



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Υπολογισμός υδραυλικού δικτύου και μελέτη θέρμανσης κολυμβητικής δεξαμενής.*



Συντάξας: Δαρζέντας Ιωάννης  
Εισηγητής: Μονιάκης Μύρων

Ηράκλειο 2017

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

1.1 Περίληψη.....	4
1.2 Abstract.....	5
1.3 Εισαγωγή.....	6
1.4 Γενικά.....	9

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

2.1 Στοιχεία έργου.....	13
2.2 Τεχνικά στοιχεία.....	16
2.2.1 Υπολογισμοί γεωμετρικών στοιχείων.....	16
2.2.2 Δεξαμενή υπερχειλίσης.....	17
2.2.3 Μανομετρικό αντλίας.....	19
2.2.4 Αντλία ανακυκλοφορίας.....	21
2.2.5 Φίλτρο διήθησης.....	21
2.2.6 Στόμια εκροής.....	22
2.2.7 Φρεάτιο αναρρόφησης.....	22
2.2.8 Κανάλι – σωλήνες υπερχειλίσης.....	23
2.2.9 Απολύμανση νερού.....	24
2.2.10 Φωτισμός δεξαμενής.....	24
2.3 Λειτουργία κολυμβητικής δεξαμενής.....	25
2.4 Προδιαγραφές υλικών ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού.....	25
2.5 Ποιότητα νερού κολυμβητικής δεξαμενής.....	27
2.6 Κατασκευαστικά στοιχεία.....	28

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

3.1 Ενεργειακές απαιτήσεις ανοιχτών κολυμβητηρίων.....	30
3.2 Κύριες αιτίες απώλειας ενέργειας στα κολυμβητήρια... ..	31
3.2.1 Εξάτμιση (Evaporation).....	31
3.2.2 Συναγωγή (Convection).....	33
3.2.3 Ηλιακή ακτινοβολία (Solar radiation).....	34
3.2.4 Ανανέωση νερού.....	34
3.2.5 Αγωγιμότητα με το έδαφος.....	35
3.3 Θερμικά κέρδη.....	35
3.3.1 Ηλιακή ακτινοβολία.....	36
3.3.2 Σύστημα Θέρμανσης.....	36

<b>3.4 Υπολογισμοί απωλειών θερμότητας</b> .....	37
3.4.1 Απώλειες λόγω αγωγιμότητας.....	38
3.4.2 Απώλειες λόγω συναγωγής.....	39
3.4.3 Απώλειες λόγω εξάτμισης.....	40
3.4.4 Απώλειες λόγω ακτινοβολίας.....	42
3.4.5 Συνολικές απώλειες δεξαμενής.....	43
<b>3.5 Απαιτούμενη θερμική ισχύς στη φάση της αρχικής θέρμανσης της δεξαμενής</b> .....	43
<b>3.6 Λέβητας και εναλλάκτες</b> .....	43
<b>3.7 Δεξαμενή πετρελαίου</b> .....	45
<b>3.8 Αντλία θερμότητας</b> .....	46
<b>3.9 Ηλιακός συλλέκτης</b> .....	48
<b>3.10 Υπολογισμός ενεργειακού κέρδους συλλέκτη</b> .....	48

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

<b>4.1 Αποτελέσματα</b> .....	51
<b>4.2 Επιλογή συστήματος θέρμανσης – Διαγράμματα</b> .....	65
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	68

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1 Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας μιας κολυμβητικής δεξαμενής (πισίνα) καθώς και όλοι οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την κατασκευή της. Επιπλέον, στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μηχανολογική μελέτη που αφορά το υδραυλικό δίκτυο, την θέρμανση της δεξαμενής με λέβητα πετρελαίου, με αντλία θερμότητας, σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες. Καθώς και η επιλογή της πιο οικονομικής διάταξης. Συνδυάζοντας πάντα την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών δαπανών με το αισθητικό αποτέλεσμα.

Η μελέτη θα περιλαμβάνει i) αναλυτικούς υπολογισμούς, καθώς και ii) τεχνικές περιγραφές των εγκαταστάσεων, iii) τεχνικές προδιαγραφές μηχανημάτων, υλικών και εξοπλισμού iv) υπολογισμούς και επιλογή μηχανημάτων, συσκευών, εξαρτημάτων (αντλίες, πιεστικά, λέβητας, καυστήρας, κυκλοφορητές, Α.Θ, ηλιακούς συλλέκτες, φίλτρα, στόμια, κλπ). Κοστολόγηση της εγκατάστασης καθώς και vi) τα απαιτούμενα σχέδια για όλες τις εγκαταστάσεις.

Οι υπολογισμοί, τα σχέδια, τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα -υλικά κ.λπ. στοιχεία της μελέτης θα είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της υπάρχουσας τεχνικής νομοθεσίας, με τις προδιαγραφές των αντίστοιχων Τεχνικών Οδηγιών του Τ.Ε.Ε., με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ, ευρωπαϊκών και διεθνών οργανισμών DIN και ISO και θα παραδοθούν και σε μορφή ηλεκτρονική.

## **1.2 Abstract**

In this study, the operation of a swimming pool shall be comprehensible, along with all parameters that must be taken into consideration before the construction. In addition the purpose of this project is the calculation of the hydraulic network, the heating study of the swimming pool with conventional and alternative sources of energy such as boiler, heat pump and solar collectors. The choice of the most economical system. Combining the minimization of the energy costs along with the aesthetic result.

The study will contain i) analytical calculations, ii) technical descriptions for the installation, iii) technical equipment specifications, iv) the selection of machines and components such as pumps, boiler, heat pump, circulator, solar collectors, filter, and nozzles, v) the cost of the installation, vi) the mechanical designs

The calculations, the sketches, the machines and all the components of this study shall be compatible with the demands of the existed technical legislation, the specifications of the technical guidance of Greece and the standardization of national, European and global organizations such as ELOT, DIN and ISO.

### 1.3 Εισαγωγή

Πισίνα ονομάζεται μία τεχνητή κοιλότητα στο έδαφος ή σε κτήριο η οποία γεμίζεται με νερό και χρησιμοποιείται για κολύμβηση και άλλες υδάτινες δραστηριότητες. Οι πισίνες διαφέρουν ανάλογα με τον σκοπό τους. Μια πισίνα με σκοπό την κολύμβηση ως μέσο αναψυχής κατασκευάζεται με τυχαίο σχήμα. Αντίθετα, μια πισίνα με αποκλειστικό σκοπό τον αθλητισμό έχει σχήμα αυστηρά ορθογωνίου, συνήθως με συγκεκριμένες προδιαγραφές. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία χωρίζονται σε:

- 1) Εσωτερικές : εντός κλειστού στεγασμένου χώρου, ενώ αντίθετα οι υπαίθριες βρίσκονται σε ανοιχτό περιφραγμένο χώρο
- 2) Δημόσιας χρήσεως : Η χρησιμοποιούμενη από το κοινό ή ομάδες πληθυσμού, ως μελών συλλόγων, ξενοδοχείων, ενοίκων πολυκατοικίας, κλπ. , ανεξαρτήτως ιδιοκτησίας
- 3) Ιδιωτικές : Η χρησιμοποιούμενη αποκλειστικά από τα μέλη μιας οικογένειας και συγγενή ή φιλικά πρόσωπα
- 4) Αθλητικές : Η χρησιμοποιούμενη κατά κύριο λόγο για την διεξαγωγή αγωνισμάτων, εκπαιδεύσεων ή προπονήσεων των αθλητών.

Τα υλικά, που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ανθεκτικά, να εξασφαλίζουν υδατοστεγανότητα και λείες εσωτερικές επιφάνειες, ενώ η ποιότητα μηχανολογικού εξοπλισμού να είναι κατάλληλη, ώστε να μην επιφέρει ρύπανση στο νερό της κολυμβητικής δεξαμενής ( π.χ. από διάβρωση ή διάλυση βαρέων μετάλλων, κλπ)

Αθλητικό κολυμβητήριο



Πισ



**Πολυεστ:**



**Πισίνα με liner**



### **1.4 Γενικά**

Οι βασικές διατάξεις της νομοθεσίας περί κολυμβητικών δεξαμενών είναι οι ακόλουθες:



A) (ΦΕΚ 87/Β`/24.1.1973) Περί κολυμβητικών δεξαμενών μετά οδηγιών κατασκευής και λειτουργίας αυτών.

B) Εγκύκλιος του ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε Εγκ. ΔΥΓ2/99932/06/22.3.2007 «Οδηγίες-διευκρινίσεις εφαρμογής των Υγειονομικών Διατάξεων «για τη λειτουργία κολυμβητικών δεξαμενών».

Γ) Υγειονομική διάταξη Ε Ιβ/221/22-1-65 'Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Επίσης ελήφθησαν υπόψη οι οδηγίες των κατασκευαστών των μηχανημάτων και των υλικών που συνθέτουν τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό της κολυμβητικής δεξαμενής. Τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν θα είναι σύμφωνα με τα πρότυπα Ε.Λ.Ο.Τ ή DIN και η κατασκευή θα γίνει σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς κατασκευής ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων καθώς και τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης.

Κατηγορίες πισινών σύμφωνα με την επιφάνεια αυτών [ΦΕΚ 87B, Υγ. Διάταξη Γ1/443/73]

Πίνακας 1.4

Κατηγοριοποίηση πισινών		
Κατηγορίες	Μικρές	$E < 350m^2$
	Μεσαίες	$350 < E < 1250m^2$
	Μεγάλες	$E > 1250m^2$

Στις κατασκευαστικές απαιτήσεις περιλαμβάνονται επίσης η κλίση του πυθμένα, η επιτρεπόμενη επίστρωση του πυθμένα και των περιμετρικών τοιχωμάτων, το μέγιστο φορτίο της κολυμβητικής δεξαμενής, τα στόμια εισροής και εκροής, οι αύλακες υπερχειλίσεως και λοιπά τεχνικά στοιχεία.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα απαιτούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των πισινών, όπως αυτά καθορίζονται από την νομοθεσία.

Ποιοτικές Απαιτήσεις Κολυμβητικών Δεξαμενών [ΦΕΚ 87B, Υγ. Διάταξη Γ1/443/73]

Πίνακας 1.4.1

<b>Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Κολυμβητικών Δεξαμενών</b>		
<b>Κλίση πυθμένα</b>	<b>Για βάθος &lt; 1,5 m</b>	<b>1 : 12,5 (8%)</b>
	<b>Για βάθος &gt; 1,5 m</b>	<b>1 : 3</b>
<b>Μέγιστο φορτίο δεξαμενών (μέγιστος αριθμός λουόμενων)</b>	<b>Για βάθος &lt; 1 m</b>	<b>1 άτομο / 1 m<sup>2</sup> νερού</b>
	<b>Για βάθος &gt; 1 m</b>	<b>1 άτομο / 2,5 m<sup>2</sup> νερού</b>
<b>Για κάθε σημείο κατάδυσης</b>	<b>Επιπλέον επιφάνεια 30 m<sup>2</sup></b>	
<b>Αντιστοιχία ποσότητας νερού ανά λουόμενο</b>	<b>&gt;500 lt χλωριωμένου/ανακυκλωμένου νερού ανά λουόμενο</b>	
<b>Τοποθέτηση στομιών εισροής για δεξαμενές &gt; 150 m<sup>2</sup></b>	<b>Ανά 4,5 m στα τοιχώματα</b>	
<b>Τοποθέτηση στομιών εκροής για δεξαμενές &gt; 150 m<sup>2</sup></b>	<b>Ανά 6 m στα τοιχώματα</b>	
<b>Δεξαμενές επιφάνειας &gt;200 m<sup>2</sup></b>	<b>Επιβάλλεται σε όλη τη περίμετρο κατασκευή αύλακα υπερχειλίσεως</b>	
<b>Δεξαμενές επιφάνειας &lt;200 m<sup>2</sup></b>	<b>Στόμια υπερχειλίσεως (skimmers), τουλάχιστον 1/50 m<sup>2</sup></b>	

Στην ίδια Υγειονομική Διάταξη, καθορίζονται ο απαιτούμενος αριθμός προσωπικού λειτουργίας, η έκδοση άδειας λειτουργίας και οι απαιτήσεις των βοηθητικών εγκαταστάσεων (αποδυτήρια, ντους, τουαλέτες, διάδρομοι κτλ.). Συνακόλουθα, αναγράφονται τα απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, καθώς και οι ρυθμίσεις για τον προτεινόμενο ρυθμό ανακυκλοφορίας του νερού, τον καθαρισμό και την απολύμανσή του

### Ποιότητα Νερού

Η ποιότητα του νερού αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την παροχή ενός άνετου και υψηλού ποιοτικά κολυμβητικού περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω σωστής χλωρίωσης, φιλτράρισμα του νερού και ανανέωση του νερού. Τα ποιοτικά

χαρακτηριστικά του νερού, σύμφωνα με το άρθρο 15 της Υγειονομικής Διάταξης, οφείλουν να βρίσκονται εντός των ορίων που παρουσιάζονται στη συνέχεια

#### Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Νερού Κολυμβητικών Δεξαμενών

Πίνακας 1.4.2

<b>Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Νερού</b>	
<b>Όψη</b>	<b>Διαυγής</b>
<b>Τιμή Ph</b>	<b>7,2 – 7,8</b>
<b>Αλκαλικότητα</b>	<b>100 – 200 mg/L</b>
<b>Σκληρότητα</b>	<b>50 – 100 mg/L</b>
<b>Θειικά</b>	<b>&lt; 600 mg/L</b>
<b>Total Suspended Solids (TSS) Ολικά Αιωρούμενα Στερεά</b>	<b>&lt; 3000 mg/L</b>
<b>Περιεκτικότητα σε χλώριο</b>	<b>0,4 – 0,7 mg/ L</b>
<b>E. Coli</b>	<b>0 / 100 ml νερού</b>
<b>Κολοβακτηρίδια</b>	<b>&lt; 15 / 100 ml νερού</b>

Στις περιπτώσεις των πισινών οι οποίες ακόμη λειτουργούν με χρήση θαλασσινού νερού, ισχύουν οι ίδιες διατάξεις υπό την προϋπόθεση ότι τα τελικά φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού, ακολουθούν τις προδιαγραφές του άρθρου 15.

