσης σεναρίου I.....	57
Πίνακας 24: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου II.....	57
Πίνακας 25: Δεκαπενταετή ανάλυσης σεναρίου II.....	58
Πίνακας 26: κόστος επένδυσης σεναρίου II.....	58
Πίνακας 27: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου III.....	58
Πίνακας 28: Δεκαπενταετή ανάλυσης σεναρίου III.....	58
Πίνακας 29: κόστος επένδυσης σεναρίου III.....	59

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1.Γενικά

Αναντίρρητα, ήδη από τα μέσα του 20ου αιώνα, οι ενεργειακές ανάγκες που προέκυψαν ως απότοκο της τεχνολογικής έκρηξης και της προσαρμογής του τρόπου ζωής των κατοίκων του δυτικού κόσμου στις νέες συνθήκες συνέβαλαν στο να αναδυθεί ως προτεραιότητα - τόσο σε επίπεδο κρατών όσο και σε ατομικό επίπεδο- η εξασφάλιση της πρόσβασης σε επαρκή αποθέματα συμβατικών μορφών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και ο λιγνίτης. Ο οικοδομικός οργανισμός που ακολούθησε το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου ως αποτέλεσμα της μαζικής μετακίνησης των πληθυσμών στις μεγαλουπόλεις προκάλεσε, σε συνδυασμό με την τεχνολογική πρόοδο, τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών απαιτήσεων των κατοικιών και των κτηρίων εν γένει. Συνακόλουθα, η αύξηση του βιοτικού επιπέδου της μεσαίας τάξης οδήγησε στην κατασκευή ακόμα μεγαλύτερων κατοικιών και -κυρίως- κοινωφελών εγκαταστάσεων και κτηρίων αναψυχής, συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, των πολυχώρων διασκέδασης, των αθλητικών εγκαταστάσεων και των κέντρων αναψυχής, με κοινό παρονομαστή των τελευταίων να αποτελούν οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις.

Ο 21ος αιώνας χαρακτηρίζεται χωρίς αμφιβολία από τη συνειδητοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων που έχουν προκαλέσει στο φυσικό περιβάλλον οι συμβατικές μορφές ενέργειας, με την αναζήτηση βιώσιμων εναλλακτικών μορφών ενέργειας να έχει τεθεί στο επίκεντρο του επιστημονικού ενδιαφέροντος από κοινού με την αναζήτηση των βέλτιστων πρακτικών που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση της ενεργειακής κατανάλωσης των οικοδομημάτων. Η εστίαση έχει δοθεί τόσο σε επίπεδο ενεργειακής μελέτης και ελέγχου της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων όσο και στην αναζήτηση βιώσιμων επιλογών και συγκεκριμένα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έτσι ώστε να εξοικονομηθούν ενεργειακοί πόροι και να περιοριστούν οι δυσμενείς επιπτώσεις για το φυσικό περιβάλλον.

Στα πλέον ενεργοβόρα κτήρια κατατάσσονται οι αθλητικοί χώροι και πιο συγκεκριμένα τα κολυμβητήρια, τα οποία αποτελούν και το κεντρικό θέμα της παρούσας εργασίας. Η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία μιας μόνο κολυμβητικής δεξαμενής είναι πολλαπλάσια σε σχέση με άλλης χρήσης κτήρια της ίδιας οικοδομικής επιφάνειας. Επομένως, προκύπτει ως λογική αναγκαιότητα η λεπτομερής εξέταση της ενεργειακής κατανάλωσης των κολυμβητηρίων και η προσέγγιση μεθόδων που θα καταστήσουν εφικτή

την περιστολή της, γεγονός που άλλωστε αποτελεί τα τελευταία χρόνια πεδίο έρευνας των μηχανικών.

## 1.2.Κολύμβηση και κολυμβητικές δεξαμενές: ιστορική αναδρομή

Ήδη από τα αρχαία χρόνια, η κολύμβηση αποτελούσε μια διαδεδομένη ενασχόληση ανάμεσα στους ανθρώπους, οι οποίοι με αυτόν τον τρόπο ψυχαγωγούνταν, χωρίς να αγνοούν τα οφέλη που προέκυπταν από τη σωματική αυτή δραστηριότητα στη βελτίωση της φυσικής τους κατάστασης. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι αρχαίοι Ρωμαίοι, ως λαοί εξοικειωμένοι απόλυτα με το υγρό στοιχείο, συνήθιζαν να κολυμπούν σε θάλασσες και σε λίμνες, ενώ σε περιοχή του σημερινού Πακιστάν η αρχαιολογική σκαπάνη έφερε στο φως μια κατασκευή που φέρει τα χαρακτηριστικά τεχνητής πισίνας και χρονολογείται, κατά προσέγγιση, στο 2000 π.Χ. Πρωτοπόροι, πάντως, στην κατασκευή και τη χρήση πισίνας υπήρξαν οι Ρωμαίοι, οι οποίοι εισήγαγαν ανάλογες κατασκευές τόσο ιδιωτικού όσο και δημόσιου χαρακτήρα (π.χ. λουτρά, θέρμες), ενώ με τη συνήθειά τους να χρησιμοποιούν τεχνητές κατασκευές - είδη ενυδρείου- για να εκτρέφουν ψάρια (piscis στα λατινικά) συνδέεται ετυμολογικά η λέξη πισίνα.

Η κολύμβηση σε πισίνα άρχισε να διαδίδεται στη Μ. Βρετανία ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα. Η ευρεία διάδοση της κολύμβησης αποτυπώνεται στην ίδρυση αθλητικών κολυμβητικών συλλόγων και στην κατασκευή κατά την ίδια χρονική περίοδο των πρώτων εσωτερικών πισινών. Μετά τους ολυμπιακούς αγώνες της Αθήνας το 1896, η κολύμβηση άρχισε να γίνεται δημοφιλές άθλημα και την ίδια περίοδο πολλές νέες κολυμβητικές δεξαμενές κατασκευάστηκαν, οι οποίες όπως είναι λογικό λειτουργούσαν μόνο κατά τους θερινούς μήνες λόγω της ύπαρξης της θερμής ηλιακής ακτινοβολίας. Λίγες δεκαετίες αργότερα πάντως, στα μέσα του προηγούμενου αιώνα, εισήχθησαν μέθοδοι τεχνητής θέρμανσης του νερού της πισίνας και κατέστη εφικτή η λειτουργία των πισινών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Στη χώρα μας, τα πρώτα κολυμβητήρια υπήρξαν το Ολυμπιακό κολυμβητήριο στην Αθήνα (1940) και το κλειστό κολυμβητήριο στη σχολή Ναυτικών Δοκίμων στον Πειραιά (1959), με το σύστημα θέρμανσης του Ολυμπιακού Κολυμβητηρίου να εγκαθίσταται το 1970, επεκτείνοντας χρονικά τη λειτουργία του καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Σύμφωνα με στοιχεία που αντλούνται από την επίσημη καταγραφή του Υπουργείου Παιδείας (τότε ΥΠΕΠΘ), η οποία πραγματοποιήθηκε το 2008, στην Ελλάδα εντοπίζονται 197



κολυμβητήρια, διασκορπισμένα σε όλη την επικράτεια, όπως αποτυπώνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

<b>Καταμερισμός Κολυμβητηρίων στην Ελληνική Επικράτεια</b>				
<b>Γεωγραφικό Διαμέρισμα</b>	<b>Αριθμός Κολυμβητηρίων</b>	<b>Ανοιχτά Κολυμβητήρια</b>	<b>Κλειστά Κολυμβητήρια</b>	<b>Ανοιχτά-Κλειστά</b>
<b>Αττική</b>	22	12	9	1
<b>Μακεδονία-Θράκη</b>	11	6	4	1
<b>Κεντρική Ελλάδα</b>	10	7	2	1
<b>Πελοπόννησος</b>	10	9	1	0
<b>Νησιά</b>	7	4	3	0
<b>Σύνολο</b>	60	38	19	3

*Πίνακας 1 Ο καταμερισμός των ελληνικών κολυμβητηρίων ανά την επικράτεια (ΥΠΕΠΘ, 2008)*

Η εμπειρία των τελευταίων δεκαετιών στην κατασκευή κολυμβητικών δεξαμενών, καθώς και η ανάπτυξη της τεχνολογίας, οδήγησαν στη μείωση του κόστους κατασκευής πισινών και αύξησαν το χρόνο ζωής τους. Οι περισσότερες πισίνες σε όλον τον κόσμο είναι χτιστές, αν και τα τελευταία χρόνια οι προκατασκευασμένες κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Για την κατασκευή μιας πισίνας απαιτείται περίπου ό,τι και για την ανέγερση ενός κτηρίου, δηλαδή οικοδομική άδεια, αρχιτεκτονικός σχεδιασμός, στατικές και ηλεκτρολογικές μελέτες και πολλά άλλα.

### **1.3.Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κολυμβητικών Δεξαμενών**

Η διαδικασία κατασκευής της πισίνας ξεκινά με την εκσκαφή και το καλούπωμα, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται η εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και η διαδικασία της σκυρόδεσης, η οποία ξεκινά από τον πυθμένα και συνεχίζεται στα τοιχώματα της πισίνας. Κρίσιμης σημασίας είναι το στάδιο της στεγανοποίησης, καθώς η συνεχής

πίεση που ασκείται στα τοιχώματα της πισίνας όταν αυτή τεθεί σε λειτουργία είναι ικανή να οδηγήσει σε δυσάρεστα αποτελέσματα. Με σκοπό να αποτραπεί ακόμη και το μικρότερο ρήγμα τοποθετείται αρχικά στεγανή τσιμεντοκονία, ενώ οι στρώσεις του πυθμένα και των τοιχωμάτων ενώνονται με τη χρήση διογκούμενου υλικού σφράγισης, με τον μπετονίτη να αποτελεί την πλέον διαδεδομένη επιλογή. Τέλος, τοποθετούνται τα υλικά επένδυσης της πισίνας, με γνώμονα την αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία, τη μειωμένη ολισθηρότητα, την ευκολία της συντήρησης, χωρίς να παραλείπεται από τη διαδικασία επιλογής υλικού και η παράμετρος της αισθητικής.

Η Παγκόσμια Ομοσπονδία Υγρού Στίβου (FINA) έχει θέσει συγκεκριμένες προδιαγραφές και σαφώς οριοθετημένα τεχνικά χαρακτηριστικά σε σχέση τις ολυμπιακές πισίνες, εστιάζοντας τόσο στην ασφάλεια όσο και στην τήρηση του ανταγωνισμού επί ίσοις όροις στους αγώνες που διεξάγονται σε όλα τα μήκη του πλανήτη. Όλα τα κολυμβητήρια, σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι υποχρεωμένα να πληρούν τα κριτήρια της FINA, ανεξαρτήτως αν πρόκειται για ανοιχτά ή για κλειστά κολυμβητήρια. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν ζητήματα που σχετίζονται με τη θερμοκρασία του νερού, τις διαστάσεις της πισίνας, τους βαθύρες και, εφόσον σημείο αναφοράς είναι τα κλειστά κολυμβητήρια, το φωτισμό τους. Από το αυστηρά οριοθετημένο πλαίσιο λειτουργίας εξαιρούνται οι πισίνες εκμάθησης που εντοπίζονται στα κολυμβητήρια, καθώς σε αυτές δεν λαμβάνουν χώρα επίσημοι αγώνες, με το μοναδικό περιορισμό να αναφέρεται στο μήκος της πισίνας, η οποία θα πρέπει να εκτείνεται σε 12,5 m.

Αναλυτικότερα, τα κριτήρια που θέτει η Παγκόσμια Ομοσπονδία Υγρού Στίβου σχετικά με τις τεχνικές προδιαγραφές των κολυμβητικών δεξαμενών καθορίζονται σύμφωνα με την κατάταξή τους σε «μεγάλες» (long course) ή «μικρές» (short course) πισίνες διεξαγωγής αγώνων κολύμβησης. Μια επισκόπηση στο σύνολο των προδιαγραφών είναι αρκετή ώστε να εξαχθεί το συμπέρασμα πως τα κοινά στοιχεία είναι περισσότερα από τις διαφορές τους. Επί παραδείγματι, δεν υπάρχουν διαφορές στις απαιτήσεις που αφορούν στο ελάχιστο βάθος της πισίνας, στο πλάτος της κάθε διαδρομής, στην ιδανική θερμοκρασία του νερού ή στην ελάχιστη ένταση του απαιτούμενου φωτός. Επίσης, κοινά ανεξαρτήτως της κατηγοριοποίησής τους σε μεγάλες ή μικρές κολυμβητικές δεξαμενές παραμένουν τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας, της θερμοκρασίας του αέρα και του ελάχιστου ρυθμού του αερισμού στα κλειστά κολυμβητήρια. Από την άλλη, όπως αποτυπώνεται και στον πίνακα που ακολουθεί, οι σημαντικότερες διαφορές αφορούν στο μήκος, το πλάτος, τον ελάχιστο αριθμό διαδρομών και -κυρίως- στον ελάχιστο όγκο του νερού της πισίνας.

<b>Τεχνικές Προδιαγραφές Αγωνιστικών Κολυμβητικών Δεξαμενών</b>		
<b>Είδος πισίνας</b>	Μεγάλη	Μικρή
<b>Μήκος</b>	50 μέτρα	25 μέτρα
<b>Πλάτος</b>	21 μέτρα	15 μέτρα
<b>Βάθος (ελάχιστο όριο)</b>	2 μέτρα	2 μέτρα
<b>Όγκος (ελάχιστο όριο)</b>	2100 m <sup>3</sup>	750m <sup>3</sup>
<b>Ελάχιστος αριθμός διαδρομών</b>	8	6
<b>Πλάτος διαδρομής</b>	2.5 μέτρα	2.5 μέτρα
<b>Θερμοκρασία νερού</b>	25°C έως 28°C	25°C έως 28°C
<b>Ένταση φωτός (ελάχιστο όριο)</b>	1500 lux	1500 lux
<b>Υγρασία</b>	50%-70%	50%-70%
<b>Θερμοκρασία αέρα</b>	30°C έως 32°C	30°C έως 32°C
<b>Ρυθμός αερισμού του χώρου πισίνας</b>	121/sec/κατ' άτομο	121/sec/κατ' άτομο

Πίνακας 2 Προδιαγραφές Αγωνιστικών Κολυμβητικών Δεξαμενών (FINA, 2010)

Μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις έτσι ώστε να επιτευχθεί ο σωστός τρόπος λειτουργίας του κολυμβητηρίου περιστρέφεται γύρω από τη διατήρηση της θερμοκρασίας της ανάμεσα στα προτεινόμενα από το National Swimming Pools Federation όρια, τα οποία σχετίζονται με τη συγκεκριμένη χρήση της και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ατόμων που θα τη χρησιμοποιήσουν. Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται οι προτεινόμενες από το NSPF θερμοκρασίες που ιδανικά θα πρέπει να εντοπίζονται σε ένα κολυμβητήριο:

<b>Προτεινόμενες Θερμοκρασίες Νερού Κολυμβητηρίου</b>	
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Ιδανική Θερμοκρασία</b>
Αγώνες κολύμβησης, προπόνηση	25 έως 28

κολυμβητών	
Αναψυχή ή πρόγραμμα εκμάθησης ενηλίκων	27 έως 29
Κέντρα αναψυχής	28 έως 30
Πρόγραμμα εκμάθησης ανηλίκων	29 έως 31
Βρέφη, παιδιά προσχολικής ηλικίας, ΑμεΑ	30 έως 32

### *Πίνακας 3 Ιδανικές θερμοκρασίες νερού κολυμβητηρίου (NSPF)*

Συμπεραίνεται, λοιπόν, μέσω της παρατήρησης των τιμών του παραπάνω πίνακα πως στις περιπτώσεις που χρήστες της πισίνας είναι μικρά παιδιά, ΑμεΑ ή ηλικιωμένα άτομα, αποτελεί προαπαιτούμενο στοιχείο της ιδανικής λειτουργίας της πισίνας η υψηλότερη θερμοκρασία του νερού, καθώς τα ποσά ενέργειας που δαπανώνται από τους συμμετέχοντες στα προγράμματα δεν είναι ιδιαίτερος υψηλά. Στον αντίποδα, οι πισίνες στις οποίες λαμβάνουν χώρα αγώνες κολύμβησης ή έντονες προπονήσεις αθλητών προϋποθέτουν τον εντοπισμό χαμηλότερων θερμοκρασιών νερού, καθώς κάτι τέτοιο ενισχύει το αίσθημα άνεσης του αθλητή που επιδιώκει τη βέλτιστη απόδοση εντός του νερού. Ως αποτέλεσμα αυτής της διάκρισης, παρατηρείται συχνά η χρήση των μικρών πισινών, μήκους 12,5 μέτρων από τους χρήστες που ανήκουν στην πρώτη ομάδα και των λεγόμενων μεγάλων πισινών, των 25 ή και των 50 μέτρων, από τους αθλητές των κολυμβητικών συλλόγων.

#### **1.4.Η Ελληνική Νομοθεσία για τις Κολυμβητικές Δεξαμενές**

Στην εθνική νομοθεσία οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούνται τόσο αναφορικά με την κατασκευή ενός νέου κολυμβητηρίου όσο και για την ομαλή λειτουργία όσων έχουν ήδη κατασκευαστεί και λειτουργούν έχουν διατυπωθεί στη Διάταξη Γ1/443/73 (ΦΕΚ 87Β), η οποία φέρει τον τίτλο «*περί Κολυμβητικών Δεξαμενών μετά οδηγίες κατασκευής και λειτουργίας αυτών*». Μέσω της συγκεκριμένης Διάταξης τίθενται τα προαπαιτούμενα έτσι ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε νέο κολυμβητήριο πως πληροί τις ελάχιστες ορισμένες προϋποθέσεις αναφορικά με την κατασκευή και τη λειτουργία του. Αρχικά, στη Διάταξη γίνεται σαφής διαχωρισμός των πισινών σε κατηγορίες με γνώμονα τη συνολική της επιφάνεια. Ως μικρή χαρακτηρίζεται μια πισίνα της οποίας η επιφάνεια είναι μικρότερη

των 350 m<sup>2</sup>, μεσαία θεωρείται η πισίνα της οποίας η επιφάνεια κυμαίνεται από 350 m<sup>2</sup> έως 1250 m<sup>2</sup>, ενώ τέλος, οι πισίνες που ξεπερνούν τα 1250 m<sup>2</sup> συνολικής επιφάνειας κατατάσσονται στις μεγάλες πισίνες.

Με την ίδια Διάταξη καθορίζονται επίσης τα επιμέρους στοιχεία που αφορούν στις ελάχιστα απαιτούμενα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να εντοπίζονται σε κάθε νεοαναγερθέν κολυμβητήριο, τα οποία μάλιστα καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος, το οποίο εκτείνεται από τις προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούνται σχετικά με την κλίση του πυθμένα της πισίνας έως και την κατασκευή αύλακα υπερχειλίσης περιμετρικά της πισίνας. Αναλυτικότερα, η Διάταξη ορίζει πως η κλίση του πυθμένα θα πρέπει να είναι 1:12,5 εφόσον το βάθος της πισίνας δεν ξεπερνά το ενάμισο μέτρο, ενώ στις περιπτώσεις που το βάθος της είναι μεγαλύτερο, η κλίση του πυθμένα καθορίζεται σε 1:3.

Επιπροσθέτως, νομοθετική πρόβλεψη υπάρχει και για τον μέγιστο αριθμό λουόμενων και των μέγιστο αριθμό των χρηστών της πισίνας, ο οποίος, εφόσον το βάθος αυτής είναι μικρότερο του ενός μέτρου δεν μπορεί να ξεπερνά το ένα άτομο ανά ένα τετραγωνικό μέτρο νερού, ενώ στην περίπτωση που το βάθος είναι μεγαλύτερο του ενός μέτρου, τότε το αντίστοιχο όριο διαμορφώνεται στο ένα άτομο ανά 2,5 τετραγωνικό μέτρο νερού. Με γνώμονα επίσης την παρουσία του κάθε λουόμενου ορίζεται και η ποσότητα του νερού της δεξαμενής που του αναλογεί, η οποία ανέρχεται στα 500 λίτρα ανά λουόμενο, υπό την απαραίτητη προϋπόθεση πως το νερό αυτό θα είναι είτε χλωριωμένο ή ανακυκλώμενο. Εφόσον οι δεξαμενές υπερβαίνουν τα 150 τετραγωνικά μέτρα, ο νόμος καθορίζει την τοποθέτηση των στομίων εισροής στα τοιχώματα, σε απόσταση 4,5 μέτρων μεταξύ τους, ενώ στις περιπτώσεις που οι δεξαμενές υπερβαίνουν τα 150 τετραγωνικά η απόσταση αυτή αυξάνεται στα 6 μέτρα. Τέλος, η κατασκευή αύλακα υπερχειλίσης κρίνεται επιβεβλημένη για όλες τις δεξαμενές άνω των διακοσίων τετραγωνικών μέτρων, ενώ στις μικρότερες από το προαναφερθέν όριο επιβάλλεται η χρήση στομίων υπερχειλίσεως σε αναλογία: 1/50 τ.μ.

Στα πλαίσια της ίδιας Υγειονομικής Διάταξης ιδιαίτερη βαρύτητα, όπως εξάλλου είναι λογικό, δίνεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βασικού στοιχείου των κολυμβητικών δεξαμενών: του νερού. Η ποιότητα του νερού μιας πισίνας αναδύεται μοιραία σε ζωτικής σημασίας ζήτημα, καθώς όχι μόνο αποτελεί έναν παράγοντα ικανό να παράσχει το απαραίτητο αίσθημα ασφάλειας και προστασίας στους λουόμενους, αλλά μπορεί επιπροσθέτως να ενισχύσει τις αγωνιστικές τους επιδόσεις. Αποσκοπώντας στην επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, έχουν αξιοποιηθεί ποικίλες μέθοδοι που μπορούν να ενισχύσουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, ανάμεσα στις οποίες πρωτεύοντα ρόλο καταλαμβάνει η χλωρίωση, η ανανέωση του νερού και το σωστό φιλτράρισμά του. Στον

πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, έτσι όπως αυτά καθορίζονται στο άρθρο 15 της Υγειονομικής Διάταξης Γ1/443/73:

Όρια Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Νερού στις Κολυμβητικές Δεξαμενές	
Τιμή pH	7,2 έως 7,8
Σκληρότητα	50 έως 100 mg/L
Αλκαλικότητα	100 έως 200 mg/L
Θειικά	> 600 mg/L
Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TSS)	< 3000 mg/L
E. Coli	0/ 100 ml
Κολοβακτηρίδια	<15 ανά 100 ml νερού
Περιεκτικότητα σε χλώριο	1 έως 4 mg/L

*Πίνακας 4 Τα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά του Νερού (Υ.Δ. Γ1/443/73)*

Μια βαρύνουσας σημασίας παράμετρος, η οποία αποτυπώνεται κυρίως σε επίπεδο οικονομίας, είναι αυτή της ανακυκλοφορίας του νερού, οι λεπτομέρειες της οποίας καθορίζονται μέσω της παραγράφου 1 του προαναφερθέντος άρθρου της Διάταξης. Συγκεκριμένα, υπάρχει η πρόβλεψη για δημόσιες και ιδιωτικές πισίνες βάσει της οποίας το νερό θα πρέπει να ανανεώνεται καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της με τέτοιο ρυθμό που να καθιστά εφικτή την πλήρη ανανέωσή του μέσα σε χρονικό διάστημα που ορίζεται μεταξύ των τεσσάρων και των έξι ωρών.

Με σκοπό την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου μπορούν να αξιοποιηθούν μέθοδοι, συμπεριλαμβανομένων αυτών της συνεχούς ροής φρέσκου νερού και της ανακυκλοφορίας του νερού αφού προηγουμένως η δεξαμενή έχει καθαριστεί και απολυμανθεί. Ο απώτερος στόχος είναι το νερό να παραμένει διαυγές και απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, γεγονός που προϋποθέτει τη λειτουργία του συστήματος της ανακυκλοφορίας και του καθαρισμού/απολύμανσης του

νερού και πέραν των ωρών λειτουργίας του κολυμβητηρίου. Σε μια κολυμβητική δεξαμενή δημόσιας χρήσης οι παράγοντες που μπορούν να αποτελέσουν πηγές ρύπανσης και μόλυνσης του νερού ποικίλουν, με τις πιο διαδεδομένες εξ αυτών να προέρχονται ως αποτέλεσμα της παρουσίας στο νερό μολυσματικών ουσιών, ανθρώπινων εκκρινμάτων και καλλυντικών προϊόντων, ενώ έχει επισημανθεί πως απαιτούνται σχεδόν τριάντα λίτρα ανά άτομο σε ημερήσια βάση έτσι ώστε να παραμένει το περιβάλλον της δεξαμενής καθαρό και ασφαλές.

Το άρθρο 18 της Υγειονομικής Διάταξης καθορίζει τις παραμέτρους μιας επιπρόσθετης και εξίσου καθοριστικής πρακτικής, της απολύμανσης του νερού. Η σπουδαιότητά της υπαγορεύει τον υποχρεωτικό χαρακτήρα της απολύμανσης του νερού όσο η πισίνα χρησιμοποιείται από λουόμενους. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος απολύμανσης είναι η χλωρίωση του νερού με τη χρήση δοσομετρικής αντλίας, η οποία συνεισφέρει στον έλεγχο της τιμής του υπολειμματικού χλωρίου που εντοπίζεται στην πισίνα, η οποία θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των ορίων 0,4 έως 0,7 mg/L, έτσι ώστε να μην προκαλούνται δερματικοί ερεθισμοί και άλλες επιπλοκές στους χρήστες.

### **1.5.Ενεργειακή Κατανάλωση στις Κολυμβητικές Δεξαμενές**

Η αποτύπωση των βασικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν οι κολυμβητικές δεξαμενές, αλλά και οι προϋποθέσεις που θέτει η πολιτεία έτσι ώστε να προστατεύεται ο λουόμενος και να εξασφαλίζεται το βέλτιστο επίπεδο λειτουργίας τους συνεισφέρουν στο σχηματισμό μιας πληρέστερης εικόνας αναφορικά με τις απαιτήσεις που μπορεί να έχει ένα κολυμβητήριο σε ενεργειακό επίπεδο.

Είναι γεγονός πως οι κολυμβητικές δεξαμενές χαρακτηρίζονται από το μεγάλο όγκο ενέργειας που απαιτείται ώστε να καταστεί εφικτή η ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία τους. Αυτή η ενεργοβόρος λειτουργία αποτελεί το αποτέλεσμα μιας σειράς ταυτόχρονων και εξίσου δαπανηρών ενεργειακά χαρακτηριστικών και λειτουργιών. Από τη μια, η ανάγκη να θερμανθεί ένας πολύ μεγάλος όγκος νερού και να εφαρμοστούν όλες οι πρακτικές που θα εξασφαλίσουν την ποιότητά του και από την άλλη η απαιτήσεις των χώρων του κολυμβητηρίου εκτός της πισίνας (αποδυτήρια, χώροι αναμονής, κ.ά.) αποτελούν τα μέρη μιας εξίσωσης, η λύση της οποίας δυσκολεύει ακόμη και τους πιο καταρτισμένους επιστήμονες. Σχεδόν από τα μισά του 19ου αιώνα, το ζήτημα της θέρμανσης του νερού στις πρώτες κολυμβητικές δεξαμενές τέθηκε στο επίκεντρο του προβληματισμού αρκετών μελετητών, οι οποίοι αναζητούσαν τη βέλτιστη λύση για τη θέρμανση του νερού της πισίνας. Η αύξηση του ενδιαφέροντος σχετικά με το άθλημα της κολύμβησης που ακολούθησε τους

Ολυμπιακούς Αγώνες του 1896 από κοινού με την διαρκώς αυξανόμενη τεχνολογική ανάπτυξη οδήγησε στην κατασκευή και τη λειτουργία θερμαινόμενων κολυμβητικών δεξαμενών.

Γεγονός αποτελεί πως οι κολυμβητικές δεξαμενές παρά τα πολλά επιμέρους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους που επιτείνουν τις δυσχέρειες στη λειτουργία τους είναι, αναντίρρητα, εξαιρετικά ενεργοβόρες. Έχει επισημανθεί πως οι ενεργειακές ανάγκες των κολυμβητηρίων σε σχέση με κτήρια ίσης επιφάνειας, ακόμη και αν αυτά είναι αθλητικοί χώροι, είναι υπερπολλαπλάσιες. Συγκεκριμένα, η συνηθισμένη κατανάλωση που παρατηρείται σε αθλητικές εγκαταστάσεις κυμαίνεται μεταξύ των 290 και των 410 KWh/m<sup>2</sup>, με τις υψηλές καταναλώσεις να υπερβαίνουν τις 410 KWh/m<sup>2</sup> και τις χαμηλές να κυμαίνονται σε ποσά κάτω των 290 KWh/m<sup>2</sup>. Οι αντίστοιχες τιμές των κολυμβητηρίων αποτυπώνουν τις έντονες ενεργειακές τους απαιτήσεις.

Αναλυτικά, η συνήθης κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ των 510 και των 745 KWh/m<sup>2</sup>, με την υψηλή να υπερβαίνει τις 745 KWh/m<sup>2</sup> και τη χαμηλή να είναι από τις 510 KWh/m<sup>2</sup> και κάτω. Παρατηρείται, λοιπόν, πως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας ενός κολυμβητηρίου είναι πολλαπλάσια της συνήθους κατανάλωσης μιας αθλητικής εγκατάστασης. Υπό το πρίσμα αυτό, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα προσέγγισης μεθόδων και πρακτικών που θα μπορέσουν να συμβάλλουν στην οικονομικότερη ενεργειακή κατανάλωση των κολυμβητηρίων, καθώς κάτι τέτοιο όχι μόνο θα καθιστούσε τη λειτουργία τους περισσότερο ποιοτική, αλλά θα μείωνε την ευαλωτότητά τους απέναντι σε κάθε μεταβολή των ενεργειακών δεδομένων του πλανήτη.

Όπως εξάλλου προαναφέρθηκε, οι απαιτήσεις των κολυμβητηρίων σε ενέργεια δεν αφορούν αποκλειστικά τη χρήση μορφών ενέργειας για να θερμανθεί το νερό της πισίνας, αλλά ως ένας μεγάλος αθλητικός χώρος απαιτεί θέρμανση σε κάθε άλλο χώρο που επισκέπτονται οι χρήστες. Κοντά σε αυτά, τα κλειστά κολυμβητήρια απαιτούν τη χρήση τεχνητού φωτισμού, αλλά και συστημάτων αερισμού του αέρα έτσι ώστε να επικρατούν στο χώρο οι ιδανικές συνθήκες για άθληση. Είναι, εξάλλου, σαφές πως πολύ διαφορετική είναι η κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των κλειστών και των ανοιχτών κολυμβητηρίων. Η αδυναμία της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού και της ηλιακής θερμότητας αφήνουν ως μοναδική την επιλογή της αξιοποίησης ενεργειακών πόρων ώστε να επιτελεστούν αποτελεσματικά οι λειτουργίες στο περιβάλλον της. Από την άλλη, οι ανοιχτές πισίνες μπορούν να λειτουργήσουν με το ένα τρίτο των ενεργειακών απαιτήσεων που παρουσιάζει μια πισίνα σε κλειστό χώρο.



Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός κλειστού κολυμβητηρίου δεν περιορίζονται, όπως εξάλλου προαναφέρθηκε, στην ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού, αλλά εκτείνονται σε μια σειρά λειτουργιών, όπως η διαρκής λειτουργία των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης του χώρου εκτός της κολυμβητικής δεξαμενής και του συστήματος εξαερισμού, το οποίο λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στο χώρο και κυρίως των αυξημένων επιπέδων υγρασίας χρειάζεται να λειτουργήσει σε πολύ ταχύτερους ρυθμούς.

Τα ποσοστά υγρασίας είναι ιδιαίτερος αυξημένα τόσο στο χώρο περιμετρικά της πισίνας όσο και στους χώρους των αποδυτηρίων και του ντους, γεγονός που καθιστά την ανάγκη για αερισμό του χώρου ακόμη πιο επιτακτική, με τις απαιτήσεις του κτηρίου να ορίζουν ρυθμό αερισμού πολλαπλάσιο από αυτόν που προβλέπεται για οποιοδήποτε άλλο κτήριο. Από την άλλη, παρατηρούνται και απώλειες θερμότητας στο χώρο. Συγκεκριμένα, το νερό της πισίνας εξατμίζεται, γεγονός όμως που εν συγκρίσει με το αντίστοιχο σε πισίνες ανοιχτού χώρου είναι μάλλον αμελητέο. Στο γεγονός αυτό σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η μηδενική ταχύτητα του αέρα πάνω στην επιφάνεια της πισίνας, παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό της εξάτμιση του νερού. Έχει επισημανθεί πως ο διαμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας ενός κλειστού κολυμβητηρίου αναφέρεται κυρίως στον αερισμό του χώρου που βρίσκεται γύρω από την πισίνα (45%) στη θέρμανση της ίδιας της πισίνας (33%), στη λειτουργία του συστήματος ψύξης και θέρμανσης (10%), στο φωτισμό και τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού (9%) και στο ζεστό νερό για τα ντους και τη λειτουργία των βοηθητικών χώρων (3%) (Trianti-Stourna et al, 1997).

Στον αντίποδα, οι ενεργειακές απαιτήσεις της λειτουργίας μιας πισίνας εξωτερικού χώρου είναι μεν ασύγκριτα μικρότερες από τις αντίστοιχες μιας κλειστής πισίνας, χωρίς όμως να μπορεί κανείς να ισχυριστεί πως δεν απαιτούνται επίσης τεράστιες ποσότητες ενέργειας για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία της. Σημαντικό παράγοντα που ενισχύει την κατανάλωση ενέργειας αποτελεί στη συγκεκριμένη περίπτωση η εξάτμιση του νερού, η οποία στις εξωτερικές πισίνες είναι πολύ μεγάλη, λαμβάνοντας χώρα κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες. Επίσης, ενεργοβόρος παραμένει προφανώς η συνολική θέρμανση, ο αερισμός και η λειτουργία των εγκαταστάσεων των εξωτερικών κολυμβητικών δεξαμενών. Δεν μπορεί να παραληφθεί πάντως το σημαντικό πλεονέκτημα που εντοπίζεται στα ανοιχτά κολυμβητήρια, το οποίο αφορά στα πλεονεκτήματα που παρέχει η φυσική θέρμανση της πισίνας μέσω της θερμής ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως σε χώρες με ζεστό κλίμα.

Από την άλλη, η έκθεση της πισίνας στα εξωτερικά φαινόμενα κυρίως κατά της ώρες που παραμένει εκτός λειτουργίας και ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οδηγεί στη συσσώρευση αντικειμένων από το περιβάλλοντα χώρο στο εσωτερικό της πισίνας, γεγονός που καθιστά δυσχερέστερη τη διατήρηση της καθαριότητας της στα επιθυμητά επίπεδα, ενώ μακροπρόθεσμα το κόστος του καθαρισμού σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο αναδεικνύεται σε σημαντική παράμετρο. Παρόλα αυτά έχουν εισαχθεί συγκεκριμένες πρακτικές, ικανές να αμβλύνουν τις αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις εξωτερικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η επιλογή του θερμικού καλύμματος συνεισφέρει μέσω της περιστολής της απώλειας της θερμότητας και της εξάτμισης του νερού στην εξοικονόμηση της ενέργειας, ενώ και άλλοι, περισσότερο συμβατικοί τρόποι αντιμετώπισης, όπως η περίφραξη ή η τοποθέτηση δέντρων περιμετρικά της πισίνας μπορούν να επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Έχει καταστεί σαφές πως οι ενεργειακές απαιτήσεις των κολυμβητηρίων είναι ιδιαίτερα αυξημένες, γεγονός που αφενός καθιστά πρόκληση τη διαχείριση των εξόδων λειτουργίας του αφετέρου θέτει διαρκώς στο επίκεντρο του προβληματισμού των μελετητών τους ενδεχόμενους τρόπους με τους οποίους θα μπορέσει να επιτευχθεί μια βιώσιμη και αποτελεσματική προσέγγιση, ώστε να επικρατούν σε αυτά οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας χωρίς να απαιτείται τόσο μεγάλη οικονομική και ενεργειακή δαπάνη.

Το σπουδαιότερο ζήτημα που καλείται να αντιμετωπίσει ο υπεύθυνος λειτουργίας ενός κολυμβητηρίου περιστρέφεται γύρω από τις ενεργειακές απώλειες που παρατηρούνται - κυρίως στις εξωτερικές- πισίνες λόγω του φαινομένου της εξάτμισης. Το φαινόμενο είναι μεν εντονότερο στα ανοιχτά κολυμβητήρια λόγω της άμεσης επαφής της πισίνας με τον ατμοσφαιρικό αέρα, δεν παύει όμως να αφορά και τα κλειστά κολυμβητήρια. Παρά τον περιορισμό της εξάτμισης μέσω της ελεγχόμενης θερμοκρασίας που επικρατεί στον ευρύτερο χώρο του κολυμβητηρίου, το φαινόμενο αποτελεί σημαντικό παράγοντα απώλειας ενέργειας και για τα κλειστά κολυμβητήρια.

Αρχικά, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην εξάτμιση του νερού είναι η έντονη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της επιφάνειας του νερού με το οποίο έρχεται σε επαφή. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η μεταξύ τους διαφορά τόσο πιο έντονα παρουσιάζεται το φαινόμενο της εξάτμισης και, συνακόλουθα, το μέγεθος της ενεργειακής απώλειας αυξάνεται. Η ιδανικότερες συνθήκες για την εξάτμιση του νερού διαμορφώνονται τους χειμερινούς μήνες κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν και ο ψυχρός, χειμωνιάτικος αέρας έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του νερού που βρίσκεται στις προβλεπόμενες θερμοκρασίες.

Έναν επιπρόσθετο παράγοντα αποτελεί ο εντοπισμός αυξημένων ποσοστών υγρασίας στον ατμοσφαιρικό αέρα, γεγονός που οδηγεί στη μείωση της εξάτμισης, καθώς οι υδρατμοί που περιέχονται στον αέρα είναι αυξημένοι. Επιπροσθέτως, η εξάτμιση επηρεάζεται από την επιφάνεια της πισίνας, με τις μεγάλες πισίνες να αποτελούν τα σημεία στα οποία η εξάτμιση πραγματοποιείται εντονότερα σε σχέση με εκείνες μικρότερου μεγέθους. Τέλος, η έντονη ταχύτητα του αέρα και η επαφή του με την επιφάνεια της πισίνας ενισχύει με τον πλέον καθοριστικό τρόπο την εξάτμιση.

Έναν επιπλέον παράγοντα που οδηγεί σε απώλεια θερμότητας αποτελεί η αγωγή. Το φαινόμενο της αγωγής περιγράφει τη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας και μάζας από το πιο υψηλό σύστημα θερμοκρασίας στο πιο χαμηλό. Αναλόγως, λοιπόν, από την εποχή είτε ο αέρας είτε το νερό μεταφέρουν ενέργεια από το χαμηλό στο υψηλό σύστημα θερμοκρασίας, με την επιφάνεια της κολυμβητικής δεξαμενής και την ταχύτητα του αέρα να αποτελούν τις κρίσιμότερες παραμέτρους για την ενίσχυση ή μη του φαινομένου. Συνοπτικά, η αγωγή δεν αποτελεί μόνο έναν από τους συνηθέστερους τρόπους απώλειας ενέργειας σε μια πισίνα, αλλά μπορεί να λειτουργήσει και ως τρόπος μεταφοράς θερμότητας από τον ατμοσφαιρικό αέρα στο νερό της κολυμβητικής δεξαμενής. Εφόσον η θερμοκρασία κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, οι απώλειες το νερού της πισίνας είναι μεγαλύτερες, με την αντίθετη πορεία να ακολουθείται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν και η θερμοκρασία μεταφέρεται από τον αέρα στην επιφάνεια του νερού της πισίνας.

Ένα ενδιαφέρον φαινόμενο, το οποίο εν πρώτης προκαλεί έκπληξη είναι η συμβολή της ηλικιακής ακτινοβολίας όχι στη μετάδοση θερμότητας στο νερό, αλλά στην απώλεια θερμότητας. Κατά τη διαδικασία αυτή, το υπέρυθρο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάτε και αντανακλάται πίσω προς την επιφάνεια της πισίνας. Μέσω αυτής της ανταλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα προκαλείται απώλεια ενέργειας, η οποία μπορεί να είναι αμελητέα σε σχέση με τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν από τη θερμότητα αποτελεί πάντως αδιαμφισβήτητο έναν από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε ενεργειακή απώλεια.

Η εξασφάλιση της καθαρότητας του νερού αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε, όχι μόνο καλή πρακτική αλλά και υποχρέωση του υπεύθυνου λειτουργίας του κολυμβητηρίου. Οι δύο επιλογές που υπάρχουν σε σχέση με την ανανέωση του νερού είναι η χρήση του τοπικού δικτύου και η αξιοποίηση του συστήματος φιλτραρίσματος και ανακυκλοφορίας. Εκτός από τη διασφάλιση της καθαρότητας και της υγιεινής του νερού, σημαντικό όφελος μπορεί να προκύψει μέσω της ανανέωσης του νερού και σε σχέση με την απαραίτητη αναπλήρωση του όγκου του νερού που χάθηκε είτε μέσω της εξάτμισης είτε λόγω των κινήσεων των

κολυμβητών που έχουν ως αποτέλεσμα μια μικρή ποσότητα νερού να καταλήξει εκτός της κολυμβητικής δεξαμενής.

Από τη στιγμή που η πλειονότητα των κολυμβητηρίων αξιοποιεί για τις ανάγκες αναπλήρωσης του νερού της πισίνας το τοπικό δίκτυο ύδρευσης, η θερμοκρασία του οποίου δεν ξεπερνά τους 18°C, προκύπτει λογικά πως με την είσοδο της νέας ποσότητας νερού στην πισίνα, η συνολική θερμοκρασία του νερού θα μειωθεί. Ακολουθεί η διαδικασία ομογενοποίησης τόσο του νερού όσο και της θερμοκρασίας του, με το φρέσκο και πιο ψυχρό νερό που έχει εισαχθεί να απορροφάει τη θερμότητα από το νερό που, βρισκόμενο στην πισίνα, είχε θερμανθεί. Τόσο η πρόβλεψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού αναπλήρωσης όσο και η θέρμανση του νερού κατά τη διάρκεια της εισαγωγής του στην πισίνα είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν με τη χρήση του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΑΙ ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΑ**

### **2.1.Ενεργειακή Κατανάλωση στις Κολυμβητικές Δεξαμενές**

Η αποτύπωση των βασικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν οι κολυμβητικές δεξαμενές, αλλά και οι προϋποθέσεις που θέτει η πολιτεία έτσι ώστε να προστατεύεται ο λουόμενος και να εξασφαλίζεται το βέλτιστο επίπεδο λειτουργίας τους συνεισφέρουν στο σχηματισμό μιας πληρέστερης εικόνας αναφορικά με τις απαιτήσεις που μπορεί να έχει ένα κολυμβητήριο σε ενεργειακό επίπεδο. Είναι γεγονός πως οι κολυμβητικές δεξαμενές χαρακτηρίζονται από το μεγάλο όγκο ενέργειας που απαιτείται ώστε να καταστεί εφικτή η ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία τους. Αυτή η ενεργοβόρος λειτουργία αποτελεί το αποτέλεσμα μιας σειράς ταυτόχρονων και εξίσου δαπανηρών ενεργειακά χαρακτηριστικών και λειτουργιών. Από τη μια, η ανάγκη να θερμανθεί ένας πολύ μεγάλος όγκος νερού και να εφαρμοστούν όλες οι πρακτικές που θα εξασφαλίσουν την ποιότητά του και από την άλλη η απαιτήσεις των χώρων του κολυμβητηρίου εκτός της πισίνας (αποδυτήρια, χώροι αναμονής, κ.ά.) αποτελούν τα μέρη μιας εξίσωσης, η λύση της οποίας δυσκολεύει ακόμη και τους πιο καταρτισμένους επιστήμονες. Σχεδόν από τα μισά του 19ου αιώνα, το ζήτημα της θέρμανσης του νερού στις πρώτες κολυμβητικές δεξαμενές τέθηκε στο επίκεντρο του προβληματισμού αρκετών μελετητών, οι οποίοι αναζητούσαν τη βέλτιστη λύση για τη θέρμανση του νερού της πισίνας. Η αύξηση του ενδιαφέροντος σχετικά με το άθλημα της κολύμβησης που ακολούθησε τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 1896 από κοινού με την

διαρκώς αυξανόμενη τεχνολογική ανάπτυξη οδήγησε στην κατασκευή και τη λειτουργία θερμαινόμενων κολυμβητικών δεξαμενών.