#### Ανακυκλοφορία και Καθαρισμός του νερού

Η ανακυκλοφορία του νερού τόσο στις ιδιωτικές όσο και στις δημόσιες πισίνες είναι απαραίτητη ούτως ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική κατανάλωση των υδατικών πόρων και να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση, μέσω του συστήματος ανακυκλοφορίας.

Σύμφωνα με την παράγραφο 1 του άρθρου 15 της Υγειονομικής Διάταξης, το νερό της κολυμβητικής δεξαμενής πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας της, με ρυθμό που να εξασφαλίζει την πλήρη ανανέωσή του μέσα σε 4 ως 6 ώρες. Η ανανέωση πρέπει να επιτυγχάνεται είτε με συνεχή ροή νέου, καθαρού νερού, είτε με ανακυκλοφορία του νερού της δεξαμενής μετά από προηγούμενο καθαρισμό ή απολύμανση. Το σύστημα ανακυκλοφορίας – καθαρισμού – απολύμανσης του νερού, πρέπει να βρίσκεται σε λειτουργία καθόλη τη διάρκεια χρήσης της πισίνας, αλλά και πέραν από αυτή, μέχρι την εξασφάλιση διαυγούς νερού και κατάλληλου από μικροβιολογική άποψη. Ουσίες όπως ανθρώπινα εκκρίματα και ιστοί (ιδρώτας, σάλιο, τρίχες, ούρα), μολυσματικές ουσίες (οργανικές και ανόργανες) και καλλυντικά (κρέμες, λοσιόν, έλαια και σκόνες), αποτελούν τις τρεις κύριες κατηγορίες ρύπανσης μιας πισίνας δημόσιας χρήσης. Για την επικράτηση σωστών συνθηκών υγιεινής, απαιτείται η εισροή 30 λίτρων φρέσκου νερού (νέου ή ανακυκλωμένου) ανά άτομο την ημέρα.

#### Απολύμανση

Η απολύμανση του νερού κρίνεται απαραίτητη καθόλη τη διάρκεια χρήσης της κολυμβητικής δεξαμενής, όπως ορίζει το άρθρο 18 της Υγειονομικής Διάταξης, ανεξαρτήτως του τύπου νερού που χρησιμοποιείται (θαλασσινό ή μη). Η απολύμανση στις πλείστες των περιπτώσεων πραγματοποιείται με χρήση χλωρίου μέσω κατάλληλης δοσομετρικής αντλίας. Το υπολειμματικό χλώριο σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να βρίσκεται εντός των τιμών 0,4 – 0,7 mg/L για αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων υγείας στους λουόμενους. Σε περίπτωση απολύμανσης με διαφορετική μέθοδο, όπως με χρήση αργιλίου, χαλκού κτλ., απαιτείται έγκριση από υγειονομική υπηρεσία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

## 2.1 Στοιχεία έργου

Είδος έργου: Κολυμβητική δεξαμενή

Ιδιοκτήτης:

Περιοχή: Σαντορίνη

Επιφάνεια νερού:  $27m^2$

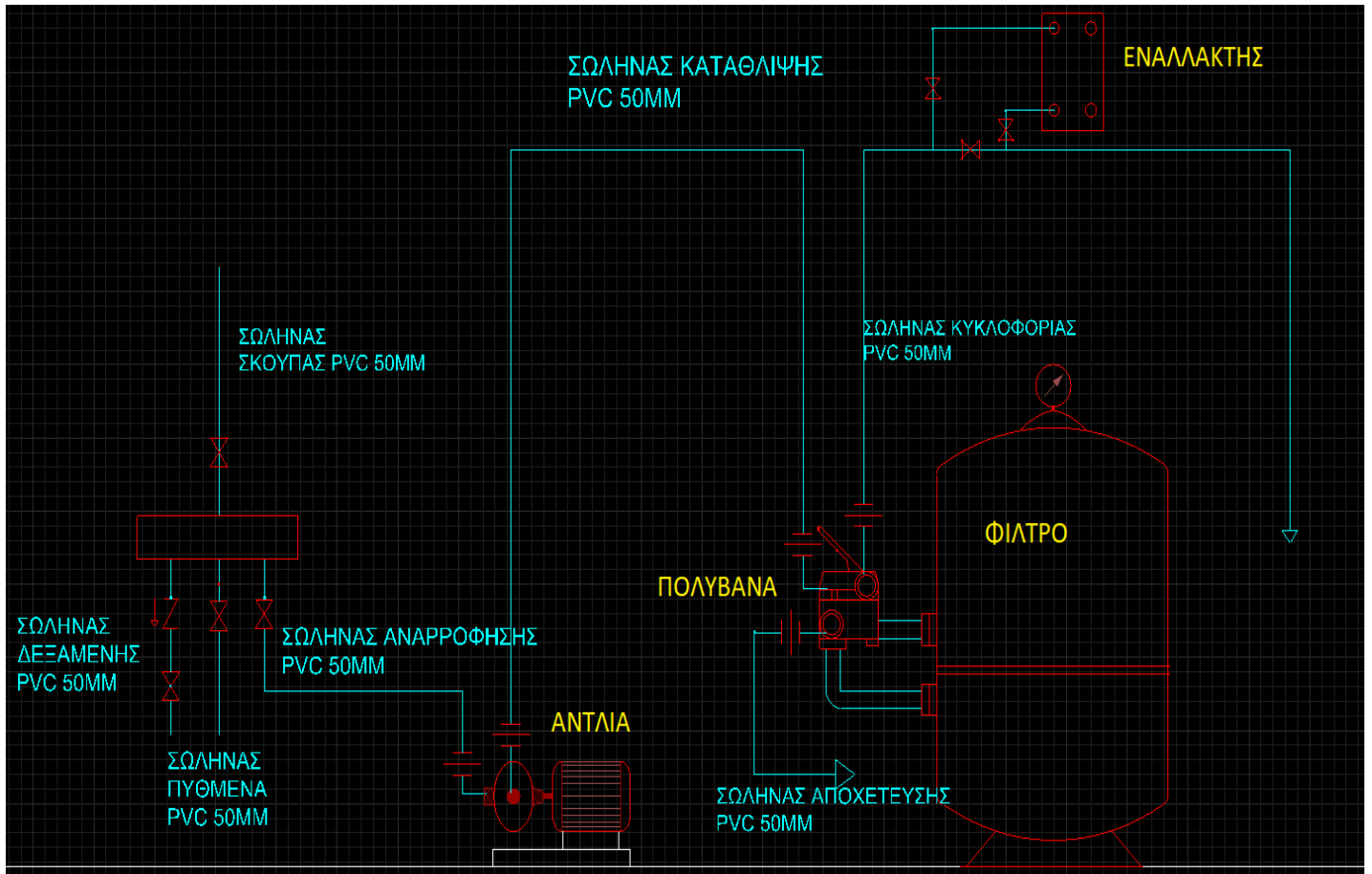
Όγκος νερού:  $40,5m^3$

Προέλευση νερού: Υφάλμυρο νερό

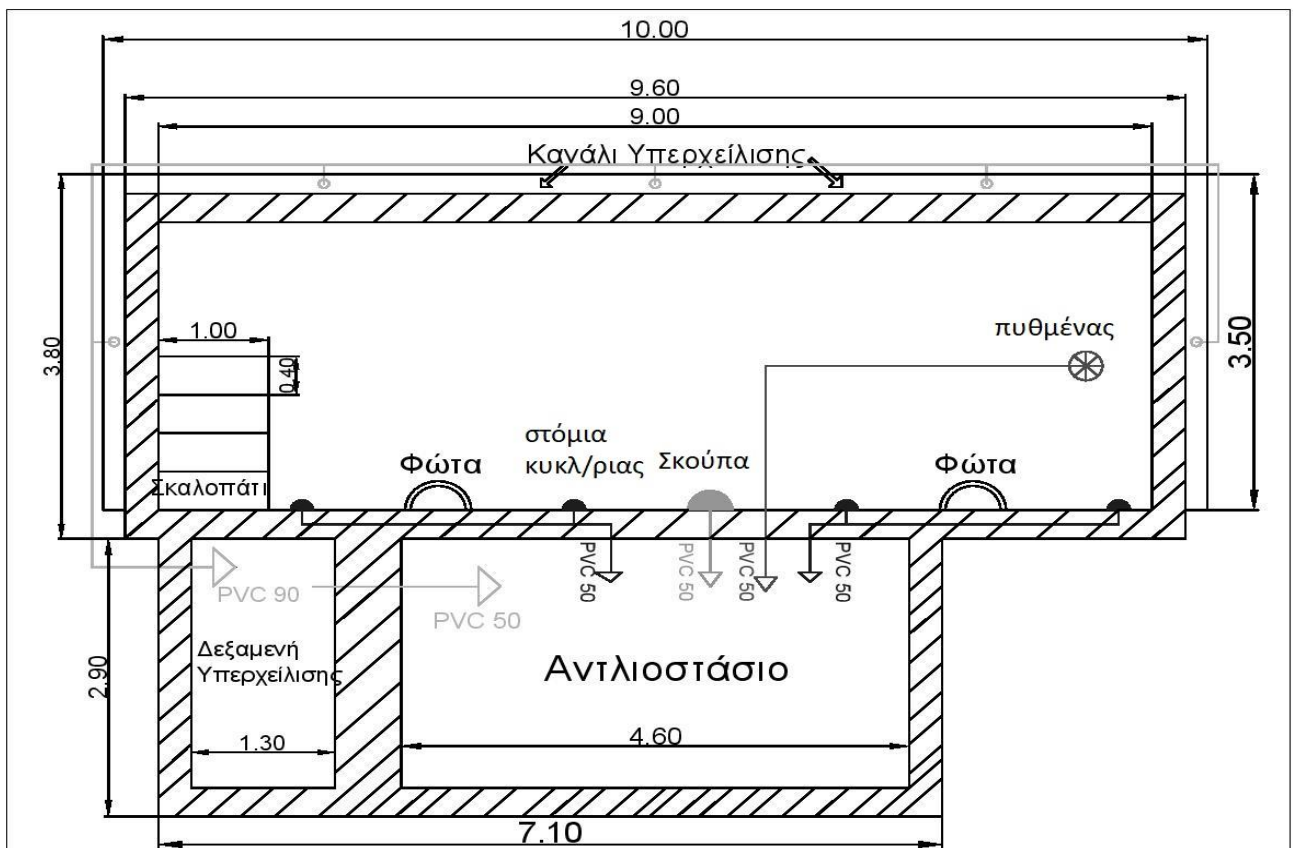
Η εξεταζόμενη κολυμβητική δεξαμενή θα είναι δημόσιας χρήσεως, υπαίθρια και θα κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο καθαρισμός του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής θα επιτυγχάνεται με διήθηση και συνεχή χλωρίωση κατά την ανακυκλοφορία του.



ΣΧΕΔΙΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



ΚΑΤΟΨΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ – ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ – ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ



## 2.2 Τεχνικά στοιχεία

Ο μέγιστος αριθμός των λουόμενων, οι οποίοι θα βρίσκονται ανά πάσα στιγμή εντός του περιφραγμένου χώρου της δεξαμενής (κυρίως δεξαμενή, διάδρομοι, αποδυτήρια, κτλ.) υπολογίζεται βάση της επιφάνειας του ύδατος, ως εξής:

Για τμήματα δεξαμενής μέχρι 1 m, η αναλογία είναι τουλάχιστον 1 m<sup>2</sup> επιφάνεια ύδατος ανά λουόμενο, ενώ για τμήματα δεξαμενής βάθους μεγαλύτερου από 1 m, η αναλογία γίνεται 2.5 m<sup>2</sup> επιφάνεια ύδατος ανά λουόμενο. Σημειώνεται ότι στους παραπάνω υπολογισμούς του μέγιστου φορτίου της δεξαμενής, αφαιρείται επιφάνεια 30 m<sup>2</sup> για κάθε σημείο καταδύσεως αυτής

Για εμβαδόν πισίνας με 27 m<sup>2</sup>, με βάθος μεγαλύτερο του 1m, αντιστοιχούν:

$$[27 \text{ m}^2 - (\text{σημεία καταδύσεως} * 30 \text{ m}^2)] * 1 \text{ άτομο} / 2,5 \text{ m}^2$$

$$= [27 - (0 * 30)] / 2,5 = 10,8 = \mathbf{11 \text{ άτομα}}$$

Σύμφωνα με τον παραπάνω αριθμό λουόμενων θα υπάρχουν:

- Ουρητήρια 1
- Αποχωρητήρια ανδρών 1
- Αποχωρητήρια γυναικών 1
- Καταιονητήρες (Ντους) 1
- Νιπτήρες 1

### 2.2.1 Υπολογισμοί γεωμετρικών στοιχείων

Μήκος δεξαμενής:  $x = 9 \text{ m}$

Πλάτος δεξαμενής:  $y = 3 \text{ m}$

Βάθος δεξαμενής:  $z = 1.5 \text{ m}$

Εμβαδόν δεξαμενής:  $A = x * y = 27 \text{ m}^2$

Όγκος νερού δεξαμενής:  $V = E * z = 40,5 \text{ m}^3$



Ο ρυθμός ανακυκλοφορίας Q του νερού που περιέχεται στην κολυμβητική δεξαμενή πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης ανανέωση του νερού σε χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο των 4 ωρών. Στην εξεταζόμενη κολυμβητική δεξαμενή ο ρυθμός ανακυκλοφορίας πρέπει να είναι τουλάχιστον

$$Q = 40.5/4 = 10.125 \text{ m}^3/h = 0.0028125 \text{ m}^3/sec \quad \text{εξίσωση (2.2.0)}$$

Η διάμετρος D των σωληνώσεων είναι 50mm, άρα το εμβαδόν

$$\text{της διατομής } A = \pi * D^2/4 = 3,14*(0.05)^2/4 = 0,00196 \text{ m}^2 \quad \text{εξίσωση (2.2.1)}$$

### 2.2.2 Δεξαμενή υπερχείλισης

Υπολογίζεται βάσει του κανονισμού DIN 19643-1, σύμφωνα με το οποίο η ωφέλιμη χωρητικότητα της δεξαμενής υπερχείλισης δίνεται από τον τύπο:

$$V = V_v + V_w + V_r$$

Όπου:

$V_v$  ο όγκος του εντοπιζόμενου νερού από την είσοδο των κολυμβητών

$V_w$  ο ογκος του υπερχειλιζοντος νερου από τους κυματισμούς των κολυμβητών

$V_r$  ο όγκος του αποθηκευμένου νερού για την πλύση των φίλτρων

Κατά το DIN 19643-1 είναι:

$$V_v = 0.075 * A / a \text{ σε } m^3 \quad \text{εξίσωση (2.2.2)}$$

Οπού A : η επιφάνεια της δεξαμενής σε  $m^2$

a : η επιφάνεια που αναλογεί σε κάθε κολυμβητή σε  $m^2$

Για κολυμβητικές δεξαμενές  $a = 4.5 \text{ m}^2$

$$V_w = 0.052 * A * 10^{-0.144Q/l} \text{ σε } m^3 \quad \text{εξίσωση (2.2.3)}$$

Οπού Q η παροχή ανακυκλοφορίας του νερού μέσω υπερχειλίσης σε  $m^3/h$

$Q = 0.222 * A$  για κολυμβητικές δεξαμενές

l : το μήκος του καναλιού υπερχειλίσης του νερού της δεξαμενής

$$V_r \geq 6 * A_f \quad \text{εξίσωση (2.2.4)}$$

Οπού  $A_f$  η επιφάνεια των φίλτρων που υφίστανται ταυτόχρονη πλύση

$$V_v = 0,075 * 27/4,5 = 0.45 m^3$$

$$V_w = 0.052 * 27 * 10^{-0.144Q/l}$$

$$Q = 0.222 * 27 = 6 m^3/h$$

$$l = 9 + 3 + 3 = 15 m$$

$$\text{Άρα } V_w = 0.052 * 27 * 10^{-0.144*6/15} = 1,23 m^3$$

Για τον υπολογισμό του  $V_r$ , υπολογίζω πρώτα το  $A_f$

Θεωρώ την συνολική παροχή ανακυκλοφορίας του νερού :

40,5  $m^3$  περιεχόμενο νερό στην δεξαμενή κολύμβησης

8  $m^3$  περιεχόμενο νερό στην δεξαμενή υπερχειλίσης (προεκτίμηση)

3  $m^3$  περιεχόμενο νερό σε σωληνώσεις και φίλτρο (προεκτίμηση)

$$\text{Περιεχόμενο νερό στο σύστημα} = 40,5 + 8 + 3 = 51,5 m^3$$

Για μια πλήρη ανακυκλοφορία ανά 4 ώρες η παροχή ανά ώρα είναι  $51,5/4 = 12,87 m^3/h$

Για ταχύτητα διέλευσης του νερού από τα φίλτρα 50 m/h απαιτείται φίλτρο επιφάνειας  $A_f = 12,87/50 = 0,25 m^2$

$$\text{Η διάμετρος του φίλτρου θα είναι } D = \sqrt{4 * \frac{0.25}{3.14}} = 0.564m = 564mm$$

Για πλύση του φίλτρου απαιτείται όγκος νερού

$$V_r \geq 6 * A_f = 6 * 0,25 = 1,5 m^3$$

Άρα ο απαιτούμενος όγκος δεξαμενής υπερχείλισης :

$$V = V_v + V_w + V_r = 0.45 + 1.23 + 1.5 = 3,18 \text{ m}^3 \approx 5 \text{ m}^3$$

Άρα θα κατασκευαστεί δεξαμενή όγκου  $5 \text{ m}^3$

### 2.2.3 Μανομετρικό αντλίας

Το ολικό μανομετρικό ύψος της αντλίας για ανοιχτό σύστημα δεξαμενής υπολογίζεται από την σχέση :

$$H_\alpha = H_{geo} + h_f + h_k \quad \text{εξίσωση (2.2.5)}$$

Όπου  $H_{geo}$  είναι το στατικό ύψος κατάθλιψης μεταξύ της δεξαμενής και της αντλίας και ισούται με **3 μέτρα**

Τραχύτητα σωλήνα για PVC	$K = 0,007 \text{ mm}$
Διάμετρος σωλήνα	$D = 50 \text{ mm}$
Μήκος σωληνώσεων	$L = 100 \text{ m}$
Παροχή νερού	$Q = 10.125 \text{ m}^3/\text{h}$
Κινηματική συνεκτικότητα νερού	$\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Βρίσκω σχετική τραχύτητα  $K/D = 0,00014$

Από εξίσωση συνέχειας έχω  $Q = V \cdot A \Rightarrow V = 0.0028125/0.00196 = 1.43 \text{ m/s}$  εξ. (2.2.6)

Ο αριθμός Reynolds θα είναι  $R_e = V \cdot D / \nu = 1.43 \cdot 0.05 / 1,01 \cdot 10^{-6} = 7.07 \cdot 10^{-4}$   
εξ. (2.2.7)

Από διάγραμμα Moody για  $K/D = 0.00014$  και  $R_e = 7.07 \cdot 10^{-4}$  έχω συντελεστή τριβής  $f = 0,0125$

Άρα από την σχέση Darcy-Weisbach οι γραμμικές απώλειες  $h_f$  για  $L = 125 \text{ m}$   
είναι  $h_f = f \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} = 0.0125 \cdot 100 / 0.05 * 1.43^2 / 2 \cdot 9.81 = 2,6 \text{ m}$  εξίσωση (2.2.8)

Άρα  $h_f = 2,6 \text{ m}$

Οι τοπικές απώλειες  $h_k$  υπολογίζονται από την σχέση :

$$h_k = K' * \frac{v^2}{2g} \quad \text{εξίσωση (2.2.9)}$$

Όπου  $K'$  είναι ο συντελεστής τοπικών απωλειών

Πίνακας 2.2.3

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Συντελεστής $K'$
Σφαιροειδής βάννα πλήρως ανοιχτή	0,05
Ταφ (διχασμός ροής)	2
Γωνία 45°	0,4
Γωνία 90°	1,5

Για 8 σφαιροειδείς πλήρως ανοιχτές βάννες έχω:

$$h_k = 0,05 * 8 * \frac{1,43^2}{2 * 9,81} = 0,041 \text{ m}$$

Για 4 Ταφ :

$$h_k = 2 * 4 * \frac{1,43^2}{2 * 9,81} = 0,833 \text{ m}$$

Για γωνία 4 γωνίες 45° :

$$h_k = 0,4 * 4 * \frac{1,43^2}{2 * 9,81} = 0,166 \text{ m}$$

Για 20 γωνίες 90° :

$$h_k = 1,5 * 20 * \frac{1,43^2}{2 * 9,81} = 3,126 \text{ m}$$

$$\text{Συν} h_k = 4,166 \text{ m}$$

Επομένως το ολικό μανομετρικό ύψος είναι :

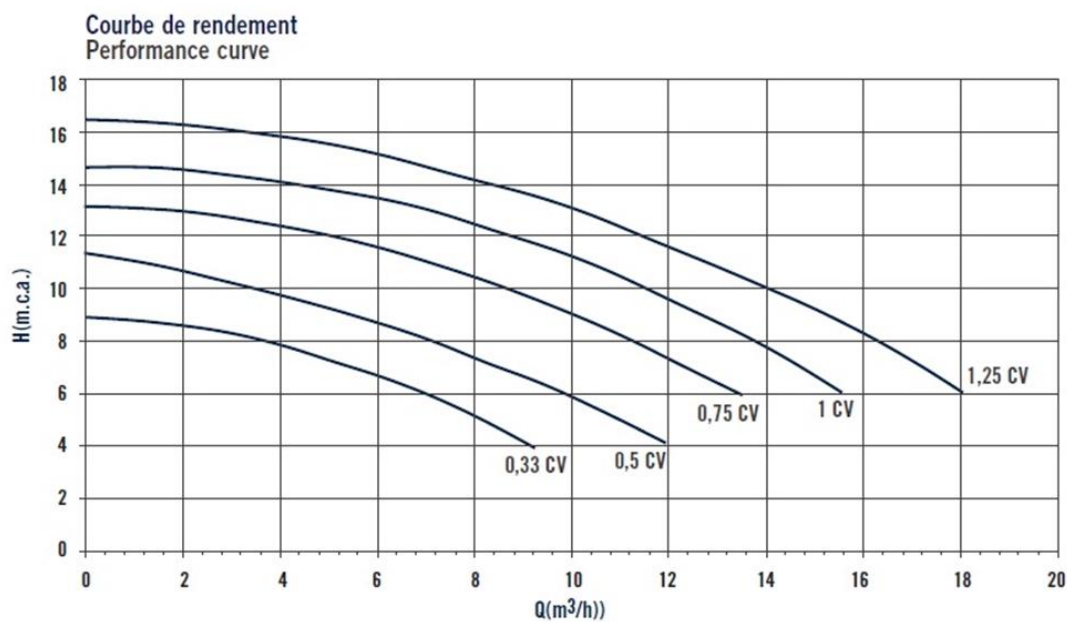
$$H_{\alpha} = 3m + 4.166m + 2.6m = 9.77 m$$

#### 2.2.4 Αντλία ανακυκλοφορίας

Η επιλογή της αντλίας ανακυκλοφορίας θα γίνει με βάση τον ρυθμό ανακυκλοφορίας  $Q = 10,125 m^3/h$  και το ολικό μανομετρικό  $H_{\alpha} = 9,77 m$ .

Η αντλία που θα τοποθετηθεί είναι μονοφασική, 1 HP ισχύος και με ονομαστική παροχή  $11,8 m^3/h$ .