Γεγονός αποτελεί πως οι κολυμβητικές δεξαμενές παρά τα πολλά επιμέρους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους που επιτείνουν τις δυσχέρειες στη λειτουργία τους είναι, αναντίρρητα, εξαιρετικά ενεργοβόρες. Έχει επισημανθεί πως οι ενεργειακές ανάγκες των κολυμβητηρίων σε σχέση με κτήρια ίσης επιφάνειας, ακόμη και αν αυτά είναι αθλητικοί χώροι, είναι υπερπολλαπλάσιες. Συγκεκριμένα, η συνηθισμένη κατανάλωση που παρατηρείται σε αθλητικές εγκαταστάσεις κυμαίνεται μεταξύ των 290 και των 410 KWh/m<sup>2</sup>, με τις υψηλές καταναλώσεις να υπερβαίνουν τις 410 KWh/m<sup>2</sup> και τις χαμηλές να κυμαίνονται σε ποσά κάτω των 290 KWh/m<sup>2</sup>. Οι αντίστοιχες τιμές των κολυμβητηρίων αποτυπώνουν τις έντονες ενεργειακές τους απαιτήσεις.

Αναλυτικά, η συνήθης κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ των 510 και των 745 KWh/m<sup>2</sup>, με την υψηλή να υπερβαίνει τις 745 KWh/m<sup>2</sup> και τη χαμηλή να είναι από τις 510 KWh/m<sup>2</sup> και κάτω. Παρατηρείται, λοιπόν, πως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας ενός κολυμβητηρίου είναι πολλαπλάσια της συνήθους κατανάλωσης μιας αθλητικής εγκατάστασης. Υπό το πρίσμα αυτό, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα προσέγγισης μεθόδων και πρακτικών που θα μπορέσουν να συμβάλλουν στην οικονομικότερη ενεργειακή κατανάλωση των κολυμβητηρίων, καθώς κάτι τέτοιο όχι μόνο θα καθιστούσε τη λειτουργία τους περισσότερο ποιοτική, αλλά θα μείωνε την ευαλωτότητά τους απέναντι σε κάθε μεταβολή των ενεργειακών δεδομένων του πλανήτη.

Όπως εξάλλου προαναφέρθηκε, οι απαιτήσεις των κολυμβητηρίων σε ενέργεια δεν αφορούν αποκλειστικά τη χρήση μορφών ενέργειας για να θερμανθεί το νερό της πισίνας, αλλά ως ένας μεγάλος αθλητικός χώρος απαιτεί θέρμανση σε κάθε άλλο χώρο που επισκέπτονται οι χρήστες. Κοντά σε αυτά, τα κλειστά κολυμβητήρια απαιτούν τη χρήση τεχνητού φωτισμού, αλλά και συστημάτων αερισμού του αέρα έτσι ώστε να επικρατούν στο χώρο οι ιδανικές συνθήκες για άθληση. Είναι, εξάλλου, σαφές πως πολύ διαφορετική είναι η κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των κλειστών και των ανοιχτών κολυμβητηρίων. Η αδυναμία της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού και της ηλιακής θερμότητας αφήνουν ως μοναδική την επιλογή της αξιοποίησης ενεργειακών πόρων ώστε να επιτελεστούν αποτελεσματικά οι λειτουργίες στο περιβάλλον της. Από την άλλη, οι ανοιχτές πισίνες μπορούν να λειτουργήσουν με το ένα τρίτο των ενεργειακών απαιτήσεων που παρουσιάζει μια πισίνα σε κλειστό χώρο.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός κλειστού κολυμβητηρίου δεν περιορίζονται, όπως εξάλλου προαναφέρθηκε, στην ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού, αλλά εκτείνονται

σε μια σειρά λειτουργιών, όπως η διαρκής λειτουργία των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης του χώρου εκτός της κολυμβητικής δεξαμενής και του συστήματος εξαερισμού, το οποίο λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στο χώρο και κυρίως των αυξημένων επιπέδων υγρασίας χρειάζεται να λειτουργήσει σε πολύ ταχύτερους ρυθμούς.

Τα ποσοστά υγρασίας είναι ιδιαίτερος αυξημένα τόσο στο χώρο περιμετρικά της πισίνας όσο και στους χώρους των αποδυτηρίων και του ντους, γεγονός που καθιστά την ανάγκη για αερισμό του χώρου ακόμη πιο επιτακτική, με τις απαιτήσεις του κτηρίου να ορίζουν ρυθμό αερισμού πολλαπλάσιο από αυτόν που προβλέπεται για οποιοδήποτε άλλο κτήριο. Από την άλλη, παρατηρούνται και απώλειες θερμότητας στο χώρο. Συγκεκριμένα, το νερό της πισίνας εξατμίζεται, γεγονός όμως που εν συγκρίσει με το αντίστοιχο σε πισίνες ανοιχτού χώρου είναι μάλλον αμελητέο. Στο γεγονός αυτό σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η μηδενική ταχύτητα του αέρα πάνω στην επιφάνεια της πισίνας, παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό της εξάτμιση του νερού. Έχει επισημανθεί πως ο διαμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας ενός κλειστού κολυμβητηρίου αναφέρεται κυρίως στον αερισμό του χώρου που βρίσκεται γύρω από την πισίνα (45%) στη θέρμανση της ίδιας της πισίνας (33%), στη λειτουργία του συστήματος ψύξης και θέρμανσης (10%), στο φωτισμό και τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού (9%) και στο ζεστό νερό για τα ντους και τη λειτουργία των βοηθητικών χώρων (3%) (Trianti-Stourna et al, 1997).

Στον αντίποδα, οι ενεργειακές απαιτήσεις της λειτουργίας μιας πισίνας εξωτερικού χώρου είναι μεν ασύγκριτα μικρότερες από τις αντίστοιχες μιας κλειστής πισίνας, χωρίς όμως να μπορεί κανείς να ισχυριστεί πως δεν απαιτούνται επίσης τεράστιες ποσότητες ενέργειας για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία της. Σημαντικό παράγοντα που ενισχύει την κατανάλωση ενέργειας αποτελεί στη συγκεκριμένη περίπτωση η εξάτμιση του νερού, η οποία στις εξωτερικές πισίνες είναι πολύ μεγάλη, λαμβάνοντας χώρα κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες. Επίσης, ενεργοβόρος παραμένει προφανώς η συνολική θέρμανση, ο αερισμός και η λειτουργία των εγκαταστάσεων των εξωτερικών κολυμβητικών δεξαμενών. Δεν μπορεί να παραληφθεί πάντως το σημαντικό πλεονέκτημα που εντοπίζεται στα ανοιχτά κολυμβητήρια, το οποίο αφορά στα πλεονεκτήματα που παρέχει η φυσική θέρμανση της πισίνας μέσω της θερμής ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως σε χώρες με ζεστό κλίμα.

Από την άλλη, η έκθεση της πισίνας στα εξωτερικά φαινόμενα κυρίως κατά της ώρες που παραμένει εκτός λειτουργίας και ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οδηγεί στη συσσώρευση αντικειμένων από το περιβάλλοντα χώρο στο εσωτερικό της πισίνας, γεγονός που καθιστά δυσχερέστερη τη διατήρηση της καθαριότητάς της στα επιθυμητά επίπεδα, ενώ μακροπρόθεσμα το κόστος του καθαρισμού σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο αναδεικνύεται σε σημαντική παράμετρο. Παρόλα αυτά έχουν εισαχθεί συγκεκριμένες

πρακτικές, ικανές να αμβλύνουν τις αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις εξωτερικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η επιλογή του θερμικού καλύμματος συνεισφέρει μέσω της περιστολής της απώλειας της θερμότητας και της εξάτμισης του νερού στην εξοικονόμηση της ενέργειας, ενώ και άλλοι, περισσότερο συμβατικοί τρόποι αντιμετώπισης, όπως η περίφραξη ή η τοποθέτηση δέντρων περιμετρικά της πισίνας μπορούν να επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Έχει καταστεί σαφές πως οι ενεργειακές απαιτήσεις των κολυμβητηρίων είναι ιδιαίτερες αυξημένες, γεγονός που αφενός καθιστά πρόκληση τη διαχείριση των εξόδων λειτουργίας του αφετέρου θέτει διαρκώς στο επίκεντρο του προβληματισμού των μελετητών τους ενδεχόμενους τρόπους με τους οποίους θα μπορέσει να επιτευχθεί μια βιώσιμη και αποτελεσματική προσέγγιση, ώστε να επικρατούν σε αυτά οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας χωρίς να απαιτείται τόσο μεγάλη οικονομική και ενεργειακή δαπάνη.

## **2.2.Βασικές αιτίες της ενεργειακής απώλειας στις πισίνες**

Το σπουδαιότερο ζήτημα που καλείται να αντιμετωπίσει ο υπεύθυνος λειτουργίας ενός κολυμβητηρίου περιστρέφεται γύρω από τις ενεργειακές απώλειες που παρατηρούνται - κυρίως στις εξωτερικές- πισίνες λόγω του φαινομένου της εξάτμισης. Το φαινόμενο είναι μεν εντονότερο στα ανοιχτά κολυμβητήρια λόγω της άμεσης επαφής της πισίνας με τον ατμοσφαιρικό αέρα, δεν παύει όμως να αφορά και τα κλειστά κολυμβητήρια. Παρά τον περιορισμό της εξάτμισης μέσω της ελεγχόμενης θερμοκρασίας που επικρατεί στον ευρύτερο χώρο του κολυμβητηρίου, το φαινόμενο αποτελεί σημαντικό παράγοντα απώλειας ενέργειας και για τα κλειστά κολυμβητήρια.

Αρχικά, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην εξάτμιση του νερού είναι η έντονη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της επιφάνειας του νερού με το οποίο έρχεται σε επαφή. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η μεταξύ τους διαφορά τόσο πιο έντονα παρουσιάζεται το φαινόμενο της εξάτμισης και, συνακόλουθα, το μέγεθος της ενεργειακής απώλειας αυξάνεται. Η ιδανικότερες συνθήκες για την εξάτμιση του νερού διαμορφώνονται τους χειμερινούς μήνες κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν και ο ψυχρός, χειμωνιάτικος αέρας έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του νερού που βρίσκεται στις προβλεπόμενες θερμοκρασίες.

Έναν επιπρόσθετο παράγοντα αποτελεί ο εντοπισμός αυξημένων ποσοστών υγρασίας στον ατμοσφαιρικό αέρα, γεγονός που οδηγεί στη μείωση της εξάτμισης, καθώς οι υδρατμοί που περιέχονται στον αέρα είναι αυξημένοι. Επιπροσθέτως, η εξάτμιση επηρεάζεται από

την επιφάνεια της πισίνας, με τις μεγάλες πισίνες να αποτελούν τα σημεία στα οποία η εξάτμιση πραγματοποιείται εντονότερα σε σχέση με εκείνες μικρότερου μεγέθους. Τέλος, η έντονη ταχύτητα του αέρα και η επαφή του με την επιφάνεια της πισίνας ενισχύει με τον πλέον καθοριστικό τρόπο την εξάτμιση.

Έναν επιπλέον παράγοντα που οδηγεί σε απώλεια θερμότητας αποτελεί η αγωγή. Το φαινόμενο της αγωγής περιγράφει τη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας και μάζας από το πιο υψηλό σύστημα θερμοκρασίας στο πιο χαμηλό. Αναλόγως, λοιπόν, από την εποχή είτε ο αέρας είτε το νερό μεταφέρουν ενέργεια από το χαμηλό στο υψηλό σύστημα θερμοκρασίας, με την επιφάνεια της κολυμβητικής δεξαμενής και την ταχύτητα του αέρα να αποτελούν τις κρίσιμότερες παραμέτρους για την ενίσχυση ή μη του φαινομένου. Συνοπτικά, η αγωγή δεν αποτελεί μόνο έναν από τους συνηθέστερους τρόπους απώλειας ενέργειας σε μια πισίνα, αλλά μπορεί να λειτουργήσει και ως τρόπος μεταφοράς θερμότητας από τον ατμοσφαιρικό αέρα στο νερό της κολυμβητικής δεξαμενής. Εφόσον η θερμοκρασία κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, οι απώλειες το νερού της πισίνας είναι μεγαλύτερες, με την αντίθετη πορεία να ακολουθείται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν και η θερμοκρασία μεταφέρεται από τον αέρα στην επιφάνεια του νερού της πισίνας.

Ένα ενδιαφέρον φαινόμενο, το οποίο εν πρώτης προκαλεί έκπληξη είναι η συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας όχι στη μετάδοση θερμότητας στο νερό, αλλά στην απώλεια θερμότητας. Κατά τη διαδικασία αυτή, το υπέρυθρο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάτε και αντανακλάται πίσω προς την επιφάνεια της πισίνας. Μέσω αυτής της ανταλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα προκαλείται απώλεια ενέργειας, η οποία μπορεί να είναι αμελητέα σε σχέση με τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν από τη θερμότητα αποτελεί πάντως αδιαμφισβήτητο έναν από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε ενεργειακή απώλεια.

Η εξασφάλιση της καθαρότητας του νερού αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε, όχι μόνο καλή πρακτική αλλά και υποχρέωση του υπεύθυνου λειτουργίας του κολυμβητηρίου. Οι δύο επιλογές που υπάρχουν σε σχέση με την ανανέωση του νερού είναι η χρήση του τοπικού δικτύου και η αξιοποίηση του συστήματος φιλτραρίσματος και ανακυκλοφορίας. Εκτός από τη διασφάλιση της καθαρότητας και της υγιεινής του νερού, σημαντικό όφελος μπορεί να προκύψει μέσω της ανανέωσης του νερού και σε σχέση με την απαραίτητη αναπλήρωση του όγκου του νερού που χάθηκε είτε μέσω της εξάτμισης είτε λόγω των κινήσεων των κολυμβητών που έχουν ως αποτέλεσμα μια μικρή ποσότητα νερού να καταλήξει εκτός της κολυμβητικής δεξαμενής.



Από τη στιγμή που η πλειονότητα των κολυμβητηρίων αξιοποιεί για τις ανάγκες αναπλήρωσης του νερού της πισίνας το τοπικό δίκτυο ύδρευσης, η θερμοκρασία του οποίου δεν ξεπερνά τους 18°C, προκύπτει λογικά πως με την είσοδο της νέας ποσότητας νερού στην πισίνα, η συνολική θερμοκρασία του νερού θα μειωθεί. Ακολουθεί η διαδικασία ομογενοποίησης τόσο του νερού όσο και της θερμοκρασίας του, με το φρέσκο και πιο ψυχρό νερό που έχει εισαχθεί να απορροφά τη θερμότητα από το νερό που, βρισκόμενο στην πισίνα, είχε ήδη θερμανθεί. Τόσο η πρόβλεψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού αναπλήρωσης όσο και η θέρμανση του νερού κατά τη διάρκεια της εισαγωγής του στην πισίνα είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν με τη χρήση του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού.

Η απώλεια θερμότητας εξαιτίας της αγωγιμότητας των τοιχωμάτων της πισίνας με το έδαφος στο οποίο έχει κατασκευαστεί αποτελεί έναν επιπρόσθετο παράγοντα που συνδέεται, πάντως, σχεδόν αποκλειστικά με τις πισίνες εσωτερικού χώρου. Εντούτοις, ακόμη σε αυτές τις περιπτώσεις, οι τιμές των απωλειών θερμότητας δεν φτάνουν σε υπολογίσιμα μεγέθη, ενώ οι αντίστοιχες τιμές στις εξωτερικές κολυμβητικές δεξαμενές μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες και συχνά δεν συνυπολογίζονται στη διαδικασία προσέγγισης των παραμέτρων που συμβάλλουν στη θερμική απώλεια.

### **2.3.Θερμικά κέρδη και ενεργειακό ισοζύγιο**

Σε αντίθεση προς τους παράγοντες που επιφέρουν ενεργειακή απώλεια κατά τη λειτουργία ενός κολυμβητηρίου, τα θερμικά οφέλη διαδραματίζουν αντισταθμιστικό ρόλο, έτσι ώστε να καταστεί εφικτή η διαμόρφωση ενός ενεργειακού ισοζυγίου, το οποίο θα επιτρέψει την ενεργειακή λειτουργία του κολυμβητηρίου βιώσιμη από οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης. Υπό το πρίσμα αυτό, στο επίκεντρο της ενεργειακής προσέγγισης της λειτουργίας του κολυμβητηρίου τίθενται τόσο οι απώλειες όσο και τα κέρδη που αφορούν στο νερό της πισίνας, προσέγγιση η οποία θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από την ενδεδειγμένη και μεμονωμένη εξέταση του ενεργειακού ισοζυγίου της κάθε πισίνας του εκάστοτε κολυμβητηρίου ξεχωριστά, ανεξαρτήτως του αριθμού τους ή του κοινού μηχανολογικού εξοπλισμού υποστήριξης. Ως βασικός στόχος αναδύεται η εξισορρόπηση του ενεργειακού ισοζυγίου του κολυμβητηρίου ώστε να επιτυγχάνεται ο περιορισμός των παραμέτρων που οδηγούν σε ενεργειακό έλλειμμα, ενώ ταυτοχρόνως επιτυγχάνεται η βέλτιστη αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων.

Είναι προφανές πως η παρουσία και η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να παράσχει ενεργειακά οφέλη στη λειτουργία μιας πισίνας, ειδικά όταν αντικείμενο αναφοράς

είναι μια πισίνα εξωτερικού χώρου, σε περιοχές του πλανήτη όπου το κλίμα είναι γενικά εύκρατο. Στα ανοιχτά κολυμβητήρια, ο μηχανισμός που επιφέρει τελικά τη φυσική θέρμανση του νερού χαρακτηρίζεται από σχετική πολυπλοκότητα, καθώς έχει επισημανθεί πως είναι δύο οι μηχανισμοί που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του νερού. Ο πρώτος εξ αυτών αναφέρεται στην άμεση και απευθείας απορρόφηση της ακτινοβολίας από το νερό, ενώ ο δεύτερος αναφέρεται στον τρόπο απορρόφησης της από τον πυθμένα και τα τοιχώματα της πισίνας. Έχει παρατηρηθεί πως το νερό παρουσιάζει μια ιδιάζουσα συμπεριφορά στη διαδικασία της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς απορροφά για ένα πολύ μικρό διάστημα την υπέρυθη ακτινοβολία, ενώ αντιθέτως, το περιθώριο απορρόφησης του τμήματος της ακτινοβολίας που είναι ορατό εκτείνεται σε μια απόσταση αρκετών μέτρων.

Δεδομένου του περιορισμένου βάθους της εκάστοτε πισίνας, το οποίο συνήθως δεν ξεπερνά τα 2,5 μέτρα, παρατηρείται η πρόσπτωση του υπόλοιπου ροής της ακτινοβολίας τόσο στα τοιχώματα της πισίνας όσο και στον πυθμένα της. Επίσης δεδομένο είναι πως η αντανάκλαση της ακτινοβολίας από τα δύο αυτά μέρη της πισίνας, μπορεί να θεωρηθεί ιδανικά διαχυτή και να υπολογιστεί βάσει του νόμου του Lambert. Κατά τη διάρκεια της επιστροφής της ακτινοβολίας προς την επιφάνεια του νερού πραγματώνεται η απορρόφηση της ακτινοβολίας από το νερό, ενώ οι περιπτώσεις διαφυγής της χωρίς αυτή να απορροφηθεί αφορούν μόνο τις γωνίες πρόσπτωσης που είναι μικρότερες από τις  $48,7^\circ$ , ενώ όταν η γωνία πρόσπτωσης ξεπερνά τις  $49^\circ$  παρατηρείται η πλήρης επιστροφή της ακτινοβολίας που αντανάκλαται στον πυθμένα και τα τοιχώματα της πισίνας και η συνακόλουθη απορρόφησης της. Με την αξιοποίηση συγκεκριμένων εξισώσεων, οι οποίες θα παρουσιαστούν στη συνέχεια, καθίσταται εφικτός ο υπολογισμός τόσο της ποσότητας της ενέργειας που απορροφάτε όσο και της βέλτιστης γωνίας πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Αναφορικά με τις εσωτερικές πισίνες η μελέτη και ο υπολογισμός της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας περιλαμβάνει τις λεπτομέρειες που αφορούν στην πρόσπτωση της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια της οροφής του κολυμβητηρίου, με παράγοντες όπως οι συντελεστές απορρόφησης, εκπομπής και θερμικής αγωγιμότητας να διαδραματίζουν από κοινού με το πάχος του εκάστοτε υλικού σημαντικό ρόλο στη διαδικασία υπολογισμού.

Καθοριστικός είναι ο ρόλος που διαδραματίζει η επιλογή και η λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού του κολυμβητηρίου, η οποία θα πρέπει να αποτελέσει το προϊόν επισταμένης μηχανολογικής μελέτης, στην οποία θα συνυπολογίζονται τόσο τα χαρακτηριστικά που αφορούν το κατασκευαστικό και τεχνικό σκέλος όσο και οι λοιπές παράμετροι που θα χαρακτηρίζουν τη λειτουργία της, ανάμεσα στα οποία

συμπεριλαμβάνονται οι ώρες που προβλέπεται να λειτουργεί, ο όγκος των λουόμενων που θα φιλοξενεί σε ημερήσια βάση και τα ιδιαίτερα στοιχεία που προκύπτουν από την περιοχή της εγκατάστασης και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά που τη διακρίνουν.