Διάγραμμα των χαρακτηριστικών καμπύλων αντλίας SENA



#### 2.2.5 Φίλτρο διήθησης

Προβλέπεται ένα φίλτρο με ταχύτητα διήθησης  $50 m/h$ . Για παροχή ανακυκλοφορίας  $Q = 10,125 m^3/h$  η συνολική επιφάνεια του φίλτρου θα είναι:

$$A=10.125/50 = 0.2025 \text{ m}^2 \quad \text{εξίσωση (2.2.10)}$$

$$\text{Επομένως η διάμετρος του φίλτρου είναι } D = \sqrt{(0.2025 * 4)/3.14} = 0.507\text{m} = 507 \text{ mm} \quad \text{εξ. (2.2.11)}$$

Το φίλτρο που θα τοποθετηθεί θα είναι διαμέτρου 600 mm και ικανότητα διήθησης  $14 \text{ m}^3/\text{h}$

### 2.2.6 Στόμια εκροής νερού

Προβλέπεται ένας κλάδος σωλήνωσης που θα εγκιβωτιστεί στο τοιχίο της δεξαμενής έναντι της αύλακος υπερχειλίσης. Τα στόμια εκροής θα είναι διαμέτρου  $D=25\text{mm}$ .

Από εξίσωση συνέχειας  $Q = V * A$ , βρίσκω την ταχύτητα που κυκλοφορεί εντός της σωλήνωσης διαμέτρου  $D = 50\text{mm}$  και παροχής  $Q = 10,125 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = 1,43 \text{ m/s}$$

Εφαρμόζω ξανά την εξίσωση συνέχειας για να υπολογίσω την παροχή  $Q$  ανά στόμιο εκροής  $D = 25\text{mm}$ , για δεδομένη ταχύτητα  $V = 1,43 \text{ m/s}$

$$A = \pi * D^2/4 = 3.14 * (0,025)^2/4 = 4.9*10^{-4} \text{ m}^2$$

Επομένως η διερχόμενη παροχή ανά στόμιο θα είναι  $Q = 1.43 * 4.9*10^{-4}$

$$Q = 2.52 \text{ m}^3/\text{h}$$

Άρα για συνολική παροχή  $10,125 \text{ m}^3/\text{h}$  και  $2.52 \text{ m}^3/\text{h}$  ανά στόμιο απαιτούνται  $10,125/2,52 = 4$  στόμια εκροής των **25 mm**

### 2.2.7 Φρεάτια αναρρόφησης

Η αναρρόφηση θα γίνεται από φρεάτιο στον πυθμένα της δεξαμενής, στο βαθύτερο σημείο της και σε απόσταση τουλάχιστον 0,5 μέτρα από την κατακόρυφη πλευρά.

Ταχύτητα στο φρεάτιο αναρρόφησης :  $0,5 \text{ m/s} = 1800 \text{ m/h}$

Ταχύτητα στον σωλήνα αναρρόφησης :  $1,2 \text{ m/s} = 4320 \text{ m/h}$

Η παροχή του νερού που αναρροφάται από το φρεάτιο είναι το 50% του συνολικού νερού ανακυκλοφορίας, δηλαδή  $Q = 10,125/2 = 5.06 \text{ m}^3/\text{h}$

Για ταχύτητα αναρρόφησης στο φρεάτιο  $1800 \text{ m/h}$  απαιτείται επιφάνεια φρεατίου τουλάχιστον  $5,06/1800 = 0,00281 \text{ m}^2$

Προτείνεται η τοποθέτηση φρεατίου επιφάνειας **0,0314 m<sup>2</sup>** για την αποφυγή φραξέως από ακαθαρσίες, καθώς επίσης και για να υπάρχει δυνατότητα μεγαλύτερης παροχής αναρρόφησης όταν θα αποστραγγίζεται.

Ο σωλήνας αναρρόφησης του φρεατίου για ταχύτητα 4320 m/h και παροχή 5.06 m<sup>3</sup>/h, έχει επιφάνεια  $5,06/4320 = 0,00171 \text{ m}^2$

Άρα η εσωτερική διάμετρος του θα είναι :

$$D = \sqrt{0,00171 * 4/3,14} = 0,0466 = 46,6 \text{ mm}$$

Άρα για το φρέατο θα εγκιβωτιστεί σωλήνας PVC 6 atm ονομαστικής διαμέτρου DN 50mm και εσωτερικής διαμέτρου 46,6 mm.

Ο σωλήνας αναρρόφησης από την δεξαμενή υπερχειλίσης, στον οποίο η παροχή είναι ίδια 5,06 m<sup>3</sup>/h (το άλλο μισό της συνολικής παροχής ανακυκλοφορίας) θα είναι ομοίως DN 50mm.

### **2.2.8 Κανάλι-σωλήνες υπερχειλίσης**

Το νερό από το κανάλι υπερχειλίσης της δεξαμενής οδεύει προς την δεξαμενή υπερχειλίσης μέσω σωληνώσεων PVC 6 atm με κλίση 1%. Ο υπολογισμός γίνεται για δυνατότητα απορροής με φυσική ροή της παροχής υπερχειλίσης προσ αυξημένης κατά 50%.

Για κανάλι υπερχειλίσης με πλευρές:

$$L_1 = 9 \text{ m}$$

$$L_2 = 3 \text{ m}$$

$$L_3 = 3 \text{ m}$$

Για την ύπαρξη οπής ανά τέσσερα μετρά απαιτούνται  $9/4 = 2,25 \approx 3$  οπές στην μεγάλη πλευρά του καναλιού υπερχειλίσης, ενώ για τις μικρές  $3/4 = 0,75 \approx 1$  οπή σε κάθε πλευρά.

Οι οπές στην μεγάλη πλευρά του καναλιού θα απέχουν μεταξύ τους 3m και οι 2 ακραίες θα απέχουν από την εσωτερική πλευρά του τοιχίου 1,5m, ενώ στις μικρές πλευρές του καναλιού οι οπές θα βρίσκονται στο μέσο αυτού.

Παροχή ανακυκλοφορίας που προέρχεται από υπερχειλίση είναι

$$Q = 10,125/2 = 5,06 \text{ m}^3/h$$

Με προσαύξηση 50% η παροχή είναι  $5,06 * 1,5 = 7,59 \text{ m}^3/h$

Για σύνολο 5 οπών αναλογεί παροχή ανά οπή

$$7,59/5 = 1,51 \text{ m}^3/h$$

Προβλέπεται ένας κλάδος με κλίση 1% που θα παραλαμβάνει το νερό της υπερχειλίσης. Η παροχή Q στον κλάδο θα είναι  $1,51 * 5 = 7,59 \text{ m}^3/h$ .

Για ταχύτητα του νερού με φυσική ροή στον κλάδο θεωρώ  $V = 1800 \text{ m/h}$

$$\text{Επομένως η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα θα είναι } D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} = 0,0732 \text{ m} = 73,2 \text{ mm}$$

άρα θα τοποθετηθεί σωλήνας DN 90

### **2.2.9 Απολύμανση νερού**

Προτείνεται αυτόματος χλωριωτής ταμπλέτας με κάδο 5 kg για την απολύμανση του νερού. Ο χλωριωτής θα τοποθετηθεί με bypass σύνδεση στον σωλήνα που εξέρχεται από το φίλτρο διήθησης και θα διαθέτει βάνες ώστε να απομονώνεται σε περίπτωση υπέρβασης της περιεκτικότητας του χλωρίου στην δεξαμενή.

### **2.2.10 Φωτισμός δεξαμενής**

Προβλέπεται υποβρύχιος προβολέας LED τύπου PAR56 με ικανότητα φωτισμού  $25 \text{ m}^2$ .

Η επιφάνεια της δεξαμενής είναι  $27 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 = 1$  λάμπα φωτισμού

Για περισσότερο φωτισμό της δεξαμενής και καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα προτείνεται η τοποθέτηση **2 λαμπτήρων φωτισμού.**



## **2.3 Λειτουργία κολυμβητικής δεξαμενής**

Η κολυμβητική δεξαμενή θα έχει εξωτερική υπερχειλίση που διαμορφώνεται στα χείλη της. Το νερό αναρροφάται από τους στραγγίστηκες υπερχειλίσης (υπερχειλιστές) που τοποθετούνται στο παραπάνω κανάλι και μέσω των σωληνώσεων αναρρόφησης καταλήγει στη δεξαμενή Υπερχείλισης (Δ.Υ.). Από αυτήν και από το φρεάτιο πυθμένα το νερό αναρροφάται από τις αντλίες αναρρόφησης και καταθλίβεται προς τα φίλτρα καθαρισμού όπου υφίσταται διύλιση (φίλτραυση - μηχανικός καθαρισμός).

Μετά τη φιλτράρισα ακολουθεί ο μικροβιολογικός και χημικός καθαρισμός του νερού με αυτόματο χλωριωτή, ώστε να εξασφαλίζεται η καταστροφή μικροβίων και βακτηριδίων. Το καθαρό πλέον ουδέτερο νερό θα προσαγάγετε στην δεξαμενή με το δίκτυο προσαγωγής (σωληνώσεις κατάθλιψης) και τα αντίστοιχα ακροφύσια (στόμια εκροής νερού). Η απόπλυση του φίλτρου καθαρισμού γίνεται διαμέσου της βαλβίδας πολλαπλών διαδρομών (πολλαπλή βάννα) και με τη βοήθεια της αντλίας ανακυκλοφορίας. Το νερό απόπλυσης των φίλτρων οδηγείται σε φρεάτιο αποχέτευσης εξωτερικά του μηχανοστασίου.

Η κολυμβητική δεξαμενή θα γεμίσει αρχικά με υφάλμυρο νερό από γεώτρηση που θα το μεταφέρει υδροφόρα και η στάθμη της θα διατηρείται μέσω των αντλιών φίλτραυσης και της δεξαμενής υπερχειλίσης. Από το δίκτυο αυτό θα εξασφαλίζεται και η αναπλήρωση του νερού που χάνεται (υπερχείλιση, εξάτμιση, κολυμβητές κλπ), μέσω φλοτεροδιακόπτη που τοποθετείται εντός της δεξαμενής υπερχειλίσης.

## **2.4 Προδιαγραφές υλικών ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού**

### **α. Ηλεκτρικός Πίνακας**

Θα είναι επίτοιχος, στεγανός, κατασκευασμένος από θερμοπλαστικό υλικό, προστασίας IP 54. Θα φέρει απαραίτητα ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας και σύστημα προστασίας για έλλειψη φάσεως ή διαρροή και χρονοδιακόπτες 24ωρου προγράμματος, για ελεγχόμενη λειτουργία τόσο των αντλιών όσο και των υποβρύχιων προβολέων, καθώς και διακόπτη για αυτόματα ή χειροκίνητη λειτουργία. Η κατασκευή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα διάφορα όργανα του να είναι εύκολα προσιτά και τοποθετημένα σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους.

## **β. Αγωγοί – Καλώδια**

Θα είναι τύπου HO5VV-F, NYM και η εγκατάστασή τους θα γίνει σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών για υγρούς χώρους.

## **γ. Υποβρύχιοι προβολείς Κολυμβητικής Δεξαμενής**

Θα εγκατασταθούν στα τοιχώματα της κολυμβητικής δεξαμενής, στις θέσεις που φαίνονται στο συνημμένο σχέδιο και θα φέρουν λάμπα τύπου LED PAR56 20W/12V, με χωριστό μετασχηματιστή (Μ/Σ) 230V/12V-15W για τον κάθε προβολέα. Θα είναι κατασκευασμένοι από άσπρο ABS (cycolac) ανθεκτικό στη "γήρανση" και τη διάβρωση από τα χημικά της κολυμβητικής δεξαμενής. Θα φέρουν κέλυφος κατασκευασμένο από υψηλής ποιότητας ABS, που θα ενσωματωθεί στα τοιχία κατά τη σκυρόδεση της κολυμβητικής δεξαμενής και σε βάθος περίπου 50εκ. από την επιφάνεια του νερού. Η είσοδος του καλωδίου τροφοδότησης θα είναι στεγανή με καλώδιο μήκους 2,00m που επιτρέπει την εξαγωγή και επιθεώρηση ή αντικατάσταση του λαμπτήρα εκτός δεξαμενής. Η λειτουργία (άναμμα - σβήσιμο) των προβολέων θα γίνεται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα με ρυθμιζόμενο χρονοδιακόπτη 24ωρου προγράμματος, από τον ηλεκτρικό πίνακα της κολυμβητικής δεξαμενής.

## **δ. Μετασχηματιστές**

Θα είναι ισχύος 15W με σχέση μετασχηματισμού της τάσης 230V/12V, αεριζόμενοι, πλαστικοί, ABS με ρητίνη, με πλήρες σύστημα εξαερισμού για πλήρη απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας, κατάλληλοι για επίτοιχοι τοποθέτηση και εφοδιασμένοι με ασφαλιστική διάταξη του κυκλώματος χαμηλής τάσης. Θα τοποθετηθούν στο μηχανοστάσιο κοντά στον ηλεκτρικό πίνακα της κολυμβητικής δεξαμενής.