Η ισχύς και οι επιπρόσθετες δυνατότητες του μηχανολογικού εξοπλισμού που θα εγκατασταθεί εν τέλει στο κολυμβητήριο καθορίζονται από το αποτέλεσμα της μηχανολογικής μελέτης, η οποία θα πρέπει να συμβαδίζει με τις σχετικές οδηγίες που εκπορεύονται τόσο από την εθνική νομοθεσία όσο και από τα διεθνή πρότυπα λειτουργίας που εκδίδει η FINA. Σε κάθε περίπτωση από τον εξοπλισμό δεν παραλείπεται ο λέβητας, η δεξαμενή στην οποία αποθηκεύεται το καύσιμο λειτουργίας του λέβητα, ο εναλλάκτης θερμότητας, τα συστήματα φίλτρανσης και ανακυκλοφορίας, όπως επίσης και οι χλωριωτές και οι δοσομετρικές αντλίες που ελέγχουν την εισροή χλωρίου στο νερό της πισίνας.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις των κολυμβητηρίων είναι πολύ μεγάλες και η κάλυψή τους μέσω συστημάτων θέρμανσης που αξιοποιούν παραδοσιακές μορφές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, προϋποθέτουν τη συνεχή λειτουργία του συστήματος επί 8 ή 10 ώρες, εφόσον αντικείμενο αναφοράς είναι μια πισίνα μεγάλου μεγέθους που φιλοξενεί σε καθημερινή βάση προπονήσεις αθλητών ή λοιπές δραστηριότητες επί 16 ώρες ημερησίως. Ακόμη κι αν η χρήση του λέβητα πετρελαίου έχει περιοριστεί τα τελευταία χρόνια, καθώς προκρίνονται επιλογές όπως το φυσικό αέριο και το υγραέριο που επί του παρόντος είναι οικονομικότερο, η απουσία μέσων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες) απαιτεί τεράστιες ποσότητες καυσίμου έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης του κολυμβητηρίου και να καταστεί η λειτουργία του ασφαλής και ευχάριστη.

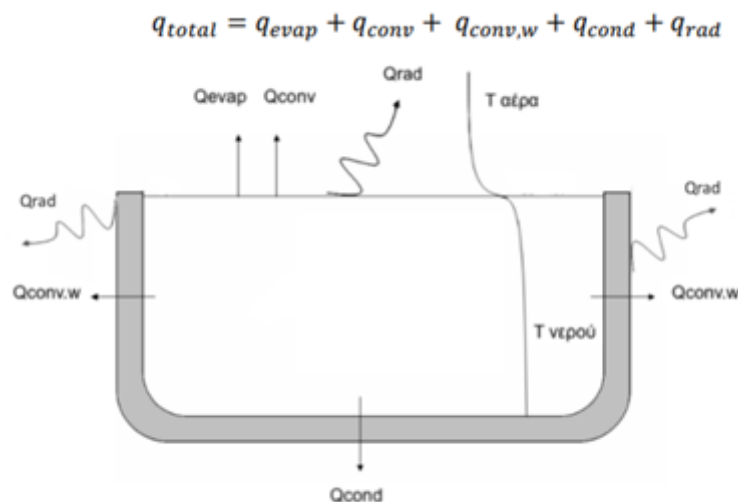
#### **2.4.Εξισώσεις Υπολογισμού των Ενεργειακών Απαιτήσεων της Πισίνας**

Στη σύγχρονη εποχή, η εξέταση της κατασκευής της πισίνας από την ενεργειακή σκοπιά μπορεί να καταστεί εφικτή και μάλιστα να διακρίνεται από την ακρίβεια και την ταχύτητα του υπολογισμού μέσω της αξιοποίησης των σύγχρονων προγραμμάτων προσομοίωσης και των αντίστοιχων υπολογιστικών προγραμμάτων. Στα συγκεκριμένα προγράμματα, τα οποία στηρίζονται σε εξισώσεις, στηρίζεται τα τελευταία χρόνια τόσο η πρόβλεψη των ενεργειακών απαιτήσεων των πισινών όσο και κατ' επέκταση η αποτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται, έτσι ώστε να σχεδιαστεί και να εγκατασταθεί ο ενδεδειγμένος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, μηχανολογικός εξοπλισμός. Σημαντικό σταθμό στην εξελικτική πορεία της επίτευξης της ενεργειακής εξοικονόμησης στα κολυμβητήρια αποτέλεσε η εφαρμογή προγραμμάτων πρόβλεψης μέσω των

βιβλιογραφικών εξισώσεων. Το ουσιώδες ζήτημα της απώλειας της ενέργειας λόγω της εξάτμισης προσεγγίστηκε για πρώτη φορά από τον Carrier (1918), ενώ στη συνέχεια ήταν ο Rohwer (1931) αυτός που παρουσίασε τις εξισώσεις υπολογισμού.

Η πληθώρα των εξισώσεων που δημοσιεύτηκαν κατά καιρούς πυροδότησε την αξιολογική προσέγγισή τους από σημαντικούς επιστήμονες, οι οποίοι αναζητούσαν την σταχυολόγηση όσων εξ αυτών μπορούσαν να παρουσιάσουν τα ακριβέστερα αποτελέσματα σε σχέση με τα δεδομένα που είχαν συγκεντρώσει. Η πλειονότητα των δεδομένων που αντλούνταν αναφέρονταν στην παρατηρούμενη θερμοκρασία που αναπτυσσόταν εντός της κολυμβητικής δεξαμενής, στα στοιχεία που αφορούσαν την ταχύτητα του ανέμου, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος εφόσον αντικείμενο της εξέτασης αποτελούσαν οι ανοιχτές πισίνες, στην υγρασία και στη θερμοκρασία του χώρου στις περιπτώσεις που το αντικείμενο της μελέτης είναι κλειστή πισίνα. Έτσι καταλήγουμε σε ένα τελικό ισοζύγιο το οποίο συμπεριλαμβάνει τις απώλειες θερμότητας λόγω εξάτμισης, τις απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας, τις απώλειες θερμότητας λόγω συναγωγής, τις απώλειες θερμότητας λόγω αναπλήρωσης του εξατμιζόμενου νερού, τις απώλειες αγωγής από το έδαφος και τα τοιχώματα και τέλος τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση ή έμμεση)

$$Q_{total} = Q_{evap} + Q_{conv} + Q_{cond} + Q_{rad}$$



Όπως όλοι γνωρίζουμε το μεγαλύτερο πόσο θερμότητας που χάνεται σε μια κολυμβητική δεξαμενή είναι λόγω τις εξάτμισης οι οποία επηρεάζετε από το μέγεθος τις δεξαμενής δηλαδή τα τετραγωνικά επιφανείας από την θερμοκρασία του νερού καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες είναι η θερμοκρασία και ο άνεμος και υγρασία.

$$q_{\text{evap}} = (0.0653 + 0.0689 V_{0.3}) \times (p_{s,w} - p_{s,\text{air}}) \times A_{\text{π}}$$

Στην οποία, όπου:

$Q_{\text{evap}}$ , ρυθμός ροής ενέργειας που χάνεται λόγω εξάτμισης (W)

$A_{\text{π}}$ , επιφάνεια της πισίνας ( $\text{m}^2$ )

$P_{v,\text{sat}}$ , πίεση ατμών στην επιφάνεια της πισίνας (Pa)

$P_{v,\text{amb}}$ , πίεση ατμών στο περιβάλλον (Pa) και

$V_{0.3}$ , Ταχύτητα αέρα

Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την απώλεια θερμότητας μιας κολυμβητικής δεξαμενής είναι οι απώλειες οι οποίες οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας μεταξύ του νερού της πισίνας και του αέρα μέσω της συναγωγής. Φυσικά και σε αυτή την περίπτωση οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η θερμοκρασία του νερού η θερμοκρασία περιβάλλοντος ο άνεμος και το μέγεθος της επιφάνειας.

$$q_{\text{conv}} = (3.1 + 4.1 V_{0.3}) \times (T_{\text{νερού}} - T_{\text{αέρα}}) \times A_{\text{π}}$$

Όπου:

$q_{\text{conv}}$ , ο ρυθμός ροής ενέργειας που χάνεται μέσω συναγωγής (W)

$h_c$ , συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μέσω αγωγής

$A_{\text{π}}$ , η επιφάνεια της πισίνας ( $\text{m}^2$ )

$T_{\text{νερού}}$ , η θερμοκρασία του νερού της πισίνας ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{\text{αέρα}}$ , η θερμοκρασία του αέρα στο περιβάλλον ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Έχει επισημανθεί πως ο ρυθμός ροής της ενέργειας που χάνεται μέσω της ακτινοβολίας αποτελεί το αποτέλεσμα της επίδρασης που ασκεί η «θερμοκρασία του ουρανού», η οποία μπορεί να υπολογιστεί με τη μορφή εξίσωσης της θερμοκρασίας, της υγρασίας του περιβάλλοντος, της πίεσης του αέρα και της νεφοκάλυψης που παρατηρείται στην εκάστοτε

εξεταζόμενη περιοχή. Για να υπολογιστούν οι απώλειες μέσω της ακτινοβολίας χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση:

$$q_{\text{rad}} = \epsilon_w \sigma (T_{\text{νερού}}^4 - T_{\text{sky}}^4) \times A_{\text{π}}$$

Όπου,

$Q_{\text{rad}}$ , ο ρυθμός ροής ενέργειας που χάνεται μέσω ακτινοβολίας (W)

$A_{\text{π}}$ , η επιφάνεια της πισίνας ( $\text{m}^2$ )

$\epsilon_w$ , η εκπομπή μεγάλου μήκους κύματος του νερού (=0,95)

$\sigma$ , η σταθερά Stefan – Boltzmann ( $5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ J}/(\text{s m}^2 \text{ K}^4)$ )

$T_{\text{νερού}}$ , θερμοκρασία νερού πισίνας (K)

$T_{\text{sky}}$ , θερμοκρασία ουρανού (K)

Οι απώλειες της θερμότητας που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αγωγιμότητας της κολυμβητικής δεξαμενής με το έδαφος στο οποίο έχει κτιστεί αναφέρονται κυρίως στις πισίνες εσωτερικού χώρου. Οι αντίστοιχες τιμές αναφορικά με τις εξωτερικές πισίνες καθιστούν τον συνυπολογισμό της αγωγιμότητας με το έδαφος ανάμεσα στις παραμέτρους απώλειας της θερμότητας περιττό, λόγω του αμελητέου ποσοστού απωλειών. Προκειμένου, πάντως, για τον υπολογισμό των απωλειών σε πισίνες εσωτερικού χώρου μπορεί να επιστρατευτεί η εξίσωση που ακολουθεί:

$$Q_{\text{cond}} = q_{\text{cond}} A_g$$

1

Όπου ,

$Q_{\text{cond}}$ , ο ρυθμός ροής της ενέργειας που χάνεται εξαιτίας της αγωγής με το έδαφος (W)

$q_{\text{cond}}$ , πυκνότητα ροής θερμότητας λόγω αγωγής ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$A_g$ , η συνολική επιφάνεια του εδάφους που εφάπτεται με τα τοιχώματα της πισίνας ( $\text{m}^2$ )

Τα οφέλη από τη διαδικασία της ανανέωσης του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής είναι αδιαμφισβήτητα και, όπως προαναφέρθηκε, κεντρικό ρόλο στην απώλεια της ενέργειας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής διαδραματίζει η θερμοκρασία της εισαγωγής του φρέσκου νερού και η απόκλιση στις τιμές μεταξύ της θερμοκρασίας του και της θερμοκρασίας που έχει το νερό της πισίνας. Μέσω της σχέσης που ακολουθεί καθίσταται εφικτός ο υπολογισμός της απώλειας της ενέργειας που παρατηρείται από την ισοστάθμιση των δύο θερμοκρασιών. Συγκεκριμένα:

$$Q_w = m_w c_w (T_p - T_w)$$

2

Όπου,

$Q_w$ , ο ρυθμός ροής της ενέργειας που χάνεται από την εισαγωγή φρέσκου νερού (W)

$m_w$ , ο ρυθμός ροής της μάζας νερού (kg/s)

$C_w$ , η ειδική θερμότητα του νερού (kJ/kg·K)

$T_p$ , η θερμοκρασία του νερού της πισίνας (K)

$T_w$ , θερμοκρασία φρέσκου νερού (K)

Μέσω της εξίσωσης που ακολουθεί στη συνέχεια καθίσταται εφικτός ο υπολογισμός της συνολικής ροής της ενέργειας, η οποία δεσμεύεται από την ηλιακή θερμοκρασία και συμβάλλει στη θέρμανση του νερού της πισίνας με φυσικό τρόπο:

$$Q_{sol} = aGA_s$$

3

Όπου,

$Q_{sol}$ , ο ρυθμός ροής της ενέργειας μέσω ακτινοβολίας (W)

$A_p$ , η επιφάνεια της πισίνας (m<sup>2</sup>)

$a$ , συντελεστής, η τιμή του οποίου καθορίζεται από ISO TC 180

$a = 0,85$

$G$ , παγκόσμια ακτινοβολία (W/m<sup>2</sup>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ ΣΤΗ ΣΥΡΟ

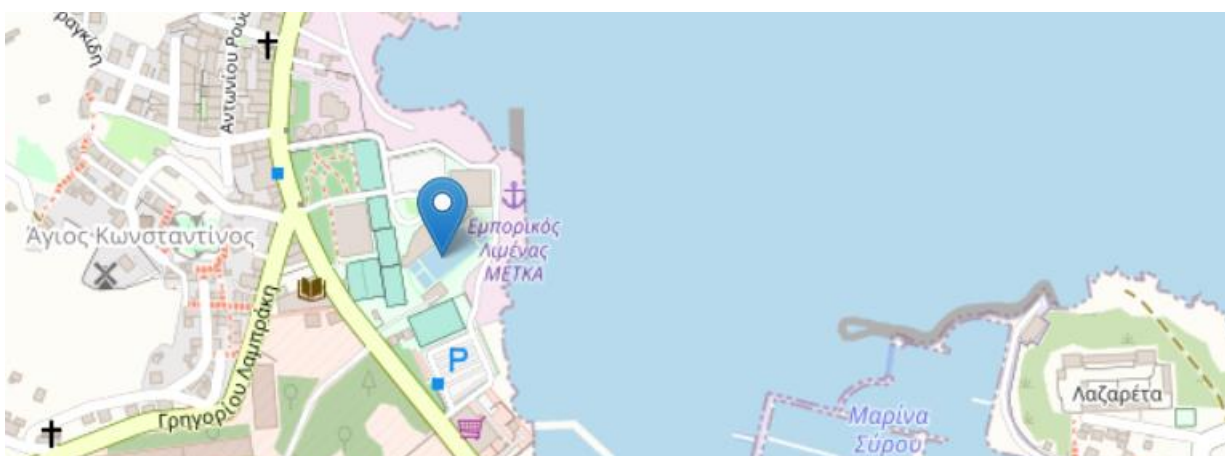
### 3.1.Γενικά στοιχεία για το δημοτικό κολυμβητήριο Ερμούπολης (Σύρος)

Το Δημοτικό Κολυμβητήριο Σύρου, μέρος του ευρύτερου αθλητικού συγκροτήματος «Δημήτριος Βικέλλας», βρίσκεται στην Ερμούπολη κοντά στο εμπορικό λιμάνι, στο νότιο τμήμα της πόλης. Βρίσκεται σε πολύ μικρή απόσταση από το ιστορικό κέντρο της πόλης (μόλις 500 μέτρα από την πλατεία του Δικαστηρίου) και οι κάτοικοι της περιοχής έχουν εύκολη πρόσβαση σε αυτό, με διαθέσιμους χώρους στάθμευσης. Η κολυμβητική πισίνα βρίσκεται σχεδόν πάνω στη θάλασσα και αποτελεί τμήμα του μεγάλου αθλητικού

συγκροτήματος επ' ονόματι «Δημήτριος Βικέλλας» το οποίο βρίσκεται επί της Ηρώων Πολυτεχνείου 72.



Εικόνα 1: Άνω: Θέση της πισίνας κολυμβητηρίου Σύρου στην Ερμούπολη και εγγύτητα με ιστορικό κέντρο. Κάτω: Αεροφωτογραφία διάταξης κολυμβητικής πισίνας υπό μελέτη





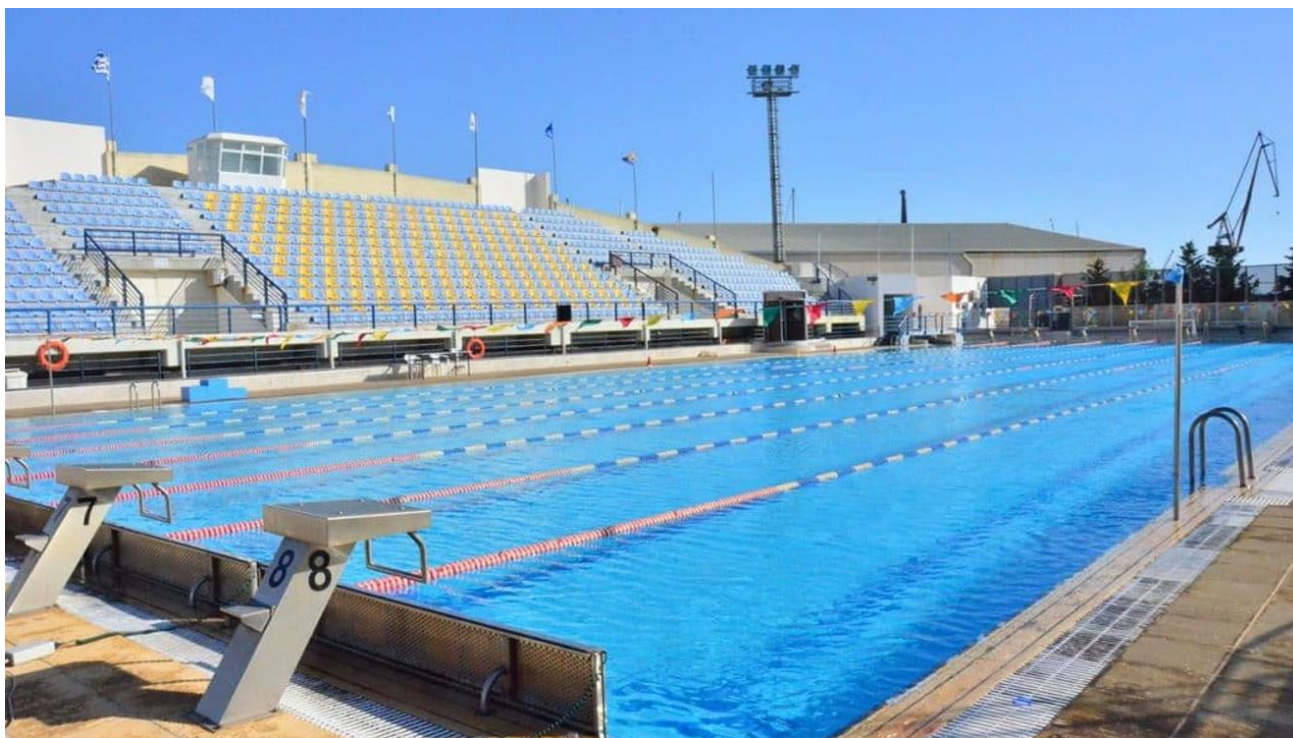
Εικόνα 2: Εγγύτητα της πισίνας στον εμπορικό λιμένα ΜΕΤΚΑ



Εικόνα 3: Άποψη του Αθλητικού Κέντρου Δήμου Ερμούπολης «Δημήτριος Βικέλας»

Το αθλητικό κέντρο του Δήμου Ερμούπολης, όπως και το τμήμα του κολυμβητηρίου, κατασκευάστηκε κατά τη δεκαετία του 1970 και μάλιστα μερικές εκ των εγκαταστάσεων του χρησίμευσαν αρχικά ως στέγαστρο σκαφών. Το κολυμβητήριο είναι από τα παλαιότερα στην Ελλάδα που έχουν ολυμπιακές διαστάσεις (κατασκευή το 1985), ήτοι ύπαρξη πισίνας μήκους 50 μέτρων. Σημειώνεται ότι το παλαιότερο κολυμβητήριο Ολυμπιακών Διαστάσεων στην Ελλάδα είναι αυτό του Ολυμπιακού Αθλητικού Κέντρου Αθηνών (ΟΑΚΑ) το 1980.

Αρχικά η πισίνα λειτουργούσε με νερό από τη θάλασσα. Στα πρώτα έτη λειτουργίας του κολυμβητηρίου ήταν και η έδρα του Ναυτικού Ομίλου Σύρου, έναν από του αρχαιότερους ομίλους στο πανελλήνιο, με έτος ίδρυσης το 1893 (το δεύτερο παλαιότερο κωπηλατικό σωματίο της Ελλάδας). Το 1994 έγινε ανακατασκευή και μετατροπή της πισίνας των 50 μ. σε θερμαινόμενη και κατασκευάστηκαν κερκίδες δυναμικότητας περίπου 300-400 ατόμων.



*Εικόνα 4: Άποψη του Δημοτικού Κολυμβητηρίου Ερμούπολης κατά το έτος 2021*

Κατά καιρούς έχουν προταθεί αρκετές λύσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση της δημοτικής πισίνας. Επί παραδείγματι οι Μαραβέας και Φασουλάκης (2017) πρότειναν στο γενικότερο πλαίσιο της στατικής αποκατάστασης του αθλητικού συγκροτήματος Δημήτριος Βικέλλας, να κατασκευαστεί μια μεταλλική κατασκευή στην πισίνα που δεν θα την καταστήσει όμως πλήρως στεγαζόμενη αφού στην περίμετρο δεν θα καλύπτεται από παράθυρα και τοίχους. Η προσέλευση του αέρα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κατάσταση της εν λόγω πισίνας, εντούτοις η προτεινόμενη αυτή στέγη θα ήταν σημαντικό πλεονέκτημα αφού μέσω αυτής θα εξαλείφονταν οι αρνητικές επιρροές των καιρικών φαινομένων κατά τους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο, η λύση αυτή οδηγούσε σε μη επαρκή εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε γενικές γραμμές, αν συγκριθούν τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας λύσης (μερική στέγαση πισίνας) σε βάθος χρόνου αποτελεί μια καλή εναλλακτική για εξοικονόμηση ενέργειας.

Το συγκρότημα Δημήτριος Βικέλλας στο κολυμβητήριό του, πέραν της πισίνας ολυμπιακών διαστάσεων, έχει αποδυτήρια, βοηθητικούς χώρους γυμναστηρίου και προθέρμανσης, χώρο γραμματείας που ενεργοποιείται αν γίνονται αγώνες, χώρο συνεδριάσεων και μικρό ιατρείο. Σε υπόγεια στάθμη στην πισίνα έχει γίνει η εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού (ενιαίος λέβητας) και κάτω από τις πλευρικές κερκίδες γίνεται η αποθήκευση του εξοπλισμού του τμήματος ιστιοπλοΐας.

Το Δημοτικό Κολυμβητήριο Ερμούπολης είναι ο μοναδικός προπονητικός χώρος στην πόλη για όσους αθλητές επιδίδονται στην κολύμβηση. Μπορεί να υποστηρίξει την προπόνηση

της τεχνικής και της συγχρονισμένης κολύμβησης, διαθέτει τμήματα εκμάθησης παιδιών σε προσχολική και σχολική ηλικία και εν γένει αποτελεί πόλο έλξης από μια μεγάλη μάζα δημοτών της Ερμούπολης αλλά και φοιτητών των πανεπιστημιακών τμημάτων που εδρεύουν στην πόλη και επιλέγουν ως μέσον άθλησης την κολύμβηση. Επιπλέον, στην πισίνα του κολυμβητηρίου γίνεται και η προπόνηση της τοπικής ομάδας Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες. Τέλος, στην Ολυμπιακών Διαστάσεων πισίνα γίνεται από το 2000 η διεξαγωγή αγώνων διαφόρων κατηγοριών και αθλημάτων.

Με βάση τα προαναφερθέντα στοιχεία, είναι φανερό πως πρέπει να υπάρχει μια διασφάλιση της λειτουργίας του κολυμβητηρίου σε ετήσια βάση αφού εξυπηρετείται από αυτό ένα μεγάλο πλήθος πολιτών και επαγγελματιών αθλητών, καθώς αποτελεί τη μοναδική ενεργή πισίνα της Ερμούπολης. Μάλιστα, λόγω της οικονομικής κρίσης που μαστίζει την Ελλάδα από το 2010, είναι διαρκώς πιο δυσχερής η λειτουργία του εν λόγω κολυμβητηρίου. Συγκεκριμένα, το 2012 το κολυμβητήριο έμεινε κλειστό για σχεδόν ολόκληρο το χρόνο, καθώς είχε αυξηθεί πάρα πολύ η τιμή στο πετρέλαιο ενώ ταυτόχρονα είχαν μειωθεί ριζικά τα έσοδα των εγκαταστάσεων. Επιπλέον, φέτος (2021) το κολυμβητήριο Σύρου παραμένει κλειστό από τον Ιούνιο λόγω έργων συντήρησης και αποκατάστασης, αφού διαπιστώθηκε ότι και ο χώρος της πισίνας αλλά και οι λοιπές εγκαταστάσεις βρίσκονταν σε πολύ άσχημη κατάσταση.

Είναι απαραίτητη λοιπόν η εξεύρεση μεθόδων για να εξοικονομηθεί ενέργεια και χρήματα ούτως ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμο το κολυμβητήριο Ερμούπολης και στο μέλλον.

### **3.2. Τεχνικά και Οικονομικά χαρακτηριστικά λειτουργίας**

Η Γενική Γραμματεία Αθλητισμού είναι υπεύθυνη εν συνόλω για την οικονομική τροφοδότηση του Κολυμβητηρίου Ερμούπολης. Μάλιστα υπάρχει και ειδική σύμβαση με τη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού για τη χρηματοδότηση των αποκαταστάσεων που λαμβάνουν χώρα σε όλο το Δημοτικό Γυμναστήριο Δ. Βικέλας εντός του 2021. Το κολυμβητήριο ξεκινά τη λειτουργία του στις 7 το πρωί όταν και υποδέχεται τους πρώτους επαγγελματίες κολυμβητές μέχρι τις 10 το βράδυ όταν τελειώνουν οι προπονήσεις των τελευταίων επαγγελματικών ή ερασιτεχνικών τμημάτων κολύμβησης. Τα σαββατοκύριακα τροποποιείται το ωράριο λειτουργίας του κολυμβητηρίου. Συγκεκριμένα το Σάββατο το κολυμβητήριο είναι ανοιχτό μεταξύ των ωρών 8 π.μ. – 7μ.μ. και την Κυριακή λειτουργεί μόνο σε περίπτωση που διεξάγεται κάποιος αγώνας. Σε καθημερινή βάση είναι απαιτούμενη η προσέλευση κατά τις απογευματινές ώρες των υπευθύνων για την καθαριότητα και τον μηχανολογικό εξοπλισμό, οι οποίοι εκτός των άλλων ενεργοποιούν το σύστημα θέρμανσης και προβαίνουν στον καθαρισμό των χώρων. Το προσωπικό

συντήρησης, επίβλεψης και λειτουργίας του κολυμβητηρίου Σύρου είναι 5 άτομα. Συγκεκριμένα απαρτίζεται από έναν υπεύθυνο μηχανοστασίου, έναν ηλεκρολόγο, έναν υδραυλικό και δύο συντηρητές πισινών. Τα άτομα του προσωπικού αμοίβονται από τη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού. Επιπλέον, στα κόστη συντήρησης της πισίνας πρέπει να συμπεριληφθούν διάφορα σημαντικά έξοδα όπως οι χημικές ουσίες για την απολύμανση της πισίνας, το πετρέλαιο για τη θέρμανσή της, τα έξοδα για τον εξοπλισμού καθαριότητας των χώρων, τους λογαριασμούς ΔΕΚΟ και πιθανά απρόβλεπτα έξοδα.

Από το ξεκίνημα της λειτουργίας του κολυμβητηρίου, το κομμάτι της διαχείρισης των οικονομικών το έχει επωμιστεί ο Ν.Ο.Σ. (Ναυτικός Όμιλος Σύρου) και τα μόνα έξοδα που καλύπτει αφορούν κάποιους αθλητές και προπονητές. Τα μοναδικά έσοδα του Ν.Ο.Σ. από το κολυμβητήριο προέρχονται από συνδρομές νέων μελών που παρακολουθούν μαθήματα εκπαίδευσης και από τυχόν χορηγίες ιδιωτών (συνήθως αφορούν περιόδους αγώνων όπου συγκεντρώνεται δημόσιο ενδιαφέρον κατά τη διάρκειά τους). Μάλιστα ήδη από το 2015 είχε κριθεί ασύμφορο το οικονομικό μοντέλο διαχείρισης του κολυμβητηρίου και διεξαγόταν μελέτες για την αποδοτικότερη θέρμανση της πισίνας, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες. Το 2016 είχε προταθεί η λύση της τηλεθέρμανσης η οποία όμως εν τέλει απορρίφθηκε ως ασύμφορη από τη στιγμή που ανακοινώθηκε ότι το 2018 θα κλείσει ο τοπικός σταθμός της ΔΕΗ. Το 2017 ο Ν.Ο.Σ. είχε καταθέσει επίσημη πρόταση παραχώρησης του Δημοτικού Κολυμβητηρίου, απευθυνόμενος προς το Δήμο Σύρου-Ερμούπολης. Συγκεκριμένα ζητείτο να δοθεί σε άλλον φορέα η ευθύνη για τη διαχείριση και λειτουργία του με κεντρικό επιχείρημα την καλύτερευση των υπηρεσιών προς τους πολίτες και τους αθλούμενους. Είχε κατατεθεί ένα εκτενές σχέδιο σύμβασης παραχώρησης της λειτουργίας και διαχείρισης του κολυμβητηρίου και μόλις φέτος βρέθηκε μια λύση χρηματοδότησης από την Γενική Γραμματεία Αθλητισμού. Σε κάθε περίπτωση η εναλλαγή χρηματοδοτών δεν αποτελεί λύση για την οικονομική αποδοτικότητα της πισίνας και ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η κατάρτιση σχεδίου εναλλακτικών για την ενεργειακή της αναβάθμιση.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 υπήρχε ένα παλαιό μηχανοστάσιο για τη θέρμανση της 50άρας πισίνας και το 1997 ο εξοπλισμός ανανεώθηκε με την κατασκευή ενός νέου μηχανοστασίου κάτω από τα αποδυτήρια το οποίο και αποτελείται από:

- Δεξαμενή πετρελαίου
- Καυστήρα πετρελαίου
- Δοσομετρική αντλία χλωρίου
- Φίλτρα καθαρισμού

- Εναλλάκτες θερμότητας
- Αντλίες ανακύκλωσης / εισαγωγής νερού

Συνολικά η πισίνα διαθέτει 2 αντλίες εισαγωγής νερού. Δυστυχώς την τελευταία πενταετία λόγω εξαιτίας της ανεπάρκειας των οικονομικών πόρων βρίσκεται σε λειτουργία μόνο η μία εκ των δύο αντλιών. Η ανακύκλωση του συνόλου του όγκου του νερού της πισίνας (ρυθμός εναλλαγής ύδατος) λαμβάνει χώρα με χρήση των δύο αντλιών σε λειτουργία ανά εξάωρο.

Τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της πισίνας η οποία λόγω των ολυμπιακών της διαστάσεων και του γεγονότος ότι είναι ανοιχτή οδηγεί σε αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις, εμφανίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

*Πίνακας 5.Λειτουργικές και τεχνικές ιδιότητες πισίνας Κολυμβητηρίου Σύρου*

Τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά κολυμβητικής δεξαμενής	
Μήκος	50m
Πλάτος	21m
Βάθος	2,20 m έως το 25m και κεκλιμένο ως τα 4,10 m
Επιφάνεια	1050 m <sup>2</sup>
Θερμοκρασία νερού	25°C
Θερμοκρασία φρέσκου νερού	10°C

Σε καθημερινή βάση στο κολυμβητήριο για τις ώρες λειτουργίας του γίνεται χρήση της πισίνας από 200 άτομα κατά μέσο όρο. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι λόγω των κλιματικών συνθηκών στην πόλη της Ερμούπολης, η θέρμανση της πισίνας σταματά για τους μήνες του καλοκαιριού (από αρχές Ιουνίου μέχρι και τέλος Αυγούστου). Σε κάποιες περιπτώσεις, αναλόγως και των καιρικών συνθηκών, η θέρμανση σταματάει και από τα μέσα Μαΐου. Στους μήνες αυτούς η θέρμανση της πισίνας διενεργείται μόνο διαμέσω του νερού που εισέρχεται απολυμασμένο και φιλτραρισμένο αλλά και από την ίδια την ηλιακή ακτινοβολία.

### 3.3. Επιλογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας για την ανοιχτή πισίνα του κολυμβητηρίου Σύρου

Η μελέτη για να εξοικονομηθούν χρηματικοί πόροι και ενέργεια σε πάσης φύσεως κτήριο προκειμένου να αναβαθμιστεί οικονομικά και ποιοτικά, έχει ως απαίτηση να αξιολογηθούν οι εφικτές επιλογές ώστε να μπορεί ο μελετητής να επιλέξει την οικονομικά αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη εξ αυτών. Επιπλέον, πρέπει να εξετασθούν τα οικονομικά στοιχεία του εκάστοτε αρμοδίου φορέα (είτε είναι εταιρία, είτε υπηρεσία, είτε επιχείρηση) ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη χρηματοδότηση και την κάλυψη των οικονομικών αναγκών του κτηρίου προς μελέτη.

Στην περίπτωση της πισίνας του κολυμβητηρίου Δ. Βικέλλας στην Σύρο, εξ ορισμού, δεν είναι εφικτό το να εφαρμοσθούν όλοι οι πιθανοί τρόποι μείωσης των ενεργειακών απωλειών και καταναλώσεων. Έχοντας ως γνώμονα τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αλλά και τα οικονομικά δεδομένα, στα επόμενα κεφάλαια θα επιλεχθούν οι μεθοδολογίες που αποτελούν πιθανά σενάρια για να βελτιωθεί η ενεργειακή κατανάλωση στην πισίνα ολυμπιακών διαστάσεων.

Συγκεκριμένα, στην παρούσα μελέτη, θα εξετάσουμε με βάση οικονομικά και ενεργειακά κριτήρια τα σενάρια Α) αγοράς και χρησιμοποίησης καλύμματος προστασίας, Β) της ελάττωσης του όγκου νερού της πισίνας

Στο κολυμβητήριο Σύρου, στη νότια και στη βόρεια πλευρά του, έχει γίνει τοποθέτηση ορισμένων διαφημιστικών σημάτων που εν γένει παρεμποδίζουν τις έντονες ριπές ανέμου. Η δυτική πλευρά έχει κάλυψη από τα αποδυτήρια της πισίνας και η ανατολική εν μέρει από τις κερκίδες των φιλάθλων. Εντούτοις, στην επιφάνεια της πισίνας εντοπίζονται αυξημένες ταχύτητες ανέμου και αυτό ευνοεί τα φαινόμενα της αγωγής και της εξάτμισης, καθώς δεν υφίσταται επί του παρόντος θερμικό κάλυμμα. Η αγορά ενός τέτοιου καλύμματος θα οδηγήσει σε μείωση αυτών των απωλειών αφού θα συντηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του ύδατος ιδιαίτερα μετά τη δύση του ηλίου.

Επειδή ο αρχικός σχεδιασμός της πισίνας είχε σαν πρόβλεψη εκτός των άλλων και της χρήσης της ως μέρος προπόνησης καταδύσεων, η κολυμβητική δεξαμενή είχε κατασκευαστεί έχοντας κλίση πυθμένα από το μέσον της μέχρι το άκρο. Στα 21 μέτρα μήκος είχε βάθος 2.20 μέτρα και ακολούθως το βάθος της υπόκειτο σε σταδιακή αύξηση μέχρι τα 3.50 μέτρα. Εκεί όπου εντοπιζόταν το αυξημένο βάθος ήταν αρχικώς κατασκευασμένος ένας βατήρας με υλικό από μπετόν, ο οποίος όμως με την πάροδο των ετών αποφασίστηκε πως έπρεπε να κατεδαφιστεί. Πλέον η πισίνα προτείνεται να έχει ενιαίο βάθος ίσο με 2.10 μέτρα και ως εκ τούτου ο όγκος της θα μειωθεί από τα αρχικά 3.600 κ.μ.

στα 2.200 κ.μ. που εκτιμώνται στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Αυτή η διαφορά κρίνεται αρκετά αυξημένη και είναι προφανές ότι κατά αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε σημαντική εξοικονόμηση στα καύσιμα για θέρμανση της πισίνας αλλά και στο ποσόν των χημικών απολύμανσης και στη λειτουργία του συστήματος ανακυκλοφορίας ύδατος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ ΕΡΜΟΥΠΟΛΗΣ**

### **4.1. Μελέτη Πισίνας του Κολυμβητηρίου Σύρου**

Στη διαδικασία της μελέτης που αφορά στην εξωτερική-ανοικτή πισίνα του κολυμβητηρίου της Σύρου, ορίστηκαν ως αντικείμενα προσδιορισμού οι τιμές που αφορούν τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο θεωρητικό σκέλος της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις αφορούν τη θερμοκρασία του νερού της πισίνας, καθώς και τις ενεργειακές απώλειες που παρατηρούνται λόγω της εξάτμισης του νερού, της συναγωγής, της αγωγής, της ηλιακής ακτινοβολίας και της εισαγωγής φρέσκου νερού στο ήδη υπάρχον. Επίσης, εξήχθησαν τα αποτελέσματα αναφορικά με τις συνολικές ποσότητες του νερού της πισίνας που χάνεται εξαιτίας του φαινομένου της εξάτμισης, όπως και τα οφέλη που προκύπτουν από την παρουσία του ηλίου. Το σώμα των αποτελεσμάτων συμπληρώνει τόσο η θερμότητα που προκύπτει μέσω της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης όσο και η ποσότητα του ζεστού νερού που συγκεντρώνεται από τη λειτουργία του.

Στους υπολογισμούς δεν συμπεριλήφθηκαν οι περιφερειακοί χώροι του κολυμβητηρίου με τις συνακόλουθες ενεργειακές τους απαιτήσεις, αλλά η εστίαση δόθηκε αποκλειστικά στην κολυμβητική δεξαμενή, η οποία αντιμετωπίστηκε ως αδιαβατικό σύστημα και εξετάστηκε υπό το πρίσμα του αυτόνομου χαρακτήρα της. Όσα σχετικά με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή δεδομένα αξιοποιήθηκαν στην προσομοίωση δεν προέρχονται από την εξέταση ενός μόνο ημερολογιακού έτους, αλλά μιας χρονικής περιόδου δύο ετών 2006 2007 καθώς για αυτά τα έτη βρήκα πραγματικές καταναλώσεις από το κολυμβητήριο.

Στην προαναφερθείσα επιλογή καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισαν και οι δυσχερείς αντικειμενικές συνθήκες που ανέκυψαν στη λειτουργία του κολυμβητηρίου, οι οποίες είχαν ως άμεσο αποτέλεσμα τη διακοπτόμενη και επιλεκτική λειτουργία της πισίνας σε συγκεκριμένους μόνο μήνες, κυρίως τους θερινούς, καθώς λόγω της παρατεταμένης οικονομικής κρίσης που έπληξε τη χώρα, τα κολυμβητήρια της Σύρου δεν μπόρεσε να εξασφαλίσει τα απαραίτητα οικονομικά κεφάλαια που θα επέτρεπαν την κατανάλωση

μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου, ώστε να θερμαίνεται και να λειτουργεί και κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών η πισίνα. Συγκεκριμένα, από τα έτη 2009 και στο εξής, η μεγάλη (50μ) πισίνα του κολυμβητηρίου της Σύρου λειτούργησε μόνο συγκεκριμένους μήνες, ενώ χαρακτηριστικά, κατά τη διάρκεια των ετών 2011 και 2012 έμεινε εκτός λειτουργίας για το σύνολο των χειμερινών μηνών.

Το πρώτο πράγμα και το πιο βασικό για την υλοποίηση της μελέτης και την εύρεση των απωλειών της κολυμβητικής δεξαμενής είναι ορισμός των αρχικών συνθηκών. Αφού σκοπός μας είναι η ενεργειακή ανάλυση για τα έτη 2006-2007 και έχοντας γνωστά τα χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις της πισίνας το επόμενο βήμα είναι η αναζήτηση των καιρικές συνθηκών αυτών των ετών τις οποίες τις παραθέτω στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 6: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2006*

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (οC)
Ιανουάριος	72,6%	12,1
Φεβρουάριος	72,3%	12,7
Μάρτιος	72,3%	13,8
Απρίλιος	69,4%	15,9
Μάιος	64,0%	18,8
Ιούνιος	58,9%	22,5
Ιούλιος	57,3%	23,7
Αύγουστος	58,1%	26,2
Σεπτέμβριος	62,1%	23,2
Οκτώβριος	69,3%	19,9
Νοέμβριος	7,0%	15,9
Δεκέμβριος	73,2%	13,8

*Πίνακας 7: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2007*

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (°C)
Ιανουάριος	80,2%	14,2
Φεβρουάριος	79,9%	12,8
Μάρτιος	79,9%	14,0
Απρίλιος	76,8%	15,4
Μάιος	70,8%	19,1
Ιούνιος	65,1%	23,8
Ιούλιος	63,3%	25,5
Αύγουστος	64,3%	25,9
Σεπτέμβριος	68,7%	23,4
Οκτώβριος	76,5%	20,9
Νοέμβριος	7,8%	17,1
Δεκέμβριος	81,0%	13,6



Επομένως με την ολοκλήρωση των υπολογισμών παραθέτω τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5: Ενεργειακές απώλειες 2006

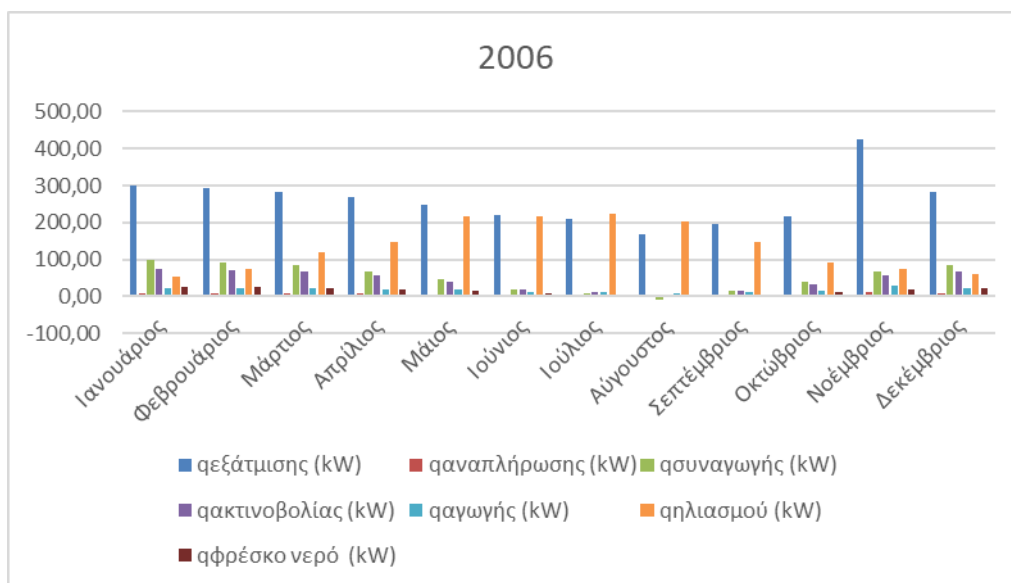
Μήνες	Q <sub>εξάτμισης</sub> (kW)	Q <sub>αν απλήρωσης</sub> (kW)	Q <sub>φρέσκο νερό</sub> (kW)	Q <sub>συν αγωγής</sub> (kW)	Q <sub>ακτιν οβολίας</sub> (kW)	Q <sub>αγωγής</sub> (kW)	Q <sub>ηλιασμού</sub> (kW)	Q <sub>total</sub> (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	299,65	7,70	27,03	97,52	74,94	23,99	54,11	476,72	343,24
Φεβρουάριος	294,47	7,57	25,87	92,99	71,93	23,35	72,99	443,19	319,10
Μάρτιος	283,41	7,28	23,75	84,67	66,37	22,09	119,46	368,11	265,04
Απρίλιος	267,52	6,87	19,69	68,80	55,57	19,94	148,68	289,70	208,58
Μάιος	248,73	6,39	14,03	46,87	40,27	17,11	215,13	158,28	113,96
Ιούνιος	218,65	5,62	6,70	18,90	20,12	13,16	216,57	66,57	47,93
Ιούλιος	208,42	5,36	4,29	9,83	13,42	11,85	222,80	30,37	21,86
Αύγουστος	166,72	4,28	0,84	-9,07	-0,78	8,06	202,66	-32,61	0,00
Σεπτέμβριος	196,08	5,04	5,23	13,61	16,22	11,55	148,65	99,07	71,33
Οκτώβριος	217,96	5,60	11,78	38,56	34,36	14,82	92,33	230,75	166,14
Νοέμβριος	425,73	10,94	20,30	68,80	55,57	28,05	75,39	533,99	384,47
Δεκέμβριος	281,31	7,23	23,74	84,67	66,37	21,98	59,16	426,13	306,82
σύνολο απαιτούμενης ενέργειας 2248,48 MWh									