## **ε. Αντλία ανακυκλοφορίας**

Θα είναι φυγοκεντρικού τύπου, κατάλληλη για χρήση σε κολυμβητικές δεξαμενές με βάση για στήριξη στο δάπεδο του μηχανοστασίου. Θα είναι σχεδιασμένη για συνεχή λειτουργία (heavy Duty) σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας και θα πρέπει να είναι δυναμικά ισοζυγισμένη από το εργοστάσιο κατασκευής για σχεδόν αθόρυβη λειτουργία όσο αυτό είναι δυνατό. Η αντλία θα έχει σώμα, φτερωτή και προφίλτρο από NORYL. Μέσα στο προφίλτρο εμπεριέχεται αφαιρετό καλάθι από δικτυωτή σχάρα για την συγκράτηση και αφαίρεση ευμεγεθών στερεών (χαρτιά, τρίχες, φύλλα κλπ)

#### **στ. Φίλτρο Διήθησης**

Θα είναι κατασκευασμένο από fiberglass (FBG) υψηλής ταχύτητας, δυο στρωμάτων άμμου και θα φέρει εξωτερική επένδυση από διαφανές βερνίκι πολυουρεθανής. Θα φέρει μανόμετρο με εξαεριστικό για τον έλεγχο της πίεσης λειτουργίας που θα είναι 1 atm και την απομάκρυνση των σχηματιζόμενων θυλάκων αέρα που δημιουργούνται από την είσοδο αέρα στα υδραυλικά δίκτυα της εγκατάστασης. Επιπλέον αυτόματη βαλβίδα πολλαπλών εξόδων (Πολλαπλή βάννα-Multiport Valve) 1<sup>1/2</sup>", με τη βοήθεια της οποίας γίνεται κάθε λειτουργία της κολυμβητικής δεξαμενής. Φέρει έξι θέσεις για: φίλτρανση, αντίστροφη πλύση του φίλτρου, ξέπλυμα (rinse), αποχέτευση του νερού, ανακυκλοφορία χωρίς φίλτρανση, παύση λειτουργίας (κλειστή).

#### **ζ. Σωληνώσεις - Εξαρτήματα Υδραυλικού Δικτύου**

Όλες οι σωληνώσεις κατάθλιψης και αναρρόφησης θα είναι από σκληρό PVC, ονομαστικής πίεσης 10atm και όπου απαιτείται θα εντοιχισθούν στα δομικά στοιχεία της Κ.Δ. (πυθμένας, τοιχώματα) κατά τη σκυροδέτησή της. Οι σωληνώσεις υπερχειλίσεως θα είναι όμοιου τύπου και ποιότητας με τις παραπάνω, ονομαστικής πίεσης 6 atm. Θα εγκαθωτισθούν σε κανάλι άοπλου σκυροδέματος, που θα οδεύει περιμετρικά της δεξαμενής και θα καλυφθούν προσεκτικά με τα προϊόντα εκσκαφής αφού προηγηθεί λεπτομερής καθαρισμός και κοσκίνισα τους. Όλες οι ενώσεις θα γίνουν με ειδική κόλλα αφού προηγηθεί προσεκτικός καθαρισμός των σημείων που θα κολληθούν με χρήση primer καθαρισμού. Όλα τα εξαρτήματα (βάνες, μούφες, βαλβίδες αντεπιστροφής, ταυ, μικτοί σύνδεσμοι, ρακόρ, γωνίες, συστολές κλπ) θα είναι από σκληρό PVC, ονομαστικής πίεσης 10atm, κολλητά κατά DIN 19532.

#### **η. Στόμια εκροής νερού**

Θα είναι κατασκευασμένα από λευκό ABS στιβαρής κατασκευής κατάλληλα για κολυμβητικές δεξαμενές κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν). Θα έχουν στόμιο διαμέτρου Φ50 για σύνδεση με τους σωλήνες προσαγωγής και θα φέρουν ακροφύσιο διαμέτρου 25mm.

### **2.5 Ποιότητα νερού κολυμβητικής δεξαμενής**

#### **Χαρακτηριστικά νερού (φυσικά, χημικά, μικροβιολογικά)**

α) Το νερό της κολυμβητικής δεξαμενής θα ανανεώνεται πλήρως σε διάστημα 4 ωρών 3 φορές ημερησίως, για να αποφεύγεται η συνεχής λειτουργία της αντλίας και για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

β) Θα διατηρείται πάντα επαρκώς διαυγές και καθαρό.

γ) Η τιμή του ΡΗ του νερού της δεξαμενής θα διατηρείται μεταξύ 7,20 και 7,80 και η αλκαλικότητα του θα κυμαίνεται από 100 έως 200 mg/L

δ) Η μικροβιολογική ποιότητα του νερού κατά το χρόνο λειτουργίας της δεξαμενής θα ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

-Ο αριθμός των αναπτυσσόμενων αποικιών μικροβίων δεν θα υπερβαίνει τις 200/cm<sup>3</sup> νερού.

-Ο πιθανότατος αριθμός κολοβακτηριδίων (ΠΑΚ, MPN) δεν θα είναι ανώτερος των 15/100cm<sup>3</sup> νερού.

-Κανένα κολοβακτηρίδιο (E. Coli) δεν θα περιέχεται σε 100cm<sup>3</sup> νερού.

### **Εξοπλισμός Ελέγχου - Ανάλυσης Νερού**

Θα περιλαμβάνει όργανα μέτρησης της τιμής του ΡΗ και του Cl<sub>2</sub> για τον καθημερινό έλεγχο της ποιότητας του νερού και αντιδραστήρια (χαπάκια μέτρησης) για χρήση διάρκειας τριών μηνών.

## **2.6 Κατασκευαστικά στοιχεία**

### **Υλικά κατασκευής**

Για την κατασκευή της κολυμβητικής δεξαμενής θα χρησιμοποιηθούν ανθεκτικά υλικά, που θα εξασφαλίζουν υδατοστεγανότητα, λείες εσωτερικές επιφάνειες και θα πληρούν τις προδιαγραφές του οπλισμένου σκυροδέματος ενώ θα χρησιμοποιηθούν ειδικά στεγνωτικά γαλακτώματα για την πρόληψη διαρροών. Στα τοιχώματα της θα εντοιχιστούν τα ειδικά εξαρτήματα του εξοπλισμού και λειτουργίας (φλάντζες, φρεάτια, στόμια εκροής, φωτιστικά σημεία κ.λ.π)

### **Μηχανοστάσιο**

Στο χώρο του θα τοποθετηθούν τα μηχανήματα ανακυκλοφορίας και επεξεργασίας του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής. Θα κατασκευασθεί σε χώρο κοντά σε αυτήν που θα εξασφαλίζει άνετο χειρισμό των μηχανημάτων και συνθήκες περιβάλλοντος που να μην βλάπτουν τα μηχανήματα και το χειριστή τους. Στο δάπεδο του θα κατασκευαστεί φρεάτιο σε χαμηλότερη στάθμη από το βαθύτερο σημείο της κολυμβητικής δεξαμενής, ώστε να εξασφαλίζεται η φυσική ροή από τη δεξαμενή

προς αυτό κατά την εκκένωσή της. Επιπλέον το δάπεδο του θα κατασκευαστεί με κλίση προς αυτό ώστε τυχόν νερά που θα υπάρξουν (μικροποσότητες νερού κατά το ξέπλυμα του φίλτρου, τον καθαρισμό του προφίλτρου κ.λ.π.) να οδηγούνται σε αυτό με φυσική ροή. Σε σημείο που θα εξασφαλίζει την απουσία ύπαρξης ή δημιουργίας υγρασίας θα τοποθετηθεί ο ηλεκτρικός πίνακας του μηχανοστασίου της Κ.Δ. και από τον οποίο μέσω ιδιαίτερων γραμμών θα τροφοδοτούνται:

- οι αντλίες ανακυκλοφορίας
- η δοσομετρική αντλία (αν εγκατασταθεί)
- οι γραμμές φωτισμού του μηχανοστασίου
- οι γραμμές ρευματοδοτών του μηχανοστασίου
- οι γραμμές των υποβρύχιων προβολέων

### **Δεξαμενή Υπερχείλισης**

Κατασκευάζεται σε χώρο γειτονικό της κολυμβητικής δεξαμενής για την περισυλλογή μέσω των στομιών υπερχείλισης (υπερχειλιστές), του επιφανειακού στρώματος νερού της Κ.Δ. που απομακρύνεται σε όλη την περίμετρο της δεξαμενής κατά την χρήση της από τους λουόμενους. Από αυτή μέσω σωληνώσεων διαμέτρου Φ50 το νερό θα οδηγείται στην αντλία ανακυκλοφορίας και από εκεί θα οδηγείται στα φίλτρα για μηχανικό καθαρισμό (φίλτραυση). Στη συνέχεια θα προωθείται ξανά στην κολυμβητική δεξαμενή. Για την κατασκευή της θα χρησιμοποιηθούν ανθεκτικά υλικά για την εξασφάλιση υδατοστεγανότητας καθώς και ειδικά στεγνωτικά γαλακτώματα για την πρόληψη διαρροών. Η δεξαμενή υπερχείλισης θα τροφοδοτείται από το εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης του συγκροτήματος και η στάθμη της θα διατηρείται σταθερή μέσω φλοτέρ. Η ελάχιστη χωρητικότητα της ορίζεται σε 5,00m<sup>3</sup>. Επιπρόσθετα, για τον έλεγχο τόσο της στάθμης όσο και του φλοτεροδιακόπτη και του σωλήνα πλήρωσής της, θα φέρει μεταλλική θυρίδα επιθεώρησης (όπως και το μηχανοστάσιο) διαστάσεων 60X60cm με συγκολλητή φλάντζα σύμφωνα με το DIN 2631.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### 3.1 Ενεργειακές απαιτήσεις ανοιχτών κολυμβητηρίων

Η περίπτωση των ανοιχτών κολυμβητηρίων αποτελεί ευκολότερα διαχειρίσιμη και βιώσιμη ενεργειακά κατάσταση από τα κλειστά κολυμβητήρια, λόγω των μικρότερων ενεργειακών απαιτήσεών τους. Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης αντιστοιχεί στη θέρμανση της πισίνας, η οποία έχει μεν το μεγάλο πλεονέκτημα της θέρμανσης από ηλιακή ακτινοβολία, αλλά αντιμετωπίζει επίσης το πρόβλημα τεραστίων ποσοτήτων εξάτμισης νερού, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η μεγάλη διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ ανοιχτών και κλειστών κολυμβητηρίων, έχει εναποθέσει το μεγαλύτερο μέρος των ερευνητών στην ενεργειακή εξέταση των κλειστών κολυμβητηρίων και στην ανεύρεση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας.

Παρόλα αυτά, ο μεγάλος αριθμός εξωτερικών πισινών ιδιαίτερα στις περιοχές με θερμότερο κλίμα και η δυνατότητα λειτουργίας αυτών με μικρότερο κόστος από τις αντίστοιχες εσωτερικές, οδήγησε τους επιστήμονες σε συστηματικές έρευνες πάνω σε αυτές. Η συνολική κατανάλωση μόνο για θέρμανση (πισίνας και εσωτερικών χώρων)

στις ανοιχτές πισίνες σύμφωνα με μελέτες καταγράφεται μεταξύ 1400 – 1800 KWh/m<sup>2</sup>, αναλόγως την περιοχή εγκατάστασης της πισίνας αλλά και το σύστημα θέρμανσης που διαθέτει. Σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένες τιμές αντιστοιχούν σε πισίνα Ολυμπιακών διαστάσεων (50 m), για καθημερινή 12ωρη λειτουργία αυτών.

Ο καθαρισμός της πισίνας αποτελεί επίσης μεγάλο πρόβλημα, ειδικότερα κατά τη χειμερινή περίοδο που οι δυνατοί άνεμοι έχουν την δυνατότητα να παρασύρουν εντός της πισίνας πλήθος απορριμμάτων και λοιπών αντικειμένων που βρίσκονται στον περίβολο της πισίνας όπως επίσης και παρασυρόμενα κλαδιά, φύλλα, σκόνη κτλ. Το γεγονός αυτό απαιτεί τον εντονότερο και συνεχή καθαρισμό της πισίνας εκείνη τη περίοδο, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο επιπλέον το κόστος. Καταλήγοντας, σκόπιμο κρίνεται να αναφερθεί το γεγονός, ότι λόγω της άμεσης επιρροής της θερμοκρασίας

της πισίνας από τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα της περιοχής όπου βρίσκεται το εκάστοτε κολυμβητήριο, οι επιλεγόμενοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας αποφέρουν καλύτερα αποτελέσματα από το αν εφαρμοστούν σε αντίστοιχων διαστάσεων εσωτερικές πισίνες. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση παραδείγματος χάρη θερμικού καλύμματος (οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του οποίου θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο), αποδίδει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε ανοιχτή πισίνα καθώς περιορίζει την εξάτμιση και την απώλεια θερμότητας. Συνακόλουθα, στις

εξωτερικές πισίνες καθίσταται δυνατή η επιλογή περισσότερων τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας με ικανοποιητικά αποτελέσματα όπως χρήση θερμικού καλύμματος, τοποθέτηση συστοιχίας δέντρων ή θάμνων, κτίσιμο αντιανεμικής περίφραξης περιμετρικά της πισίνας για μείωση της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνεια του νερού κ.ά.

## **3.2 Κύριες αιτίες απωλειών ενέργειας στις κολυμβητικές δεξαμενές**

Οι απώλειες ενέργειας σε ανοιχτά και κλειστά κολυμβητήρια που απαιτούν την συνεχή επιτήρηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των πισινών με σκοπό την ισοστάθμιση απωλειών – κερδών και τη διατήρηση ικανοποιητικών συνθηκών εντός και εκτός της πισίνας, καθιστούν τα κολυμβητήρια ιδιαίτερα απαιτητικά ως κτίρια και δύσκολα στη διαχείρισή τους, τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά. Οι κύριες αιτίες ενεργειακών απωλειών εντοπίζονται κυρίως στο τμήμα της πισίνας όπου οι τεράστιοι όγκοι νερού που πρέπει συνεχώς να θερμαίνονται και να ανανεώνονται παρουσιάζουν πολλές ιδιομορφίες και καθιστούν το έργο αυτό εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό.

### **3.2.1 Εξάτμιση (evaporation)**

Ανεξαρτήτως της ιδιότητας της πισίνας (εσωτερική ή εξωτερική), το σημαντικότερο πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι επιστήμονες αλλά και οι υπεύθυνοι για την λειτουργία ενός κολυμβητηρίου αποτελεί η εξάτμιση. Το πρόβλημα εντείνεται στην περίπτωση των ανοιχτών κολυμβητηρίων όπου η άμεση επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί σημαντικά λειτουργικά προβλήματα ενώ στα κλειστά κολυμβητήρια, παρόλο που και εκεί το φαινόμενο είναι έντονο, καθίσταται δυνατός ο εν μέρει έλεγχος της εξάτμισης λόγω του ελέγχου της θερμοκρασίας στον περιβάλλοντα χώρο της πισίνας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με μελέτες που προηγήθηκαν, υπολογίστηκε ότι πάνω από το 60% των συνολικών απωλειών ενέργειας σε ανοιχτά κολυμβητήρια οφείλονται στην εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της πισίνας (E. Hahne, R. Kubler, Monitoring an simulation of the thermal performance of solar heated outdoor pools, 1994). Μάλιστα, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην Ολυμπιακών διαστάσεων εσωτερική πισίνα στο Εθνικό κολυμβητήριο της Ουαλίας το 2010 από το τμήμα Ενέργειας του Πανεπιστημίου Swansea, οι συνολικές απώλειες λόγω εξάτμισης ανέρχονται σε 10.000 KWh/d ενώ οι αντίστοιχες από τα φαινόμενα της αγωγής, επαφής με το έδαφος και ακτινοβολίας μετρήθηκαν συνολικά μόλις 600 KWh/d (P. Isaac, C. Hayes, R. Akers, 2010). Η εμφάνιση και ένταση του φαινομένου καθορίζεται από τέσσερις κύριες αιτίες :

Τη διαφορά θερμοκρασίας νερού και ατμόσφαιρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του νερού και τη θερμοκρασία αυτού, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα νερού εξατμίζεται. Για το λόγο αυτό, τα επίπεδα εξάτμισης του νερού είναι αυξημένα κατά τη διάρκεια της νύχτας (ιδιαίτερα τον χειμώνα) που η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται ενώ του νερού παραμένει στο επιθυμητό επίπεδο των 26 – 28 °C. Το

μεσημέρι σημειώνονται οι χαμηλότερες ημερήσιες τιμές εξάτμισης λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας εκείνη την ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τα επίπεδα υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Τα μεγάλα ποσοστά υγρασίας στην ατμόσφαιρα αντιστοιχούν σε μεγάλη περιεκτικότητα υδρατμών του ατμοσφαιρικού αέρα. Για το λόγο αυτό, σε ημέρες που καταγράφεται υψηλή τιμή υγρασίας, η εξάτμιση είναι μικρότερη από τις αντίστοιχες

ημέρες που ο αέρας είναι πολύ ξηρός (μικρή περιεκτικότητα αυτού σε υδρατμούς). Τότε παρατηρείται ιδιαίτερα έντονο το φαινόμενο της εξάτμισης.

Την επιφάνεια της πισίνας όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, στις Ολυμπιακών διαστάσεων πισίνες (50 m), καταγράφεται πολύ μεγαλύτερη ποσότητα νερού να εξατμίζεται από ότι στις μικρότερες (25 m).

Την ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια του νερού. Η μετρούμενη τιμή της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνεια της πισίνας, αποτελεί την κυριότερη και σημαντικότερη αιτία εξάτμισης νερού. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι ένα μικρό φύσημα του αέρα διάρκειας λίγων δευτερολέπτων, διπλασιάζει το ποσοστό εξάτμισης του νερού. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητο να εξετάζεται το κλίμα της πισίνας καθώς και να λαμβάνονται τιμές στο πεδίο για εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων. Όταν αυτό δεν καθίσταται δυνατό αλλά χρησιμοποιούνται δεδομένες τιμές από μετεωρολογικούς σταθμούς, κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιείται συντελεστής διόρθωσης (Surroundings Factor) δεδομένου ότι το σύνηθες ύψος των λαμβανόμενων μετρήσεων είναι περίπου στα 10 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τυπικές τιμές εξάτμισης από την υδάτινη επιφάνεια σε κλειστά και ανοιχτά κολυμβητήρια, όπως αυτές έχουν προκύψει από πειραματικές μελέτες κατά τη διάρκεια των χρόνων.

Πίνακα; 3.2.1

<b>Τυπικές τιμές εξάτμισης νερού</b>	
<b>Εξωτερική πισίνα</b>	
<b>0,5 kg νερό / h / m<sup>2</sup> υδάτινης επιφάνειας (1)</b>	
<b>Εσωτερική πισίνα</b>	
<b>13 g / h / m<sup>2</sup> (κατά τη διάρκεια χρήσης) (2)</b>	<b>6,5 g / h / m<sup>2</sup> (όταν δεν χρησιμοποιείται) (2)</b>



(1) Bliss, 1961

(2) IECU, International Centre for Energy and Environmental Technology, Energy Efficient Technologies in sports facilities, 1994

### **3.2.2 Συναγωγή (convection)**

Το φαινόμενο της συναγωγής που λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια της πισίνας συγκαταλέγεται στις αιτίες απώλειας θερμότητας και μάζας από το περιεχόμενο νερό. Λόγω της άμεσης επαφής των μορίων του αέρα με αυτών του ανώτερου στρώματος της επιφάνειας της πισίνας και τη μεταξύ τους διαφορά στη θερμοκρασία, παρατηρείται μεταφορά θερμότητας αλλά και μάζας από το υψηλότερο θερμοκρασιακά σύστημα στο χαμηλότερο (αναφερόμενοι στον ατμοσφαιρικό αέρα και το νερό της πισίνας που ανάλογα με την εποχή και την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα παρατηρείται μεταφορά θερμότητας και μάζας είτε από τον αέρα προς την υδάτινη επιφάνεια, είτε το αντίστροφο). Σημαντική παράμετρο αποτελεί η επιφάνεια της εκάστοτε εξεταζόμενης πισίνας, εφόσον μεγαλύτερη επιφάνεια επιφέρει και μεγαλύτερες απώλειες αλλά κυρίως η ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια. Σε αυτό το σημείο δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι κρίνεται απαραίτητο να ληφθεί υπόψη το ωράριο λειτουργίας της εκάστοτε πισίνας αλλά επίσης και η χρήση της. Πιο συγκεκριμένα, για τον ορθό υπολογισμό των απωλειών πρέπει να καθορίζονται οι ώρες χρήσης της αλλά και ο αριθμός των κολυμβητών και ο ρυθμός κολύμβησής τους. Οι αναταράξεις του νερού λόγω των κινήσεων των κολυμβητών αλλά και η θερμοκρασιακή διαφορά νερού (26 – 28 °C) και ανθρώπινου σώματος (36,5 °C περίπου), συμβάλλουν στη μεταφορά θερμότητας και μάζας και τους μηχανισμούς τους. Προκύπτει λοιπόν εύκολα το συμπέρασμα ότι κατά τη χειμερινή περίοδο το πρόβλημα είναι έντονο και προκαλεί μεγάλες θερμοκρασιακές απώλειες αλλά και απώλειες υδάτινου σώματος, ειδικότερα στις εξωτερικές πισίνες. Αντίθετα, κατά τη καλοκαιρινή περίοδο, θερμότητα μεταφέρεται από τον θερμότερο ατμοσφαιρικό αέρα στην επιφάνεια του νερού, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο βαθμιαία τη θερμοκρασία στην πισίνα, γεγονός το οποίο όμως προκαλεί σημαντικά προβλήματα εξαιτίας της υπερθέρμανσης της πισίνας και την απαραίτητη εισαγωγή κρύου νερού για εξισορρόπηση των συνθηκών. Η υψηλότερη επίσης θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος από αυτήν της πισίνας, ευθύνεται για μικρή αλλά μετρούμενη ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται από το ανθρώπινο σώμα των κολυμβητών στο νερό.

### **3.2.3 Ηλιακή ακτινοβολία (Solar radiation)**

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα των εξωτερικών πισινών λόγω της μετάδοσης θερμότητας στο νερό από την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία. Παρόλα αυτά, εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι παρατηρούνται επίσης θερμικές απώλειες λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, οι οποίες αν και δεν είναι μεγάλες σε σύγκριση με τις δύο προαναφερόμενες, αποτελούν μετρήσιμο μέγεθος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από το νερό παρουσιάζει επιλεκτικό χαρακτήρα καθώς το υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας απορροφάται για μερικά χιλιοστά μόλις, ενώ το ορατό – μικρού μήκους κλάσμα για πολλά μέτρα, φτάνοντας μέχρι τον πυθμένα λόγω της καθαρότητας του νερού. Από την ροή αυτή της εισερχόμενης ακτινοβολίας, μέρος αυτής προσπίπτει στον πυθμένα της πισίνας και στα τοιχώματα, απορροφάται εν μέρει και ανακλάται στη συνέχεια προς την επιφάνεια. Οι απώλειες ενέργειας της πισίνας προκύπτουν λόγω της ανταλλαγής υπέρυθρης ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα. Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα οφέλη και τα κέρδη σε θερμότητα από την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της πισίνας είναι σημαντικότερα και πολύ μεγαλύτερα ποσοτικά από τις αντίστοιχες απώλειες, παρόλα αυτά και οι απώλειες λόγω ακτινοβολίας πρέπει να αναφέρονται και να καταγράφονται.

### **3.2.4 Ανανέωση νερού**

Η εισαγωγή φρέσκου νερού στο εσωτερικό της πισίνας αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της σωστής λειτουργίας όλων των πισινών, ανεξαρτήτως αν χαρακτηρίζονται ως εσωτερικές ή εξωτερικές, μεγάλες ή μικρές, αγωνιστικές ή ψυχαγωγίας. Για τη διατήρηση της καθαρότητας του νερού και των απαιτούμενων από την νομοθεσία (ανεξαρτήτως χώρας) ποιοτικών χαρακτηριστικών του, επιβάλλεται η ανανέωση του νερού είτε με την εισαγωγή φρέσκου νερού από το υπάρχον σύστημα της περιοχής ή μέσω γεωτρήσεων, είτε μέσω του συστήματος φιλτραρίσματος και ανακυκλοφορίας νερού της πισίνας. Συνακόλουθα, απαραίτητη κρίνεται η αναπλήρωση του νερού διότι όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι ποσότητες νερού που χάνονται λόγω εξάτμισης είναι τεράστιες. Επίσης, απώλειες στη μάζα του νερού υφίστανται κατά την έξοδο των κολυμβητών εκτός της πισίνας αλλά και κατά τη διάρκεια κολύμβησης με κινήσεις οι οποίες οδηγούν το νερό εκτός πισίνας, στο δάπεδο του περιβάλλοντα χώρου ή στην υπερχειλίση. Όπως είναι φυσικό, η θερμοκρασία του νερού αναπλήρωσης δεν είναι στα επίπεδα του θερμαινόμενου νερού της πισίνας. Στις πλείστες των περιπτώσεων τα κολυμβητήρια χρησιμοποιούν σύνδεση με το υπάρχον σύστημα ύδρευσης όπου το νερό έχει συνήθως τη θερμοκρασία του πόσιμου νερού βρύσης, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 13 – 18 °C ανάλογα την περιοχή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή ποσότητας νερού στην πισίνα με διαφορά θερμοκρασίας δέκα βαθμών Κελσίου ή παραπάνω, συνεπώς η

συνολική θερμοκρασία του νερού μειώνεται. Με την ανάμιξη του νερού που καλύπτεται από το σύστημα αντλιών επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση του νερού και της θερμοκρασίας του, παρόλα αυτά μέρος της θερμότητας του ήδη θερμού νερού απορροφά το νεοεισαχθέν ψυχρότερο νερό. Συνεπώς, απαιτείται λειτουργία του συστήματος θέρμανσης του νερού και κατά την εισαγωγή του φρέσκου νερού.