Πίνακας 9: Ενεργειακές απώλειες 2007

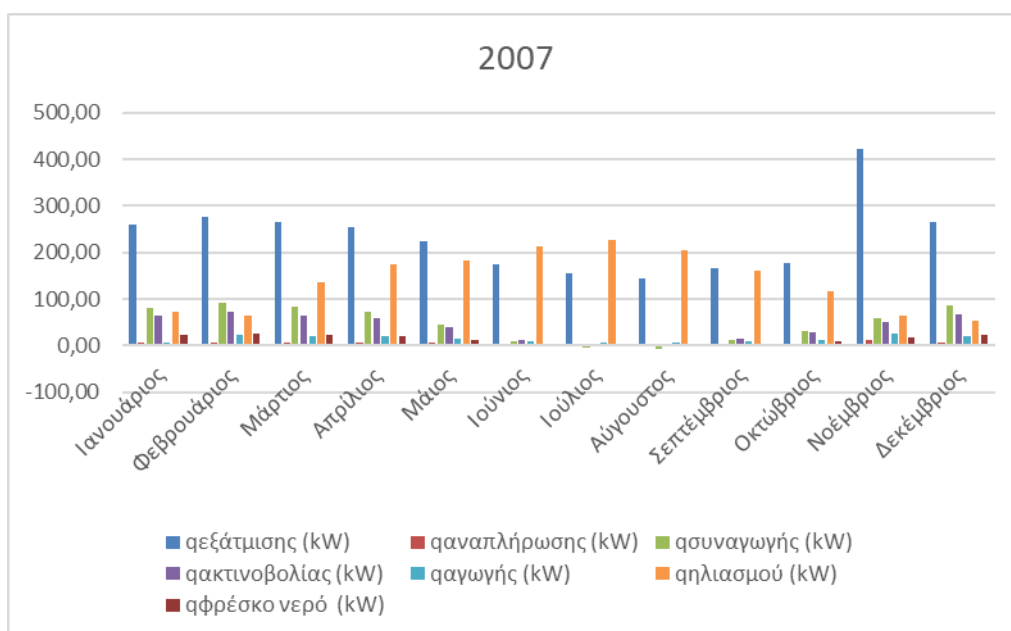
Μήνες	Q <sub>εξάτμισης</sub> (kW)	Q <sub>αν απλήρωσης</sub> (kW)	Q <sub>φρέσκο νερό</sub> (kW)	Q <sub>συν αγωγής</sub> (kW)	Q <sub>ακτιν οβολίας</sub> (kW)	Q <sub>αγωγής</sub> (kW)	Q <sub>ηλιασμού</sub> (kW)	Q <sub>total</sub> (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	261,21	6,71	22,90	81,65	64,33	7,63	73,64	370,79	266,97
Φεβρουάριος	277,70	7,14	25,62	92,23	71,43	22,42	63,55	432,99	311,76
Μάρτιος	264,25	6,79	23,29	83,16	65,35	20,98	136,02	327,81	236,02
Απρίλιος	255,10	6,56	20,59	72,58	58,16	19,62	175,47	257,14	185,14
Μάιος	224,17	5,76	13,35	44,60	38,67	15,66	182,46	159,75	115,02
Ιούνιος	174,74	4,49	3,96	9,07	12,86	10,06	213,64	1,55	1,11
Ιούλιος	154,27	3,96	0,51	-3,78	3,23	7,88	226,47	-60,39	0,00
Αύγουστος	142,94	3,67	0,33	-6,80	0,94	7,04	203,49	-55,37	0,00
Σεπτέμβριος	166,72	4,28	4,72	12,10	15,10	9,91	160,98	51,86	37,34
Οκτώβριος	178,40	4,58	9,68	31,00	28,92	12,15	115,55	149,18	107,41
Νοέμβριος	422,30	10,85	17,98	59,72	49,29	27,11	63,41	523,84	377,17
Δεκέμβριος	266,54	6,85	24,06	86,18	67,38	21,35	52,64	419,73	302,20
σύνολο απαιτούμενης ενέργειας 11940,13 MWh									

Από τις τιμές των μετρήσεων συνάγεται το συμπέρασμα πως, αρχικά, κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού της πισίνας, παρά τη συνεχόμενη εισαγωγή φρέσκου νερού, αποτελούν αποκλειστικό προϊόν της θερμότητας που αντλείται από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης της πισίνας έχει διακοπεί. Παρατηρείται πως η συνολική απώλεια ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός έτους ανέρχεται στα 2142,57 MWh το έτος 2006 και 1865 MWh το 2007. Αξιοσημείωτο -αν και αναμενόμενο- είναι το γεγονός πως σε ποσοστό 60% επί των συνολικών απωλειών ενέργειας ευθύνεται ο παράγοντας της εξάτμισης. Το οποίο διακρίνεται καλύτερα στα παρακάτω διαγράμματα

### Διάγραμμα θερμικών απωλειών έτους 2006



### Διάγραμμα θερμικών απωλειών έτους 2007



Η σχέση της κατανάλωσης ενέργειας από το σύστημα θερμότητας είναι, όπως είναι λογικό, αντιστρόφως ανάλογη με τα οφέλη που παρέχονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η συνεισφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στη θερμοκρασία της πισίνας ανέρχεται από 54 KW τον μήνα Ιανουάριο και στα 222.8 KW τον μήνα Ιούλιο το έτος 2006, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα μας πολλές φορές να έχει και αρνητικό πρόσημο πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα μας έχει περίσσια ενέργειας και πως είναι λογικό η ενέργεια που πρέπει να το αποδώσουμε να είναι μηδενική.

Στη διαδικασία της προσομοίωσης και της εξαγωγής των αποτελεσμάτων κάθε αναφορά στις KWh κατανάλωσης του συστήματος θέρμανσης αποτυπώνει το απαιτούμενο θερμικό φορτίο που προέρχεται από αυτό, αποσκοπώντας στη διατήρηση της προσδοκώμενης θερμοκρασίας του νερού της πισίνας. Επιπροσθέτως, η αναγωγή σε τόνους πετρελαίου λαμβάνει ως δεδομένο τις αποδόσεις του υπάρχοντος στην εγκατάσταση του κολυμβητηρίου της Σύρου καυστήρα, ο οποίος λειτουργεί αδιαλείπτως από το 1992 και παρά την επιμελή συντήρησή του παρουσιάζει απόδοση μόλις 75%.

Η αναγωγή του θερμικού φορτίου κατανάλωσης σε τόνους πετρελαίου που προέκυψε από τη διαδικασία της προσομοίωσης προέκυψε βάσει των παρακάτω μαθηματικών πράξεων:

$$10.200 \text{ kcal/kg (η κατώτερη θερμογόνος δύναμη πετρελαίου)} \cdot 0.83 \text{ kg/L (η πυκνότητα του πετρελαίου)} = 8466 \text{ kcal / L}$$

$$8466 \text{ kcal / L} \cdot 4,18 \text{ kJ/kcal} = 35387 \text{ kJ/L}$$

Επομένως, βάσει της αντιστοιχίας  $1\text{KWh} = 859,9 \text{ kcal}$ , προκύπτει πως:

$$8466 \text{ kcal / L} / 859,9 \text{ kcal/KWh} = 9.84$$

Η του τιμή πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή της απόδοσης του λέβητα (75%, δηλαδή 0,75) αποτυπώνει την αντιστοιχία KWh/L για τον συγκεκριμένο λέβητα.

Άρα, στην περίπτωση του λέβητα του κολυμβητηρίου της Σύρου:

$$9,84 \cdot 0.75 = 7,38 \text{ KWh/L}$$

Επομένως, το θερμικό φορτίο των 2142,57 MWh αντιστοιχεί σε  $2248.48/7,38 = 310$  τόνοι πετρελαίου.

#### 4.2 Σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης με τα δεδομένα του 2006-2007

Τα δεδομένα των καταναλώσεων τα οποία κατάφερα να εντοπίσω από τη διεύθυνση του κολυμβητηρίου είναι των ετών 2006-2007 και αυτή ήταν η αιτία της επιλογής αυτών των ημερομηνιών. Παρόλο που η μελέτη που εκπόνησα ήταν για ετήσια θέρμανση το κολυμβητήριο θέρμαινε την πισίνα μόνο τους μήνες από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Μάιο έτσι η σύγκριση θα γίνει κατά αυτούς τους μήνες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζω την ενέργεια που απαιτείται τους συγκεκριμένους μήνες το πετρέλαιο που απαιτητέ βάση των παραπάνω υπολογισμών και τα πραγματικά δεδομένα

Πίνακας 10: Σύγκριση καταναλώσεων

Μήνες	Ενέργεια (MWh)	λίτρα πετρελαίου βαση υπολογισμών	λίτρα πετρελαίου που όντως καταναλώθηκαν
2006			
Ιανουάριος	332,45	45048	57387
Φεβρουάριος	308,50	41802	32317
Μάρτιος	254,84	34531	33362
Απρίλιος	198,95	26958	25346
Μάιος	105,01	14229	13280
2007			
Ιανουάριος	266,97	36175	33832
Φεβρουάριος	301,76	40889	28012
Μάρτιος	226,51	30692	35359
Απρίλιος	175,95	23842	28411
Μάιος	106,95	14492	7600

Κατά τη σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι τα ρεαλιστικά αποτελέσματα προσεγγίζουν τα δεδομένα που υπολογίζουμε όπως για παράδειγμα τον Μάρτιο, Απρίλιο και τον Μάιο του 2006. Ενώ σε άλλους μήνες παρατηρούμε αρκετά μεγάλες αποκλίσεις όπως τον Ιανουάριο του 2006 όπου παρατηρούμε ότι η κατανάλωση ήταν μεγαλύτερα από την υπολογιζόμενη πράγμα που οφείλεται στην μεγάλη αύξηση του θερμικού φορτίου το οποίο θα μπορούσε να οφείλεται στη διεξαγωγή κάποιου αγώνα. Εκτός από μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούμε και μικρότερες από τις αναμενόμενες για παράδειγμα τους μήνες Φεβρουάριου και Μαΐου το 2007 το οποίο ενδεχομένως οφείλεται είτε στη διακοπή της θέρμανσης είτε στη μείωση της θερμοκρασίας τις πισίνας.

Επομένως, για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας της πισίνας των 50 μέτρων στους 26 °C απαιτούνται κατά προσέγγιση 290 τόνοι πετρελαίου, ποσότητα τεράστια. Οι πολύ αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις της συγκεκριμένης πισίνας αιτιολογούν και την αδυναμία των υπευθύνων του κολυμβητηρίου να εξασφαλίσουν τη συνεχή λειτουργία της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αναδύεται, επομένως, ως απόλυτη προτεραιότητα η εύρεση μεθόδων και πρακτικών που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση της απαιτούμενης ενέργειας και θα καταστήσουν τη συνεχή λειτουργία της πισίνας εφικτή. Στην παρούσα εργασία επιλέγονται ως σενάρια που θα συνεισφέρουν στην τελική εξοικονόμηση ενέργειας η χρήση θερμικού καλύμματος κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν και δεν γίνεται χρήση της πισίνας, η μείωση του όγκου της μπαζώνοντας το βαθύ μέρος της. Καθώς και η αλλαγή καυστήρα και λέβητα.

#### 4.3.1ο Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: θερμικό κάλυμμα

Τα σημαντικότερα στοιχεία που προκύπτουν από την εξέταση των αποτελεσμάτων της μελέτης είναι ότι το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας που χάνεται σε μία πισίνα προκύπτει από την εξάτμιση όπως και προ αναφέραμε με βάση αυτών η χρήση θερμικού καλύμματος τις βραδινές ώρες και τις ώρες που η πισίνα δεν χρησιμοποιείται είναι απαραίτητο.

Στο σενάριο αυτό προκρίνεται ως βέλτιστη επιλογή η αγορά και η τοποθέτηση ισοθερμικού καλύμματος στην πισίνα κατά τη διάρκεια των ωρών που αυτή δεν χρησιμοποιείται, μεταξύ των ωρών 21:00 και 07:00. Το κάλυμμα θα έχει συνολικό πάχος 6mm, με το πάχος του στρώματος φυσαλίδων να ανέρχεται σε 4mm και το πάχος του φιλμ σε 2mm. συντελεστές εκπομπής 0,6.

Από τη στιγμή που θέλουμε να υπολογίσουμε την αλλαγή των απωλειών με τη χρήση του θερμικού καλύμματος οφείλουμε να ξανακάνουμε την μελέτη μας αλλά αυτή τη φορά θα πρέπει να τη χωρίσουμε σε δύο σκέλη το πρώτο θα είναι οι θερμικές απώλειες την ημέρα και το δεύτερο θα είναι οι θερμικές απώλειες την νύχτα. Από τη στιγμή που διαιρούμε την ημέρα σε δύο μέρη ενώ το σύστημα μας δεν αλλάζει οι καιρικές συνθήκες δεν παραμένουν ίδιες μιας και η θερμοκρασία αλλά και η υγρασία διαφέρουν κατά πολύ τη νύχτα σε σχέση με τη νύχτα καθώς και προφανώς την νύχτα δεν έχουμε καθόλου προσφερόμενη ενέργεια από τον ήλιο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζω τα νέα δεδομένα.

Πίνακας 11: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2006

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχεπική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχεπική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (°C)
Ημέρα			Νύχτα		
Ιανουάριος	65,3%	15,7	Ιανουάριος	80,0%	7,0
Φεβρουάριος	65,1%	16,5	Φεβρουάριος	80,4%	8,3
Μάρτιος	65,1%	17,9	Μάρτιος	79,5%	13,0
Απρίλιος	62,5%	20,7	Απρίλιος	74,0%	16,7
Μάιος	57,6%	24,4	Μάιος	71,4%	21,5
Ιούνιος	53,0%	29,3	Ιούνιος	70,5%	23,2
Ιούλιος	51,6%	30,8	Ιούλιος	69,4%	25,6
Αύγουστος	52,3%	34,1	Αύγουστος	73,6%	25,4
Σεπτέμβριος	55,9%	30,2	Σεπτέμβριος	76,4%	25,4
Οκτώβριος	62,3%	25,9	Οκτώβριος	79,6%	11,0
Νοέμβριος	6,3%	20,7	Νοέμβριος	8,1%	12,9
Δεκέμβριος	65,9%	17,9	Δεκέμβριος	84,2%	9,5

Πίνακας 12: Μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες 2007

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Μήνες	Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%)	Μέση Θερμοκρασία (°C)
Ημέρα			Νύχτα		
Ιανουάριος	72,2%	18,5	Ιανουάριος	92,3%	9,6
Φεβρουάριος	71,9%	16,6	Φεβρουάριος	91,9%	8,5
Μάρτιος	71,9%	18,2	Μάρτιος	91,9%	10,4
Απρίλιος	69,1%	20,0	Απρίλιος	88,3%	12,7
Μάιος	63,7%	24,8	Μάιος	81,4%	17,2
Ιούνιος	58,6%	30,9	Ιούνιος	74,9%	23,1
Ιούλιος	57,0%	33,2	Ιούλιος	72,8%	26,3
Αύγουστος	57,8%	33,7	Αύγουστος	73,9%	25,8
Σεπτέμβριος	61,8%	30,4	Σεπτέμβριος	79,5%	21,0
Οκτώβριος	68,9%	27,2	Οκτώβριος	88,0%	17,6
Νοέμβριος	7,0%	22,2	Νοέμβριος	8,9%	13,2
Δεκέμβριος	72,9%	17,7	Δεκέμβριος	93,1%	9,2

Επομένως μετα την ολοκλήρωση των υπολογισμών παραθέτω τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 13: Ενεργειακές απώλειες ημέρας 2006

Μήνες	Qεξάτμισης (kW)	Qαν απλήρωσης (kW)	Qφρέσκο νερό (KW)	Qσυν αγωγής (kW)	Qακτιν οβολίας (kW)	Qαγωγής (kW)	Qηλιασμού (kW)	Qtotal (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	279,76	7,19	23,66	70,08	56,45	23,99	54,11	407,01	176,64
Φεβρουάριος	272,10	6,99	22,04	64,18	52,39	23,35	72,99	368,06	144,28
Μάρτιος	255,93	6,58	19,03	53,37	44,86	22,09	119,46	282,40	118,61
Απρίλιος	230,08	5,91	13,31	32,73	30,18	19,94	148,68	183,48	79,63
Μάιος	196,32	5,04	5,35	4,23	9,25	17,11	215,13	22,19	9,32
Ιούνιος	142,16	3,65	0	-32,13	-18,58	13,16	216,57	-108,30	0
Ιούλιος	123,09	3,16	0	-43,92	-27,88	11,85	222,80	-156,51	0
Αύγουστος	53,20	1,37	0	-68,49	-47,72	8,06	202,66	-256,25	0
Σεπτέμβριος	108,62	2,79	0	-39,01	-23,99	11,55	148,65	-88,69	0
Οκτώβριος	152,48	3,92	1,99	-6,58	1,11	14,82	92,33	75,43	32,74
Νοέμβριος	421,94	10,84	15,27	32,73	30,18	28,05	75,39	463,63	194,72
Δεκέμβριος	253,47	6,51	19,01	53,37	44,86	21,98	59,16	340,03	147,57
σύνολο	2489,16	63,96	119,66	120,58	151,11	215,95	1627,95	1532,47	903,51

Πίνακας 14: Ενεργειακές απώλειες νύχτας 2006

Μήνες	Qεξάτμισης (kW)	Qαν απλήρωσης (kW)	Qαφρέσκο νερό (KW)	Qσυν αγωγής (kW)	Qακτιν οβολίας (kW)	Qαγωγής (kW)	Qηλιασμού (kW)	Qtotal (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	331,00	8,51	121,65	136,23	99,90	23,99	0,00	721,27	223,59
Φεβρουάριος	320,13	8,23	114,50	126,54	93,77	23,35	0,00	686,51	192,22
Μάρπος	276,59	7,11	93,07	90,87	70,52	22,09	0,00	560,25	168,08
Απρίλιος	246,34	6,33	77,16	62,83	51,45	19,94	0,00	464,06	143,86
Μάιος	187,41	4,82	51,42	26,67	25,79	17,11	0,00	313,21	93,96
Ιούνιος	163,01	4,19	42,11	13,73	16,31	13,16	0,00	252,51	78,28
Ιούλιος	124,03	3,19	29,00	-4,76	2,49	11,85	0,00	165,79	49,74
Αύγουστος	108,60	2,79	27,23	-3,28	3,61	8,06	0,00	147,01	45,57
Σεπτέμβριος	97,47	2,50	28,87	-2,68	4,06	11,55	0,00	141,77	42,53
Οκτώβριος	296,41	7,62	100,93	105,63	80,28	14,82	0,00	605,69	187,76
Νοέμβριος	426,65	10,96	124,13	91,42	70,89	28,05	0,00	752,10	225,63
Δεκέμβριος	302,69	7,78	108,78	116,93	87,62	21,98	0,00	645,76	200,19
σύνολο	2880,32	74,01	918,86	760,11	606,68	215,95	0,00	5455,94	1651,42

Πίνακας 15: Ενεργειακές απώλειες ημέρας 2007

Μήνες	Qεξάτμισης (kW)	Qαν απλήρωσης (kW)	Qαφρέσκο νερό (KW)	Qσυν αγωγής (kW)	Qακτιν οβολίας (kW)	Qαγωγής (kW)	Qηλιασμού (kW)	Qtotal (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	228,48	5,87	17,97	49,44	42,09	22,42	73,64	292,65	127,01
Φεβρουάριος	252,49	6,49	21,36	63,20	51,71	20,98	63,55	352,67	138,25
Μάρπος	232,78	5,98	18,07	51,41	43,47	19,62	136,02	235,32	98,83
Απρίλιος	216,86	5,57	13,89	37,65	33,71	15,66	175,47	147,87	64,18
Μάιος	163,88	4,21	3,39	1,29	7,05	10,06	182,46	7,41	3,11
Ιούνιος	76,67	1,97	0	-44,91	-28,66	7,88	213,64	-200,68	0
Ιούλιος	39,45	1,01	0	-61,61	-42,10	7,04	226,47	-282,69	0
Αύγουστος	21,35	0,55	0	-65,55	-45,31	9,91	203,49	-282,53	0
Σεπτέμβριος	67,83	1,74	0	-40,98	-25,54	12,15	160,98	-145,78	0
Οκτώβριος	96,34	2,48	1,02	-16,41	-6,38	27,11	115,55	-11,39	0
Νοέμβριος	417,28	10,72	11,19	20,94	21,61	21,35	63,41	439,69	184,67
Δεκέμβριος	236,86	6,09	16,96	55,34	46,23	5,38	52,64	314,22	136,37
σύνολο	2050,28	52,69	103,85	49,82	97,87	179,56	1667,31	866,75	752,42

Πίνακας 16: Ενεργειακές απώλειες νύχτας 2007

Μήνες	Qεξάτμισης (kW)	Qαν απλήρωσης (kW)	Qαφρέσκο νερό (KW)	Qσυν αγωγής (kW)	Qακτινοβολίας (kW)	Qαγωγής (kW)	Qηλιασμού (kW)	Qtotal (kW)	Ενέργεια (MWh)
Ιανουάριος	288,19	7,41	104,81	116,14	87,11	22,42	0,00	626,08	194,09
Φεβρουάριος	299,76	7,70	110,33	124,40	92,41	20,98	0,00	655,59	183,56
Μάρτιος	280,86	7,22	98,49	110,47	83,44	19,62	0,00	600,09	180,03
Απρίλιος	261,01	6,71	87,13	92,65	71,71	15,66	0,00	534,87	165,81
Μάιος	220,00	5,65	68,47	59,21	48,94	10,06	0,00	412,33	123,70
Ιούνιος	146,40	3,76	38,94	14,05	16,55	7,88	0,00	227,58	70,55
Ιούλιος	95,60	2,46	21,76	-9,54	-1,13	7,04	0,00	116,18	34,85
Αύγουστος	100,88	2,59	25,03	-5,67	1,80	9,91	0,00	134,53	41,71
Σεπτέμβριος	165,93	4,26	50,01	30,00	28,20	12,15	0,00	290,56	87,17
Οκτώβριος	195,08	5,01	65,92	55,94	46,66	27,11	0,00	395,72	122,67
Νοέμβριος	424,51	10,91	123,37	89,21	69,41	21,35	0,00	738,76	221,63
Δεκέμβριος	290,89	7,47	107,47	119,15	89,04	5,38	0,00	619,41	192,02
σύνολο	2769,12	71,16	901,72	796,01	634,13	179,56	0,00	5351,70	1617,78