### **3.2.5 Αγωγιμότητα με το έδαφος**

Η κατασκευή της πισίνας στην περίπτωση που δεν είναι προκατασκευασμένη αλλά χτιστή, πραγματοποιείται εντός του εδάφους με εκσκαφή. Παρόλη την εγκατεστημένη μόνωση των πισινών, παρουσιάζονται μικρές τιμές απωλειών στη θερμότητα λόγω αγωγιμότητας των τοιχωμάτων της πισίνας με το έδαφος. Στις εσωτερικές πισίνες, λαμβάνεται υπόψη το ποσοστό αυτό των απωλειών, στις εξωτερικές ωστόσο, οι καταγραφόμενες τιμές είναι πολύ μικρές. Συγκρίνοντάς μάλιστα αυτές με τις αντίστοιχες απώλειες λόγω εξάτμισης, παρατηρείται πολύ μεγάλη διαφορά, τέτοιου μεγέθους, ώστε στα ανοιχτά κολυμβητήρια να μην καταγράφονται και υπολογίζονται οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας με το έδαφος.

### **3.3 Θερμικά κέρδη**

Η πλήρης και αποτελεσματική ενεργειακή εξέταση των πισινών προαπαιτεί την αντιμετώπιση αυτών ως ένα ολοκληρωμένο αδιαβατικό σύστημα, το οποίο εξετάζεται ενεργειακά όσον αφορά αποκλειστικά και μόνο το νερό της πισίνας, τα θερμικά κέρδη και απώλειες αυτής. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο της εκάστοτε πισίνας ξεχωριστά, ανεξάρτητα αν σε ένα κολυμβητήριο υπάρχει κοινός ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός για όλες τις πισίνες αυτού, για τη θέρμανση των χώρων, του νερού των ντους και τις λοιπές απαιτήσεις. Οι ενεργειακές απώλειες επομένως, που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, πρέπει να αντισταθμίζονται από τα θερμικά κέρδη, έτσι ώστε να προκύπτει ένα ορθό, επιστημονικά εφικτό, ενεργειακό ισοζύγιο. Για το λόγο αυτό επομένως, σκόπιμη κρίνεται η αναφορά και ανάλυση των θερμικών κερδών των πισινών. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα ηλιακά θερμικά κέρδη, η θερμότητα από το βοηθητικό σύστημα θέρμανσης που εγκαθίσταται και από ηλιακούς συλλέκτες, αν υπάρχουν. Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα θερμικά κέρδη που απαιτείται να υπάρχουν ώστε να υποστηρίζεται η λειτουργία των πισινών.

### **3.3.1 Ηλιακή ακτινοβολία**

Η ηλιακή ακτινοβολία, ιδιαίτερα για τις εξωτερικές πισίνες, έχει τη δυνατότητα να συμβάλει στην θέρμανση του νερού σημαντικά, ιδιαίτερα στις πισίνες των χωρών με ιδανικές καιρικές συνθήκες και εύκρατο κλίμα όπως αυτές των Μεσογειακών χωρών. Στις πισίνες που βρίσκονται στο εσωτερικό των κτιρίων, η ηλιακή ακτινοβολία μελετάται από την πλευρά της ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος το οποίο προσπίπτει σε οριζόντιες επιφανειών όπως γυαλί ή πλαστικό (ανάλογα την κατασκευή του κολυμβητηρίου) ή την οροφή του κολυμβητηρίου. Σε αυτή τη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη για τους υπολογισμούς το πάχος του υλικού και οι συντελεστές εκπομπής, απορρόφησης και θερμικής αγωγιμότητάς του. Η περίπτωση των ανοιχτών κολυμβητηρίων με την απευθείας πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και ενδιαφέρον. Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην υδάτινη επιφάνεια πραγματοποιείται μέσω δύο μηχανισμών : την απορρόφηση από το ίδιο το νερό και την απορρόφηση από τα πλευρικά τοιχώματα και τον πυθμένα της πισίνας. Το ηλιακό φάσμα υπόκεινται στην έντονη, επιλεκτική συμπεριφορά του ύδατος, το οποίο απορροφά για λίγα μόνο χιλιοστά την υπέρυθη ακτινοβολία, ενώ για πολλά μέτρα το ορατό, μικρού μήκους κύματος τμήμα της ακτινοβολίας. Εξαιτίας του μικρού βάθους των πισινών (περίπου 2 – 2,5 m), το υπόλοιπο της ροής ακτινοβολίας προσπίπτει στον πυθμένα αλλά και στα τοιχώματα της πισίνας. Θεωρείται δεδομένο ότι, η αντανάκλαση της ακτινοβολίας από την πυθμένα και τα τοιχώματα είναι ιδανικά διάχυτη, ακολουθεί δηλαδή τον νόμο Lambert. Κατά την επιστροφή προς την επιφάνεια, μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας απορροφάται και μόνο για γωνίες πρόσπτωσης μικρότερες των  $48,7^\circ$  είναι δυνατό η ανακλώμενη ακτινοβολία να διαφύγει από την πισίνα. Σε περίπτωση γωνιών πρόσπτωσης μεγαλύτερες από  $49^\circ$  , προκύπτει ολική επιστροφή της ανακλώμενης ακτινοβολίας από τον πυθμένα και τα τοιχώματα, η οποία απορροφάται. Το μεταδιδόμενο κλάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας έπειτα από την είσοδό του στο νερό, η ροή ενέργειας που ανακλάται από τον πυθμένα, η συνολική ενέργεια που απορροφάται καθώς και οι βέλτιστες γωνίες πρόσπτωσης, καθίσταται δυνατό να υπολογιστούν μέσω εξισώσεων οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα που ακολουθεί για το ενεργειακό ισοζύγιο των πισινών.

### **3.3.2 Σύστημα θέρμανσης**

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός διαδραματίζει, μετά την πισίνα, τον σημαντικότερο ρόλο για τη λειτουργία ενός κολυμβητηρίου. Πραγματοποιείται μηχανολογική μελέτη για την εκάστοτε υπό κατασκευή πισίνα, σύμφωνα με τον τρόπο που πρόκειται να λειτουργήσει. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται υπόψη εκτός από τα κατασκευαστικά και τεχνικά χαρακτηριστικά της, ο αριθμός των ατόμων που θα εισέρχονται καθημερινά, οι ώρες λειτουργίας της, η περιοχή εγκατάστασης και τα κλιματολογικά της δεδομένα, η θερμοκρασία του νερού κτλ. Ακολουθώντας τις οδηγίες της νομοθεσίας

και της FINA, εκπονείται η μελέτη για τον βέλτιστο μηχανολογικό εξοπλισμό που πρέπει να εγκατασταθεί. Σε όλες τις περιπτώσεις παρόλα αυτά, στο μηχανοστάσιο όλων των κολυμβητηρίων συναντώνται τα ίδια μηχανήματα αλλά διαφορετικής ισχύος και δυνατοτήτων ανάλογα με την περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνονται :

- Λέβητας ή αντλία θερμότητας
- Δεξαμενή αποθήκευσης (πετρελαίου ή άλλου καυσίμου ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του εγκατεστημένου λέβητα)
- Εναλλάκτη θερμότητας (στη περίπτωση κλειστού συστήματος θέρμανσης με σύνδεση ηλιακών συλλεκτών)
- Σύστημα φίλτρανσης
- Σύστημα ανακυκλοφορίας

Το σύστημα θέρμανσης ιδιαίτερα στις κλειστές αλλά και ανοιχτές πισίνες, οι οποίες δεν εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια μέσω ηλιακών συλλεκτών πρέπει να βρίσκεται σε καθημερινή λειτουργία, για τουλάχιστον 8 με 10 ώρες την ημέρα στις μεγάλες πισίνες όπου γίνονται καθημερινές προπονήσεις αθλητών, εκμάθηση παιδιών μικρής ηλικίας και γενικά χρήση αυτής έως 16 ώρες την ημέρα. Μελετώντας τα στοιχεία και τις ενεργειακές απαιτήσεις, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η απαίτηση τεράστιων ποσοτήτων καυσίμων που απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, αποτελούν τροχοπέδη στην λειτουργία τους, ειδικότερα τη σημερινή περίοδο που το κόστος του πετρελαίου είναι τεράστιο και οι οικονομικοί πόροι στην Ελλάδα έχουν ελαχιστοποιηθεί.

### **3.4 Υπολογισμοί απωλειών θερμότητας**

Η συγκεκριμένη κολυμβητική δεξαμενή θα θερμαίνεται το διάστημα, Απρίλιο έως Οκτώβριο. Από τα κλιματικά δεδομένα της Σαντορίνης προκύπτει ότι οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες είναι τον Απρίλιο. Επομένως οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση μια ανεμώδη μέρα του Απριλίου, ώστε να καλυφθούν οι απώλειες στην δυσμενέστερη περίπτωση.

Εξετάζονται οι απώλειες:

- Λόγω αγωγιμότητας
- Λόγω συναγωγής
- Λόγω εξάτμισης
- Λόγω ακτινοβολίας

### 3.4.1 Απώλειες λόγω αγωγιμότητας

Για τα περιμετρικά τοιχία της δεξαμενής:

- Πάχος τοιχίου  $d_1 = 0.25\text{m}$  με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda_1 = 1,51 \text{ W/m}^*\text{K}$
- Πάχοςτσιμεντοκονίας  $d_2 = 0.04\text{m}$  με  $\lambda_2 = 1,39\text{W/m}^*\text{K}$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U για τα τοιχία είναι:

$$U = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0.25}{1.51} + \frac{0.04}{1.39}} = 5,15 \text{ W/m}^2*\text{K} \quad \text{εξίσωση (3.4.0)}$$

Ομοίως για τον πυθμένα της δεξαμενής για πάχος  $d = 0.3\text{m}$

$$U' = \frac{1}{\frac{0.3}{1.51} + \frac{0.04}{1.39}} = 4,39 \text{ W/m}^2*\text{K}$$

Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος για τον Απρίλιο  $\theta_{\pi} = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Η επιθυμητή θερμοκρασία δεξαμενής  $\theta_{\text{επιθ}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία εδάφους  $\theta_{\text{εδαφ}} = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία περιμετρικών διαδρόμων  $\theta_{\text{περ}} = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Επιφάνεια περιμετρικών τοιχίων:

$$A = [(9*1.5)*2] + [(3*1.5)*2] = 27 + 9 = 36 \text{ m}^2 \quad \text{εξίσωση (3.4.1)}$$

$$\text{Επιφάνεια πυθμένα } A' = 9*3 = 27 \text{ m}^2$$

Οι απώλειες αγωγιμότητας  $Q_{\alpha\gamma}$  είναι :

$$\begin{aligned} Q_{\alpha\gamma} &= [A * U * (\theta_{\text{επιθ}} - \theta_{\text{περ}})] + [A' * U' * (\theta_{\text{επιθ}} - \theta_{\text{εδαφ}})] \quad \text{εξίσωση (3.4.2)} \\ &= [36 * 5.15 * 19] + [27 * 4.39 * 19] \\ &= 5775 \text{ W} \end{aligned}$$

### 3.4.2 Απώλειες λόγω συναγωγής

Ο υπολογισμός των απωλειών συναγωγής γίνεται από τον τύπο

$$Q_{\text{συν}} = h_c * A * (T_{\text{πισ}} - T_{\text{περ}}) \quad \text{εξίσωση (3.4.3)}$$

Όπου:

$h_c$  = ο συντελεστής συναγωγής στην επιφάνεια της δεξαμενής  $W/m^2 * K$

$A$  = η επιφάνεια της δεξαμενής  $m^2$

$T_{\text{πισ}}$  = η θερμοκρασία της πισίνας  $^{\circ}K$

$T_{\text{περ}}$  = η θερμοκρασία περιβάλλοντος  $^{\circ}K$

Ο υπολογισμός του συντελεστή  $h_c$  γίνεται μέσω εμπειρικών εξισώσεων που προκύπτουν από συνδυασμό πειραματικών δεδομένων με την χρήση διαστατικής ανάλυσης. Στις εξισώσεις αυτές γίνεται χρήση αδιάστατων μεγεθών.