Όπως είναι αναμενόμενο κατά τη διάρκεια της νύχτας οι ενεργειακές απαιτήσεις σε όλους τους μήνες είναι πολύ μεγαλύτερες μιας και η θερμοκρασίας είναι πολύ χαμηλότερες και η σχετική υγρασία υψηλότερη αλλά η κύρια διαφορά και το κομμάτι στο οποίο θα επέμβουμε είναι η έλλειψη ακτινοβολίας συνεπώς έλλειψη προσφοράς του ήλιου. Τοποθετώντας λοιπόν το θερμικό κάλυμμα οι απώλειες την ημέρα δεν θα αλλάξουν αλλά τη νύχτα θα παραμείνουν μόνο οι απώλειες τις αγωγής, της συναγωγής καθώς το κάλυμμα θα μεταφέρει τη θερμότητα του νερού στο περιβάλλον και τέλος οι απώλειες της ανακυκλοφορίας του νερού. Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών καθώς και η σύγκριση παραθέτονται στον παρακάτω πίνακες :

Πίνακας 17: Ενεργειακές απώλειες νύχτας με κάλυμμα και χωρίς 2006

Μήνες	Qσυν αγωγής (kW)	Qαφρέσκο νερό (KW)	qtotal (kW)	qtotal με κάλυμμα (kW)	Ενέργεια (MWh) χωρίς κάλυμμα	Ενέργεια (MWh) με κάλυμμα
Ιανουάριος	11,35	108,19	707,81	143,53	219,42	44,50
Φεβρουάριος	10,55	102,98	674,99	136,87	189,00	38,32
Μάρτιος	7,57	84,04	551,22	113,70	165,36	34,11
Απρίλιος	5,24	69,61	456,51	94,78	141,52	29,38
Μάιος	2,22	46,98	308,78	66,32	92,63	19,90
Ιούνιος	1,14	37,88	248,27	52,18	76,96	16,18
Ιούλιος	-0,40	24,87	161,66	36,32	48,50	10,90
Αύγουστος	-0,27	22,05	141,83	29,84	43,97	9,25
Σεπτέμβριος	-0,22	21,27	134,16	32,59	40,25	9,78
Οκτώβριος	8,80	90,85	595,61	114,48	184,64	35,49
Νοέμβριος	7,62	112,81	740,78	148,48	222,23	44,55
Δεκέμβριος	9,74	96,86	633,85	128,59	196,49	39,86
σύνολο	63,34	818,39	5355,47	1097,69	1620,98	332,20

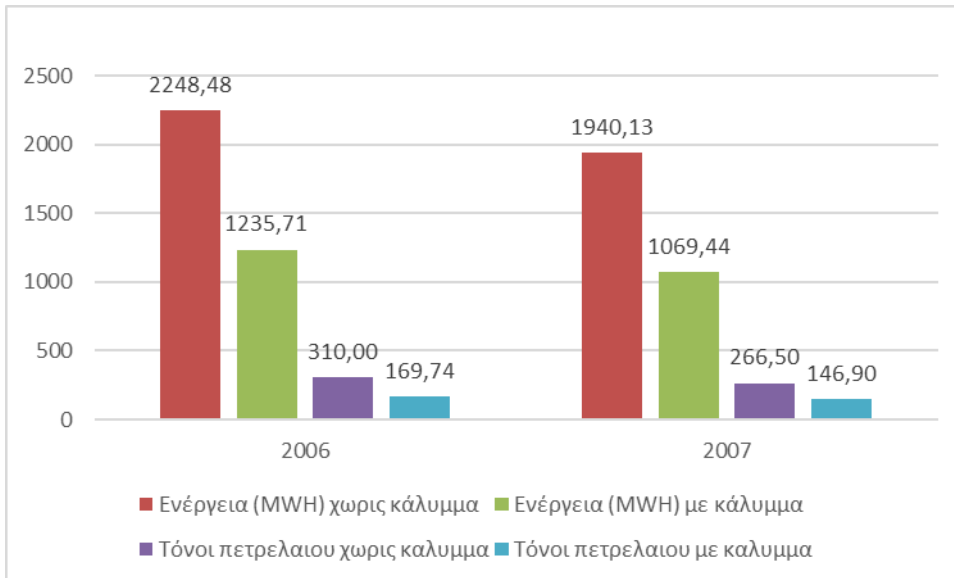


Πίνακας 18: Ενεργειακές απώλειες νύχτας με κάλυμμα και χωρίς 2007

Μήνες	Q <sub>συναγωγής</sub> (kW)	Q <sub>φρέσκο νερό</sub> (KW)	q <sub>total</sub> (kW)	q <sub>total με</sub> κάλυμμα (kW)	Ενέργεια (MWh) χωρίς κάλυμμα	Ενέργεια (MWh) με κάλυμμα
Ιανουάριος	9,68	93,91	615,19	126,02	190,71	39,06
Φεβρουάριος	10,37	98,34	643,60	129,68	180,21	36,31
Μάρτιος	9,21	90,01	591,61	118,84	177,48	35,65
Απρίλιος	7,72	80,23	527,97	103,61	163,67	32,12
Μάιος	4,93	61,85	405,72	76,84	121,71	23,05
Ιούνιος	1,17	34,14	222,78	43,19	69,06	13,39
Ιούλιος	-0,79	17,43	111,85	23,67	33,56	7,10
Αύγουστος	-0,47	20,18	129,68	29,62	40,20	9,18
Σεπτέμβριος	2,50	43,58	284,12	58,23	85,24	17,47
Οκτώβριος	4,66	59,36	389,16	91,13	120,64	28,25
Νοέμβριος	7,43	110,81	726,20	139,60	217,86	41,88
Δεκέμβριος	9,93	92,91	604,85	108,22	187,50	33,55
σύνολο	66,33	802,75	5252,73	1048,65	1587,84	317,02

Κατόπιν της ολοκλήρωσης των υπολογισμών με τη χρήση του θερμικού καλύμματος παρατηρούμε μια εντυπωσιακή μείωση των απωλειών επόμενος και στη ενέργεια την οποία θα πρέπει να εισάγουμε στο σύστημα η οποία αγγίζει το 80% κατά τη διάρκεια της νύχτας μιας και το σύνολο της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας του 2006 από 1620 MWh πηγαίνει στις 317 MWh. Η συνολική ετήσια μείωση της απαιτούμενης ενέργειας αγγίζει το 45% αφού όπως υπολογίσαμε προηγούμενος η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια του 2006 από 2248.48 MWh πηγαίνει στις 1235.71 MWh. Αυτό φυσικά θα έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του καυσίμου αυτό οδηγεί αβίαστα στην εξαγωγή του συμπεράσματος πως η χρήση θερμικού καλύμματος θα πρέπει να υιοθετηθεί άμεσα από τους υπεύθυνους της πισίνας, όπως εξάλλου παρατηρείται και στις περισσότερες ανοιχτές πισίνες του πλανήτη. Για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται ένα συγκριτικό διάγραμμα.

### Διάγραμμα σύγκρισης με και χωρίς το θερμικό κάλυμμα



#### 4.4 Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: Μείωση όγκου της πισίνας

Όσον αφορά την περίπτωση της μείωσης του όγκου της πισίνας, στην παρούσα φάση θα εξεταστεί το σενάριο της εξοικονόμησης της ενέργειας κατά τη μείωση του όγκου και στην περίπτωση που έχει ομοιόμορφο βάθος στα 2,20 μέτρα. Έτσι, όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από τον παρακάτω πίνακα, οι διαστάσεις της πισίνας θα διαμορφωθούν ως εξής:

Πίνακας 19: Λειτουργικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις πισίνας στο σενάριο ελάττωσης όγκου

	Πριν την μετατροπή	Μετά την μετατροπή
Επιφάνεια (παραμένει ως έχει – μήκος και πλάτος δεν επηρεάζονται)	1050 m <sup>2</sup>	1050 m <sup>2</sup>
Βάθος	2,20m ως τη μέση, κεκλιμένα μέχρι τα 4,10m	2,20 m
Όγκος	3600 m <sup>3</sup>	2310 m <sup>3</sup>
Απαιτούμενη ποσότητα φρέσκου νερού	430 L/h	275 L/h
Ρυθμός ροής θερμού	600 m <sup>3</sup> /h	385,2 m <sup>3</sup> /h

νερού από σύστημα θέρμανσης		
Μείωση όγκου κατά 35,8 %		

Η ποσότητα του φρέσκου νερού που θα απαιτείται στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται σε συνάρτηση με την τωρινή λειτουργία του συστήματος ανανέωσης του νερού, δηλαδή όσον αφορά το 2% του όγκου ανά εβδομάδα. Παράλληλα, ο ρυθμός ροής ζεστού νερού βασίζεται στον νέο όγκο. Ο τρέχων όγκος του νερού που εισέρχεται στην πισίνα συμπληρώνεται από δύο αντλίες, οι οποίες λειτουργούν ταυτόχρονα για 14 ώρες την ημέρα, εναλλάσσοντας τον ρυθμό του συνολικού όγκου της πισίνας (3.600 κυβικά μέτρα) μέσα σε 6 ώρες. Αυτό οδηγεί στην εισαγωγή 600 m<sup>3</sup>/h ζεστού νερού. Μετά τη μετατροπή του όγκου, η πραγματική εξοικονόμηση χώρου είναι περίπου 35,8%. Επομένως, για το υπάρχον σύστημα καυστήρα αντλίας και λέβητα, η παροχή ζεστού νερού του συστήματος ανακυκλοφορίας είναι 358.200 m<sup>3</sup>/h.

Μειώνοντας τον όγκο της πισίνας, εξοικονομείται κυρίως η ποσότητα ζεστού νερού που απαιτείται για την επίτευξη της απαιτούμενης θερμοκρασίας, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια που καταναλώνει το σύστημα θέρμανσης για αυτήν την ενέργεια. Η επιφάνεια της πισίνας δεν θα αλλάξει, οπότε τα φαινόμενα που εξαρτώνται από αυτήν την παράμετρο, όπως απώλεια εξάτμισης, απώλεια επεξεργασίας, ηλιακό θερμικό κέρδος, εξατμισμένο νερό, απώλεια ακτινοβολίας κ.λπ., δεν θα αλλάξουν σημαντικά.

Ωστόσο, η διαφορά που παρατηρείται στη μείωση του ζεστού νερού είναι σημαντική. Μια πισίνα 3.600 κυβικών απαιτεί 764.700 κυβικά μέτρα θερμού νερού χάρις την μείωση του όγκου της πισίνας μειώνεται στα 573.450 κυβικών μέτρων ζεστού νερού, ποσοστό μείωσης 25%. Σε αυτή την περίπτωση, το θερμικό φορτίο που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού είναι 2.160 MWh, αντί για 2.250 MWh το οποίο μεταφράζεται σε 195 τόνοι πετρελαίου απο 310 τόνων πετρελαίου, δηλαδή μείωση 15 τόνων ετησίως. Η μηνιαία μείωση είναι επίσης σημαντική. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε τον Ιανουάριο, από 48 τόνοι θα χρειαστούμε 44. Σε αυτή την περίπτωση, ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι η μείωση του όγκου του νερού της πισίνας εξοικονομεί επίσης αρκετό χλώριο για τις απαραίτητες 15 ημέρες καθαρισμού της πισίνας.

#### 4.4 Σενάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας: Αντικατάσταση λέβητα και καυστήρα

Στο σενάριο αυτό δεν απαιτούνται εκ νέου υπολογισμοί, η εξοικονόμηση της ενέργειας όπου θα έχουμε θα είναι λόγω της αύξησης του βαθμού απόδοσης από 0,75 σε 0,95 το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση του καυσίμου. Έτσι κάνουμε ένα σύντομο υπολογισμό στην εξοικονόμηση του καυσίμου για την περίπτωση που δεν θα εφαρμοστεί καμία άλλη πρόταση κατόπιν με τη χρήση καλύμματος και τέλος με την μείωση του όγκου της πισίνας

Πίνακας 20: Συγκριτικά αποτελέσματα καταναλώσεων πετρελαίου

	2006			2007	
	0,75	0,95		0,75	0,95
Τόνοι πετρελαιου αρχικη	310,00	240,53	Τόνοι πετρελαιου αρχικη	266,50	207,54
Τόνοι πετρελαιου με μείωση όγκου	295,00	231,73	Τόνοι πετρελαιου με μείωση όγκου	246,25	191,77
Τόνοι πετρελαιου με χρήση καλύματος	169,74	132,19	Τόνοι πετρελαιου με χρήση καλύματος	146,90	114,40

#### 4.5.1 Κόστος αγοράς θερμικού καλύμματος

Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση θερμικών καλυμμάτων για την αξιοποίησή τους στις πισίνες, ειδικά τα τελευταία χρόνια, έχει συμβάλει στην προώθησή τους στην ελληνική αγορά, όπως επίσης και στην δημιουργία ανταγωνιστικών τιμών από πολλούς οργανισμούς. Παρά το γεγονός ότι τα θερμικά καλύμματα δεν δημιουργούνται στην Ελλάδα, επιχειρήσεις μπορούν να εισάγουν και να διαθέσουν άμεσα το συγκεκριμένο υλικό στην Ελλάδα. Ένα παράδειγμα που αξίζει να σημειωθεί είναι αυτό της Astralpools, η οποία λειτουργεί ως ελληνική θυγατρική εταιρεία του ομίλου της Ισπανίας Fluidra, επιχείρηση η οποία εστιάζει σε συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και προστασίας του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα όσον αφορά σε υδάτινες μορφές ψυχαγωγίας, όπως πισίνες, ενυδρεία και άλλα. Η άμεση διάθεση των προϊόντων της στην Ελλάδα σε ανταγωνιστικά κόστη είναι και ο λόγος για τον οποίο προτιμάται κυρίως για την αγορά καλυμμάτων.

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά κατασκευής των καλυμμάτων, το μέγιστο μήκος του καλύμματος που προτείνεται είναι 17,5 μέτρα, ενώ το πλάτος καθορίζεται από τον πελάτη. Απαιτούνται συνεπώς 3 καλύμματα, μήκους 17 m τα δύο από αυτά και 16 το άλλο και πλάτος 21 m (όσο το πλάτος της πισίνας). Οι διαστάσεις κατά τη παραγγελία, ειδικότερα του πλάτους, πρέπει να είναι ακριβείς ώστε να εφαρμόζουν απόλυτα στην επιφάνεια της πισίνας και να μην υπάρχει απώλεια θερμότητας. Επίσης, απαιτείται η προμήθεια ενός roller περιτύλιξης του καλύμματος για εύκολη αφαίρεση και τοποθέτησή του, καθώς και αποθήκευση.

Το κόστος ανέρχεται σε 15€/m<sup>2</sup> + 23% ΦΠΑ. Το συνολικό κόστος προμήθειας επομένως ανέρχεται σε :

$$16m \cdot 21m = 336 \text{ m}^2 \cdot 18,45 \text{ €/m}^2 = 6.199,2 \text{ €}$$

$$2 \cdot 17m \cdot 21m = 714 \text{ m}^2 \cdot 18,45 \text{ €/m}^2 = 13.173,3 \text{ €}$$

Σύνολο : 19.372,5 €

Το κόστος αγοράς του roller περιτύλιξης για τις συγκεκριμένες διαστάσεις ανέρχεται σε 845 € (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ), συνεπώς, η συνολική επένδυση για την προμήθειά του καλύμματος κοστολογείται στα 19.372,5€ + 845€ = 20.217,5€.



Εικόνα 5 Θερμικό κάλυμμα από προπυλένιο

#### 4.5.2 Κόστος κάλυψης περισσευούμενου όγκου

Ο τρέχων όγκος της πισίνας είναι 3.600 κυβικά μέτρα. Διαμορφωμένο σε βάθος 2,20 μέτρων σε όλο το μήκος του, ο όγκος μπορεί να εξοικονομηθεί κατά 3600 κυβικά μέτρα- 2310 κυβικά μέτρα = 1290 κυβικά μέτρα. Οι εργασίες περιλαμβάνουν αρχικά την αφαίρεση των πλακιδίων και των υποστρωμάτων βαθιά στην πισίνα και την τοποθέτηση ενός συμπίεσμένου χώματος. Στη συνέχεια, υπάρχει ένα λεπτό στρώμα από χώμα με βότσαλα και ένα στρώμα από σκυρόδεμα πάχους 40 εκατοστών. Στη συνέχεια, απλώνεται ένα στρώμα ρητίνης και ολοκληρώνεται η λειτουργία με αντιβακτηριακά πλακίδια.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζει η περιοχή που πρέπει να καλυφθεί και η οποία απεικονίζεται με μπλε γραμμές. Οι διαστάσεις του χώρου αυτού έχουν μήκος  $a = 27,9 \text{ m}$ , πλάτος  $21 \text{ m}$  (όσο της πισίνας) και ύψος  $4,10 - 2,20 = 1,9 \text{ m}$ . Το 70% του όγκου που περισσεύει, δηλαδή τα  $909.5$  κυβικά μέτρα, καλύπτεται με χώμα σε αρχική φάση, ενώ μεταγενέστερα καλύπτεται με χώμα κροκάλα, δηλαδή με χώμα που συνοδεύεται με μικρής ποσότητας χαλίκι. Το συγκεκριμένο χώμα κοστίζει σε  $6\text{€}$  ανά κυβικό μέτρο, οπότε συνολικά η κοστολόγηση έχει ως εξής:

$$909,5 \text{ m}^3 6\text{€/m}^3 = 5.456,7\text{€}$$

Μετάπειτα, θ' απλωθεί οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο έχει πάχος  $40$  εκατοστά και όγκο. Η αγορά της πρώτης ύλης και το κόστος των εργατικών θα κοστίσουν  $200\text{€}$  ανά κυβικό μέτρο για την συγκεκριμένη εργασία, επομένως συνολικά κοστολογείται ως:

$$380\text{m}^3 200\text{€/m}^3 = 76.000\text{€}$$

Η εγκατάσταση του στρώματος ρητίνης στο νέο κάτω μέρος της πισίνας είναι το επόμενο στάδιο με κόστος  $10 \text{ Ευρώ/m}^3$ . Η κάτω επιφάνεια είναι  $27,1 \text{ m} \times 21 \text{ m} = 569,1 \text{ m}^2$ . Το στρώμα ρητίνης θα κοστίζει:  $569,1 \text{ m}^2 \times 10 \text{ € / m}^2 = 5691 \text{ €}$ .

Αυτό γίνεται με την εφαρμογή αντιβακτηριακών πλακιδίων στο κάτω μέρος.

Το κόστος του είναι  $30 \text{ € / m}^2$ , άρα  $569,1 \text{ m}^2 \times 30 \text{ € / m}^2 = 17,073 \text{ €}$ .

Επομένως, το συνολικό κόστος είναι περίπου  $104.220,7$  ευρώ, το οποίο πρέπει να προστεθεί με το κόστος ανακατασκευής και το κόστος μηχανολογίας και ηλεκτρολογίας, το οποίο εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 20% του συνολικού κόστους. Επομένως, απαιτούνται  $125.065$  Ευρώ για τη μετατροπή της δεξαμενής.

#### 4.5.3 Κόστος αντικατάστασης λέβητα – καυστήρα

Το επιλεγμένο μοντέλο λέβητα είναι το Logano SK645 500KW, απόδοση 93%, θερμική ισχύς  $430.000 \text{ kcal/h}$ , χάλυβας (Εικόνα 6.5). Σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο της κατασκευαστικής εταιρείας, το κόστος του λέβητα ήταν  $6.140$  Ευρώ. Ο πίνακας λέβητα και η πλακέτα κυκλώματος πρέπει επίσης να προστεθούν στο ποσό και οι τιμές είναι  $1.425$  ευρώ και  $340$  ευρώ, αντίστοιχα. Άλλα έξοδα, όπως φλάντζες, σιγαστήρες, φίλτρα λαδιού, βαλβίδες τριών κατευθύνσεων, κιτ συσκευών ασφαλείας, υπολογίζονται συνολικά σε  $5.000$  Ευρώ.

Επομένως, το συνολικό κόστος του λέβητα είναι  $12.905$  Ευρώ. Με βάση τα νέα δεδομένα κατασκευής και λειτουργίας, αρμόδιοι μηχανικοί από την εταιρεία και την επιστημονική

κοινότητα προτείνουν την αγορά και την εγκατάσταση δύο λεβήτων και τα αξεσουάρ τους για εγκατάσταση σε πισίνες. Επομένως, το κόστος είναι 25.810 Ευρώ.

Το μοντέλο καυστήρα του συγκεκριμένου λέβητα είναι MHG (MAN) DZ 3.1 (παρακάτω εικόνα), το οποίο είναι κατάλληλο για σύνδεση με τον λέβητα που χρησιμοποιείται επειδή, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, το μέγεθός του είναι 325-520KW / 270.900-447.200 kcal / h. Η τιμή του είναι στα 3.150 Ευρώ. Το κόστος αντικατάστασης σωλήνων κατά την εγκατάσταση, το κόστος εργασίας και άλλα έξοδα εκτιμάται ότι είναι περίπου 8.000 ευρώ.

Επομένως, το συνολικό κόστος αντικατάστασης του συστήματος λέβητα-καυστήρα υπολογίζεται ως εξής:

28.810 Ευρώ (λέβητας) + 6.300 Ευρώ (καυστήρας) + 5.000 Ευρώ (εξάρτηση σύνδεσης καυστήρα) + 8.000 Ευρώ (υπόλοιπο κόστος) = 48.110 Ευρώ.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι το ετήσιο κόστος συντήρησης είναι 200 Ευρώ.



*Εικόνα 6 Καυστήρας Buderus και λέβητας MHG*

#### **4.5.4 Κόστος Συνδυαστικών Σεναρίων**

Η αλληλεπίδραση των συγκεκριμένων σεναρίων καθορίστηκε με βάση τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί. Ωστόσο, για την αποτελεσματικότητα του συνδυασμένου προγράμματος, πρέπει να εκτιμηθεί ο χρόνος αποπληρωμής και συνεπώς το κόστος κάθε αίτησης.

- Κόστος συνδυαστικού σεναρίου I

Η αντικατάσταση του λέβητα σε συνδυασμό με την αγορά του καλύμματος, κοστολογείται συνολικά στις 20.217,5€ + 48.110€ = 68.327,5€

- Κόστος συνδυαστικού σεναρίου II

Η επιλογή της μείωσης του όγκου με ταυτόχρονη αναβάθμιση του λέβητα απαιτεί 125.065€ + 48.110€ = 173.175€

- Κόστος συνδυαστικού σεναρίου III

Η επιλογή της εφαρμογής του συνόλου των προτάσεων για τη καλύτερη δυνατή εξοικονόμηση καυσίμου απαιτεί τη δαπάνη :

20.217,5€ + 48.110€ + 125.065€ = 193.392€

## 5.1 Οικονομική εξέταση των σεναρίων

Για την εξέταση των τριών αυτών σεναρίων τα δεδομένα που θα λάβουμε υπόψιν θα είναι το κόστος της εγκατάστασης την εξοικονόμηση στην ενέργεια καθώς και στην εξοικονόμηση του καυσίμου κατόπιν διεξάγεται μια μελέτη πανώ στο χρόνο αποπληρωμής και στην αξία της επένδυσης. Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας θα λάβουμε υπόψιν μας τις δύο αντλίες 25 kW και τους τέσσερις πύργους φωτισμού οι οποίοι περιέχουν 24 φωτιστικά 1000watt λαμπτήρων έκαστος.

### 5.1.1 Οικονομική εξέταση πρώτου σεναρίου

Σε αυτό το σενάριο δεν υφίσταται κάποια ενεργειακή μείωση παρα μόνο μείωση καυσίμου ετσι η οικονομική μελέτη έχει ως εξείς

Πίνακας 21: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου I

Περιγραφή	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή	Μονάδα	Κόστος/
					κέρδος
Ετήσια κατανάλωση Η.Ε.	<b>478,31</b>	MWh <sub>e</sub>	<b>260</b>	€/MWh <sub>e</sub>	124.361
ΕΞΕ ηλεκτρικής ενέργειας	<b>0,0%</b>			%	0,0%
Αποφυγόν κόστος ΗΕ	0,00	MWh <sub>e</sub>	260	€/MWh	0
Ετήσιο κόστος καυσίμου	<b>2.248,480</b>	MWh <sub>th</sub>	<b>150</b>	€/MWh <sub>th</sub>	336.181
Εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας	<b>45,00%</b>	€/m <sup>3</sup>	150	%	45%
Αποφυγόν κόστος καυσίμου	1.012	MWh <sub>t</sub>	150	€/MWh	151.281
Συνολική ΕΞΕ				€	<b>151.281</b>
Κόστος επένδυσης	1		<b>20.217</b>	€	
Επιπλέον κόστος Λ&Σ	<b>1</b>		<b>48.110</b>	€	48.110
Επιπλέον έσοδο CDM		tCO <sub>2</sub>		€/ton	0
Συνολικό επιπλέον έσοδο				%	<b>0</b>
Ετήσια αύξηση συνολικής ενέργειας (kWh)	3,00%	% ανά έτος			
Διάρκεια Ζωής έργου	15	έτη			
Ποσοστό φόρου	0%	%			
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	6,0%	%			



Πίνακας 22: Δεκαπενταετή ανάλυσης σεναρίου I

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Έτος Λειτουργίας Επένδυσης																
Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας		184.899	190.446	196.160	202.044	208.106	214.349	220.779	227.403	234.225	241.252	248.489	255.944	263.622	271.531	279.677
Επιπλέον Έσοδα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κόστη Λ&Σ		48.110	49.553	51.040	52.571	54.148	55.773	57.446	59.169	60.944	62.773	64.656	66.595	68.593	70.651	72.771
Ακαθάριστα Έσοδα		136.789	140.893	145.120	149.473	153.958	158.576	163.334	168.234	173.281	178.479	183.833	189.348	195.029	200.880	206.906
Φόρος		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Καθαρό κέρδος πριν την απόσβεση		136.789	140.893	145.120	149.473	153.958	158.576	163.334	168.234	173.281	178.479	183.833	189.348	195.029	200.880	206.906
Καθαρή ροή χρημάτων	-20.217	136.789	140.893	145.120	149.473	153.958	158.576	163.334	168.234	173.281	178.479	183.833	189.348	195.029	200.880	206.906
Ταμειακή ροή έκπτωσης	1.595.486	129.046	125.394	121.845	118.397	115.046	111.790	108.626	105.552	102.564	99.662	96.841	94.100	91.437	88.849	86.335

Πίνακας 23: κόστος επένδυσης σεναρίου I

<b>Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)</b>	<b>1.183.154</b>	€
<b>Χρόνος Απόσβεσης επένδυσης</b>	<b>0,2</b>	έτη
<b>Αναλογία Κόστους-Παροχών (BCR)</b>	<b>59,5</b>	€
<b>Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)</b>	<b>513,32%</b>	%

### 5.1.2 Οικονομική εξέταση δεύτερου σεναρίου

Στο δεύτερο σενάριο έχουμε μείωση και στην κατανάλωση του καυσίμου αλλά και στην ενέργεια καθώς η αντλία λόγω τις μείωσης του όγκου θα καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Έτσι αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα:

Πίνακας 24: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου II

Περιγραφή	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή	Μονάδα	Κόστος/
					κέρδος
Ετήσια κατανάλωση Η.Ε.	<b>478,31</b>	MWh <sub>e</sub>	<b>260</b>	€/MWh <sub>e</sub>	124.361
ΕΞΕ ηλεκτρικής ενέργειας	<b>21,0%</b>			%	21,0%
Αποφυγόν κόστος ΗΕ	100,45	MWh <sub>e</sub>	260	€/MWh	26.116
Ετήσιο κόστος καυσίμου	<b>2.248,480</b>	MWh <sub>th</sub>	<b>150</b>	€/MWh <sub>th</sub>	336.181
Εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας	<b>10,00%</b>		150	%	10%
Αποφυγόν κόστος καυσίμου	225	MWh <sub>t</sub>	150	€/MWh	33.618
Συνολική ΕΞΕ				€	<b>59.734</b>
Κόστος επένδυσης	1		<b>125.065</b>	€	
Επιπλέον κόστος Λ&Σ	<b>1</b>		<b>48.110</b>	€	48.110
Επιπλέον έσοδο CDM		tCO <sub>2</sub>		€/ton	0
Συνολικό επιπλέον έσοδο				%	<b>0</b>
Ετήσια αύξηση συνολικής ενέργειας (kWh)	3,00%	% ανά έτος			
Διάρκεια Ζωής έργου	15	έτη			
Ποσοστό φόρου	0%	%			
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	6,0%	%			

Πίνακας 25: Δεκαπενταετή ανάλυση σεναρίου II

Έτος Λειτουργίας Επένδυσης	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας		59.734	61.526	63.372	65.273	67.231	69.248	71.325	73.465	75.669	77.939	80.277	82.686	85.166	87.721	90.353
Επιπλέον Έσοδα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κόστη Λ&Σ		48.110	49.553	51.040	52.571	54.148	55.773	57.446	59.169	60.944	62.773	64.656	66.595	68.593	70.651	72.771
Ακαθάριστα Έσοδα		11.624	11.972	12.332	12.702	13.083	13.475	13.879	14.296	14.725	15.166	15.621	16.090	16.573	17.070	17.582
Φόρος		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Καθαρό κέρδος πριν την απόσβεση		11.624	11.972	12.332	12.702	13.083	13.475	13.879	14.296	14.725	15.166	15.621	16.090	16.573	17.070	17.582
Καθαρή ροή χρημάτων	-125.065	11.624	11.972	12.332	12.702	13.083	13.475	13.879	14.296	14.725	15.166	15.621	16.090	16.573	17.070	17.582
Ταμειακή ροή έκπτωσης	135.578	10.966	10.655	10.354	10.061	9.776	9.499	9.231	8.969	8.715	8.469	8.229	7.996	7.770	7.550	7.336

Πίνακας 26: κόστος επένδυσης σεναρίου II

<b>Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)</b>	<b>10.513</b>	€
<b>Χρόνος Απόσβεσης επένδυσης</b>	<b>10,8</b>	έτη
<b>Αναλογία Κόστους-Παροχών (BCR)</b>	<b>1,1</b>	€
<b>Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)</b>	<b>7,17%</b>	%

### 5.1.3 Οικονομική εξέταση τρίτου σεναρίου

Μιας και το τρίτο σενάριο είναι η εφαρμογή όλων των προτάσεων η εξοικονόμηση θα είναι και ενεργειακή αλλά και στα καύσιμα.

Πίνακας 27: δεδομένα οικονομικής εξέτασης σεναρίου III

Περιγραφή	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή	Μονάδα	Κόστος/
					κέρδος
Ετήσια κατανάλωση Η.Ε.	<b>478,31</b>	MWh <sub>e</sub>	<b>260</b>	€/MWh <sub>e</sub>	124.361
ΕΞE ηλεκτρικής ενέργειας	<b>21,0%</b>			%	21,0%
Αποφυγόν κόστος HE	100,45	MWh <sub>e</sub>	260	€/MWh	26.116
Ετήσιο κόστος καυσίμου	<b>2.248,480</b>	MWh <sub>th</sub>	<b>150</b>	€/MWh <sub>th</sub>	336.181
Εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας	<b>55,00%</b>	€/m <sup>3</sup>	150	%	55%
Αποφυγόν κόστος καυσίμου	1.237	MWh <sub>t</sub>	150	€/MWh	184.899
Συνολική ΕΞE				€	<b>211.015</b>
Κόστος επένδυσης	1		<b>154.282</b>	€	
Επιπλέον κόστος Λ&Σ	<b>1</b>		<b>48.110</b>	€	48.110
Επιπλέον έσοδο CDM		tCO <sub>2</sub>		€/ton	0
Συνολικό επιπλέον έσοδο				%	<b>0</b>
Ετήσια αύξηση συνολικής ενέργειας (kWh)	3,00%	% ανά έτος			
Διάρκεια Ζωής έργου	15	έτη			
Ποσοστό φόρου	0%	%			
Προεξοφλητικό Επιτόκιο	6,0%	%			

Πίνακας 28: Δεκαπενταετή ανάλυση σεναρίου III

Έτος Λειτουργίας Επένδυσης	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας		211.015	217.345	223.866	230.582	237.499	244.624	251.963	259.522	267.307	275.327	283.587	292.094	300.857	309.883	319.179
Επιπλέον Έσοδα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κόστη Λ&Σ		48.110	49.553	51.040	52.571	54.148	55.773	57.446	59.169	60.944	62.773	64.656	66.595	68.593	70.651	72.771
Ακαθάριστα Έσοδα		162.905	167.792	172.826	178.011	183.351	188.852	194.517	200.353	206.363	212.554	218.931	225.499	232.264	239.231	246.408
Φόρος		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Καθαρό κέρδος πριν την απόσβεση		162.905	167.792	172.826	178.011	183.351	188.852	194.517	200.353	206.363	212.554	218.931	225.499	232.264	239.231	246.408
Καθαρή ροή χρημάτων	-154.282	162.905	167.792	172.826	178.011	183.351	188.852	194.517	200.353	206.363	212.554	218.931	225.499	232.264	239.231	246.408
Ταμειακή ροή έκπτωσης	1.900.095	153.684	149.334	145.108	141.001	137.011	133.133	129.365	125.704	122.146	118.689	115.330	112.066	108.894	105.812	102.818

Πίνακας 29: κόστος επένδυσης σεναρίου III

<b>Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)</b>	<b>1.745.813</b>	<b>€</b>
<b>Χρόνος Απόσβεσης επένδυσης</b>	<b>0,9</b>	<b>έτη</b>
<b>Αναλογία Κόστους-Παροχών (BCR)</b>	<b>12,3</b>	<b>€</b>
<b>Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)</b>	<b>108,59%</b>	<b>%</b>

### Τελικά συμπεράσματα των σεναρίων

Μέσα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα, και οι τρεις συστάσεις πέτυχαν σημαντική μείωση στην κατανάλωση. Λαμβάνοντας υπόψη το τμήμα διαχείρισης της πισίνας και την οικονομική κατάσταση της χώρας στο σύνολό της, η καλύτερη επιλογή αυτή τη στιγμή είναι η παροχή μόνωσης με τη χρήση του ισοθερμικού καλύμματος . Όπως τονίστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, όλες οι ανοιχτές πισίνες πρέπει να το κάνουν αυτό. Έχει το χαμηλότερο κόστος και χρόνο αποπληρωμής, καθώς και σημαντική μείωση της ενέργειας. Η εγκατάσταση και η αποσυναρμολόγηση του δεν απαιτούν ειδική γνώση του προσωπικού. Επιπλέον, δεν απαιτείται χρόνος για έρευνα και εργασία στον τόπο εγκατάστασης (όπως στις άλλες δύο περιπτώσεις), γεγονός που το καθιστά άμεσα εφαρμόσιμη λύση. Από την άλλη πλευρά, η μετατροπή του όγκου της πισίνας μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα μέσα σε βάθος πολλών ετών αλλά έχει από τις μικρότερες ενεργειακές βελτιώσεις

Συνοψίζοντας, το συμπέρασμα είναι ότι το πιο αποτελεσματικό σχέδιο συνδυασμού είναι το συνδυαστικό σενάριο I . Το συγκεκριμένο πλάνο παρέχει την υψηλότερη εξοικονόμηση καυσίμου από όλες τις εκτιμήσεις. Μετά την εξέταση όλων των προτάσεων και την τήρηση του χρόνου αποπληρωμής, είναι προφανές ότι υπάρχει έλλειψη ενέργειας όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι εξωτερικές πισίνες απαιτούν τη μεγαλύτερη ποσότητα πετρελαίου για πισίνες και η απώλεια είναι τεράστια λόγω της έκθεσης στον καιρό. Λόγω έλλειψης πόρων σε δεδομένο χρόνο, ορισμένα σενάρια μπορεί να μην εφαρμοστούν, αλλά σε κάθε περίπτωση, αυτές οι συστάσεις είναι πολύ αποτελεσματικές και η εφαρμογή ορισμένων από αυτές μπορεί να είναι η μόνη λύση για συνεχιζόμενες υπαίθριες δραστηριότητες στις πισίνες της Σύρου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μελετήσει την κατανάλωση και τις μεγάλες απώλειες της εξωτερικής πισίνας του Κολυμβητηρίου της Σύρου, και σε αυτή τη βάση, τίθεται προσπάθεια για την εύρεση της καλύτερης εναλλακτικής λύσης για την εξοικονόμηση ενέργειας, δηλαδή το πιο ακριβό καύσιμο, το πετρέλαιο. Για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν στις πισίνες της Σύρου και γενικότερα της Ελλάδας συνέβαλαν στη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας.

Αρχικά, δόθηκαν πληροφορίες και βιβλιογραφικά δεδομένα για τις δραστηριότητες των πισινών παγκοσμίως, ειδικά στην Ελλάδα, αλλά έχουν επίσης εγκατασταθεί και δοκιμαστεί μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στην πισίνα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, τα κυριότερα χαρακτηριστικά που ανάγονται από την συγκεκριμένη διπλωματική έχουν ως εξής:

- Η λειτουργία της εξωτερικής πισίνας απαιτεί μεγάλη ποσότητα πετρελαίων για την θερμική κάλυψη και να αντισταθμίσει την τεράστια ετήσια απώλειά της, όπως φαίνεται στην αρχική προσομοίωση. Ως εκ τούτου, τα τελευταία 3 χρόνια, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι πισίνες είναι υπό καθεστώς ημιλειτουργίας και έχουν εγκαταλείψει τις προσπάθειες λειτουργίας των δεξαμενών.
- Η απαγορευτική τιμή του πετρελαίου, σε συνδυασμό με τη συνεχή άνοδο τα τελευταία πέντε χρόνια, έχει προκαλέσει το μεγαλύτερο πρόβλημα, προκαλώντας τη διακοπή της θέρμανσης της μεγάλης πισίνας.
- Η έλλειψη μεθόδων για τη μείωση των απωλειών και της θερμότητας, ιδίως των καυσαερίων, σε συνδυασμό με τη γήρανση του μηχανικού εξοπλισμού, έχει οδηγήσει σε σπατάλη ενέργειας θέρμανσης και αλλαγή εξοικονόμησης με την πάροδο των ετών.
- Η εντός 8 ωρών από τη λειτουργία της πισίνας, θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική η επιλογή ενός ισοθερμικού καλύμματος και η τοποθέτησή του κάθε μέρα. Επιτυγχάνεται ετήσια μείωση 45% της κατανάλωσης ενέργειας και 25,2% της ζήτησης ζεστού νερού, με διάρκεια ζωής άνω των 10 ετών.
- Το ποσοστό μείωσης του ενεργειακού κόστους του προγράμματος μείωσης της χωρητικότητας είναι το μικρότερο, αλλά είναι το πιο αποτελεσματικό μακροπρόθεσμα, επειδή η εργασία γίνεται μόνο μία φορά και όσο συνεχίζει να λειτουργεί η πισίνα, θα εμφανίζονται τα οφέλη της.
- Η αναβάθμιση του μηχανολογικού εξοπλισμού με αντικατάσταση λεβήτων και καυστήρων αύξησε την απόδοση από 65% σε 93%. Αυτό είναι ένα πολύ αποτελεσματικό σενάριο και εφαρμόσιμο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο υπάρχων

μηχανολογικός εξοπλισμός υπάρχει από το 1991, λειτουργεί χωρίς διακοπή για 20 χρόνια με φυσιολογική ανάπτυξη μετά την τεταμένη αντικατάσταση.

- Παρόλο που το κόστος του συνδυασμού είναι σχετικά υψηλό, το κέρδος του όγκου και του χρήματος του πετρελαίου, ειδικά στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο της τρέχουσας τιμής του πετρελαίου, είναι σημαντικό.
- Συνολικά, ο συνδυασμός των αθλητικών και πολιτιστικών τομέων εξακολουθεί να είναι μια μορφή ψυχαγωγίας, επιλύοντας τα προβλήματα που ταλαιπωρούσαν την ελληνική κοινότητα και τους πολίτες της αυτή τη στιγμή, χωρίς να αγνοήσουμε τη θετική συμβολή της στη νεολαία. Επομένως, η προσπάθεια λειτουργίας του κολυμβητηρίου για τους αθλητές και τους πολίτες της Σύρου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μπορεί πια να πραγματοποιηθεί.
- Επιπλέον, στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, τέθηκε προσπάθεια να εκφραστούν τα "μελανά" σημεία της λειτουργίας της πισίνας και να προταθούν λύσεις. Ωστόσο, αυτή δεν είναι η μόνη εφαρμόσιμη και αποτελεσματική επιλογή. Κάποιες συγκεκριμένες προτάσεις έχουν ως εξής:
  - Η αλλαγή της θερμοκρασίας θέρμανσης του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με την ομάδα κολυμβητών που χρησιμοποιούν την πισίνα κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να εξοικονομήσει πολύ επιπλέον ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, η πισίνα χρησιμοποιείται από κολυμβητικές, τεχνικές και συγχρονισμένες αθλητικές ομάδες μεταξύ 3 μ.μ. και 7 μ.μ. Η ηλικία των παιδιών και η σωματική άσκηση που υπομένουν δεν επιτρέπουν να γίνει αισθητή αυτή η διαφορά θερμοκρασίας και να επηρεάσει την απόδοσή τους. Αντίθετα, μπορεί να εξοικονομήσει πολύ ενέργεια.
  - Η δυνατότητα συνεχούς ελέγχου της θερμοκρασίας της πισίνας με τη χρήση σύγχρονων αυτοματοποιημένων συστημάτων θα είναι πολύ αποτελεσματική, επειδή όπως φαίνεται στα αποτελέσματα προσομοίωσης, η υψηλή θερμική ικανότητα του νερού θα οδηγήσει σε μεγάλη ποσότητα περιττής κατανάλωσης ενέργειας και η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι πολύ μικρή.
  - Η τοποθέτηση των πλέον αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης, πέραν των συμβατικών τύπων λέβητα – καυστήρα πετρελαίου, όπως αντλίες θερμότητας αέρα/νερού, θα μπορούσε να εξεταστεί μελλοντικά ως επιλογή εξοικονόμησης καταναλισκόμενης ποσότητας καυσίμου και μείωση κόστους λειτουργίας της πισίνας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Maraveas, Chrysanthos & Fasoulakis, Zacharias. (2017). Ενίσχυση και αποκατάσταση του Αθλητικού Κέντρου "Δημήτριος Βικέλας " – κλειστή αίθουσα Β στην Ερμούπολη Σύρου, Conference: 9ο Εθνικό Συνέδριο Μεταλλικών Κατασκευών, Larisa, Greece

Trianti-Stourna, K. Spyropoulou, C. Theofylaktos, K. Droutsas, C.A. Balaras, M. Santamouris, D.N. Asimakopoulos G. Lazaropoulou, N. Papanikolaou (1997) *Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools* Energy and Buildings, Athens, 1997.

Ασημακόπουλος Δ., Αραμπατζής Γ., Αγγελής-Δημάκης Α., Καρταλίδης Α., Τσιλιγκιρίδης Γ., «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Εκδόσεις: σοφία, 2012.

«BP Global Primary Energy», BP review, Available: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

Ευαγγελινός Ε., Ζαχαρόπουλος Η., «Βιώσιμος σχεδιασμός και κατασκευή κτιρίων» Ενότητα του βιβλίου «ΚΤΙΡΙΑ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», Εκδόσεις: UNIVERSITY STUDIO PRESS, 2008.

Πανάρας Γ., σημειώσεις μαθήματος «Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη, 2017.

Ελληνική Δημοκρατία. Ν. 3661/08/2008 (ΦΕΚ 89 Α/19-5-2008), Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις. Αθήνα, 19 Μαΐου 2008.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οδηγία 2009/125/ΕΚ του Συμβουλίου, της 21ης Οκτωβρίου 2009, για τη «θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα», 2009.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οδηγία 2010/30/ του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την «ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεδεμένα με την

ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά», 2010.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την «ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», 2010.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Συμβουλίου, της 25ης Οκτωβρίου 2012, για την «ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ», 2012.

Report from the commission to the European parliament and the council, «Assessment of the progress made by Member States towards the national energy efficiency targets for 2020 and towards the implementation of the Energy Efficiency: Directive 2012/27/EU as required by Article 24 (3) of Energy Efficiency Directive 2012/27/EU», Brussels, 18-11-2015.

«Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους – Ελευθερώνοντας το αναπτυξιακό δυναμικό της Ευρώπης», Βρυξέλλες, 30 Νοεμβρίου 2016.

Ελληνική Δημοκρατία. Νόμος Πλαίσιο 40/75 περί «Λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας», ΦΕΚ 90/Α/1975, 1975.

«Κανονισμός για τη Θερμομόνωση των Κτιρίων», ΦΕΚ 362Δ/1979.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για «Περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE)». Βρυξέλλες, 1993.

Εναρμόνιση Κοινοτικής Οδηγίας SAVE (21475/4707 ΚΥΑ-ΦΕΚ 880Β/19-8- 98) για τον «Περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» - Άρθρο 4: Κ.Ο.Χ.Ε.Ε., 1998