$$\text{Αριθμός Reynolds} \quad Re = \frac{u * L}{\nu} = \frac{u * L * \rho}{\mu} \quad \text{εξίσωση (3.4.4)}$$

$$\text{Αριθμός Prandtl} \quad Pr = \frac{C_p * \mu}{\lambda} \quad \text{εξίσωση (3.4.5)}$$

$$\text{Αριθμός Nusselt} \quad Nu = \frac{h_c * L}{\lambda} \quad \text{εξίσωση (3.4.6)}$$

$u$  = η ταχύτητα του αέρα σε  $m/s$

$L$  = η χαρακτηριστική διάσταση της επιφάνειας της δεξαμενής στην κατεύθυνση του ανέμου σε  $m$

$\nu$  = κινηματικό ιξώδες αέρα σε  $m^2/s$

$\rho$  = η πυκνότητα του αέρα σε  $kg/m^3$

$\mu$  = δυναμικό ιξώδες αέρα σε  $kg/m * s$

$C_p$  = η ειδική θερμοχωρητικότητα αέρα σε  $kJ/(kg K)$

$\lambda$  = θερμική αγωγιμότητα αέρα σε  $W/m * K$

Σύμφωνα με τα δεδομένα για μέση θερμοκρασία  $17^{\circ}C$  και πίεση περιβάλλοντος  $1 atm$ , από σχετικούς πίνακες έχω:

$$\nu = 15,11 * 10^{-6} m^2/s$$

$$\rho = 1,205 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 1,8 * 10^{-5} \text{ kg/m*s}$$

$$C_p = 1,005 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$\lambda = 0,0257 \text{ W/m*K}$$

$$u = 6 \text{ m/s}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$\text{Re} = u * L / \nu$$

$$\text{Re} = (6 * 3) / 15,11 * 10^{-6} = 1.191.264 > 5 * 10^5 \text{ επομένως η ροή είναι τυρβώδης}$$

$$\text{Pr} = (1005 * 1,8 * 10^{-5}) / 0,0257 = 0,7$$

Εφόσον έχω τυρβώδη και εξαναγκασμένη ροή για τον προσδιορισμό του αριθμού Nusselt ισχύει

$$\text{Nu} = \frac{h_c * L}{\lambda} = 0,037 * \text{Re}^{0,8} * \text{Pr}^{1/3} \quad 0,6 \leq \text{Pr} \leq 60$$

$$5 * 10^5 \leq \text{Re} \leq 10^7$$

$$\text{Nu} = 0,037 * 1.191.264^{0,8} * 0,7^{1/3} = 2384,3$$

$$\text{Άρα } \text{Nu} = \frac{h_c * L}{\lambda} \rightarrow 2384,3 = (h_c * 3) / 0,0257$$

$$h_c = 20,4 \text{ W/m}^2 * \text{K}$$

Οι απώλειες λόγω συναγωγής είναι

$$Q_{\text{συν}} = h_c * A * (T_{\text{πισ}} - T_{\text{περ}}) = 20,4 * 27 * (303 - 290) = 7160,4 \text{ W}$$

### 3.4.3 Απώλειες λόγω εξάτμισης

Ο ρυθμός εξάτμισης νερού, κατά ASHRAE APPLICATIONS HANDBOOK δίνεται από τον τύπο



$$W_p = A * (p_w - p_a) * (0.089 + 0.0782*V) / Y \quad \text{εξίσωση (3.4.7)}$$

Όπου

A = επιφάνεια δεξαμενής σε m<sup>2</sup>

p<sub>w</sub> = η πίεση κορεσμού υδρατμών στην επιφάνεια της δεξαμενής σε kPa

p<sub>a</sub> = η πίεση κορεσμού υδρατμών του περιβάλλοντος αέρα σε kPa

V = η ταχύτητα του αέρα πάνω από την επιφάνεια της δεξαμενής σε m/s

Y = η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης στην επιφάνεια δεξαμενής σε KJ/kg

According to ASHRAE (1999b):

“Humans are very sensitive to relative humidity. Fluctuations in relative humidity outside the 40 to 60% range can increase levels of bacteria, viruses, fungi and other factors that reduce air quality. For swimmers, 50 to 60% relative humidity is most comfortable. High relative humidity levels are destructive to building components. Mold and mildew can attack wall, floor, and ceiling coverings; and condensation can degrade many building materials. In the worst case, the roof could collapse due to corrosion from water condensing on the structure.”

Heat loads for a spa include building heat gains and losses from outdoor air, lighting, walls, roof, and glass, with internal latent heat loads coming generally from people and evaporation. The evaporation loads are large compared to other factors and are dependent on the pool characteristics such as the surface area of the pool, wet decks, water temperature and the activity level in the pool.

The evaporation rate (w<sub>p</sub> in kg/s) can be estimated for pools of normal activity levels, allowing for splashing and a limited area of wetted deck (Smith, et al., 1993) (ASHRAE, 1995).

$$w_p = A (p_w - p_a) (0.089 + 0.0782 V) / Y \quad [4]$$

where

A	=	area of pool surface, m <sup>2</sup>
p <sub>w</sub>	=	saturation vapor pressure taken at surface water temperature, kPa
p <sub>a</sub>	=	saturation pressure at room air dew point, kPa
V	=	air velocity over water surface, m/s
Y	=	latent heat required to change water to vapor at surface water temperature, kJ/kg

For Y values of about 2330 kJ/kg and V value of 0.10 m/s, and multiplying by an activity factor Fa to alter the estimate of evaporation rate based on the level of activity supported, equation [4] can be reduced to:

And, if w<sub>p</sub> is given in kg/hr, then equation [6] becomes;

$$w_p = 15.0 \times A (p_w - p_a) F_a \quad [7]$$

**Table 1. Common Values for p<sub>w</sub>**

For p <sub>w</sub> :	at 15°C water, p <sub>w</sub> = 0.0170 bar (1.70 kPa)
	at 20°C water, p <sub>w</sub> = 0.0234 bar (2.34 kPa)
	at 25°C water, p <sub>w</sub> = 0.0317 bar (3.17 kPa)
	at 30°C water, p <sub>w</sub> = 0.0425 bar (4.25 kPa)
	at 35°C water, p <sub>w</sub> = 0.0563 bar (5.63 kPa)
	at 40°C water, p <sub>w</sub> = 0.0738 bar (7.38 kPa)

For outdoor locations with a design dry bulb air temperature below 0°C, p<sub>a</sub> can be taken as 0.0061 bar (0.61 kPa). For indoor locations with a design from 40 and 60% humidity, the following values of p<sub>a</sub> can be use:

**Table 2. Common Values for p<sub>a</sub>**

Temperature °C	40% relative humidity bar (kPa)	50% relative humidity bar (kPa)	60% relative humidity bar (kPa)
20	0.0094 (0.94)	0.0117 (1.17)	0.0140 (1.40)
25	0.0127 (1.27)	0.0158 (1.58)	0.0190 (1.90)
30	0.0170 (1.70)	0.0212 (2.12)	0.0255 (2.55)

The following activity factors should be applied to the area of specific features, and not to the entire wetted area (ASHRAE, 1999b):

Type of Pool	Typical Activity Factor (F <sub>a</sub> )
Residential pool	0.5
Condominium	0.65
Therapy	0.65
Hotel	0.8
Public, schools	1.0
Whirlpools, spas	1.0
Wavepools, water slides	1.5 (minimum)

It is important to apply the correct activity factor for the estimation of the water evaporation rate, as for example, the difference in peak evaporation rates between private pools (residential) and active public pools of the same size may be more than 100%.

ASHRAE (1999b) recommends operating temperatures and relative humidity conditions for design, and

Από πίνακα της ASHRAE για  $p_w$  στους  $30^\circ\text{C}$  έχω:

$$p_w = 4,25 \text{ kPa}$$

Αντίστοιχα για  $p_a$  στους  $17^\circ\text{C}$  και σχετική υγρασία 60% έχω

$$p_a = 1,3 \text{ kPa}$$

Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης στους  $30^\circ\text{C}$  είναι  $Y=2430 \text{ KJ/kg}$

Επομένως το  $W_p$  θα είναι:

$$\begin{aligned} W_p &= 27 * (4,25 - 1,3) * (0,089 + 0,0782 * 6) / 2430 \\ &= 0.0182 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Άρα οι απώλειες λόγω εξάτμισης  $Q_{εξατ}$  είναι :

$$Q_{εξατ} = W_p * Y = 0,0182 * 2430 = 44,22 \text{ KW} = 44.220 \text{ W} \quad \text{εξίσωση (3.4.8)}$$

### 3.4.4 Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

Οι απώλειες λόγω ακτινοβολίας υπολογίζονται από την σχέση

$$Q_{ακτ} = \varepsilon * \sigma * A * (T_{\pi\sigma}^4 - T_{\pi\rho}^4) \quad \text{εξίσωση (3.4.9)}$$

Όπου

$\varepsilon$  = η ικανότητα εκπομπής του νερού 0,963 [Πιν. 3-1 Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας/ Μιχάλης Ι. Κτενιαδάκης]

$\sigma$  = η σταθερά Stefan-Boltzmann  $5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 * \text{K}^4$

$A$  = η επιφάνεια της δεξαμενής  $\text{m}^2$

$T_{\pi\sigma}$  = η θερμοκρασία της πύσσας  $^\circ\text{K}$

$T_{\pi\rho}$  = η θερμοκρασία περιβάλλοντος  $^\circ\text{K}$

Επομένως

$$Q_{\text{ακτ}} = 0,963 * 5.67 * 10^{-8} * 27 * (303^4 - 290^4)$$

$$Q_{\text{ακτ}} = 1999,2 \text{ W}$$

### 3.4.5 Συνολικές απώλειες δεξαμενής

$$Q_{\text{ολ}} = Q_{\text{αγ}} + Q_{\text{συν}} + Q_{\text{εξατ}} + Q_{\text{ακτ}} = 5775 + 7160,4 + 44.220 + 1.999,2 \quad \text{εξ (3.4.10)}$$

$$Q_{\text{ολ}} = 59.154 \text{ W} = 59,154 \text{ KW} = 51.256 \text{ Kcal/h}$$

### 3.5 Απαιτούμενη θερμική ισχύς στην φάση της αρχικής θέρμανσης της δεξαμενής

Για αρχική θέρμανση του νερού του συστήματος από 12 σε 30 °C απαιτείται ενέργεια

$$Q' = \rho * V * C_p * \Delta T \quad \text{εξίσωση (3.5)}$$

$\rho$  = η πυκνότητα του νερού 1000 kg/m<sup>3</sup>

$V$  = ο όγκος της δεξαμενής 40,5 m<sup>3</sup> (συν 5m<sup>3</sup> για το γέμισμα της δεξαμενής υπερχειλίσης)

$C_p$  = η ειδική θερμότητα νερού 4186 J/kg \* °K

$\Delta T$  = η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τελικού και αρχικού νερού 18 °C

$$Q' = 1000 * (40,5+5) * 4186 * 18 = 3.428.334 \text{ KJ} = 818.843 \text{ Kcal}$$

### 3.6 Λέβητας και εναλλάκτης

Εάν  $Q_{\lambda}$  η θερμική ισχύς του λέβητα σε Kcal/h,  $n = 0.9$  ο βαθμός απόδοσης του λέβητα και  $h$  οι ώρες αρχικής θέρμανσης του νερού, πρέπει :

$$Q_{\lambda} = Q_{\text{ολ}} + Q' = 51.256 + 818.843/h * n \quad \text{εξίσωση (3.6)}$$

Για χρόνο αρχικής θέρμανσης  $h = 72$  ώρες το  $Q_{\lambda} = 63.892 \text{ kcal/h}$

Με μια προσαύξηση 15% περίπου επιλέγεται λέβητας με θερμική ισχύ  $Q_{\lambda}=75.000$  kcal/h ο οποίος επαρκεί για την αρχική θέρμανση της πισίνας σε  $h = 38.31$  ώρες. Επιπλέον με μια προσαύξηση 20% επιλέγεται εναλλάκτης  $90.000$  kcal/h

Ο εναλλάκτης θα είναι πλακοειδής, το εξωτερικό του πλαίσιο θα αποτελείται από χάλυβα ο οποίος θα είναι βαμμένος με διπλής επίστρωσης βαφή, οι εσωτερικές του πλάκες από ανοξείδωτο χάλυβα, ενώ τα στόμια θα είναι κατασκευασμένα από τιτάνιο καθιστώντας τον κατάλληλο για εφαρμογές όπου το νερό περιέχει πολλά χλωριόντα.

**Πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας**
**ORAN**

**Εφαρμογές**

Όπου απαιτείται εναλλαγή θερμότητας μεταξύ δύο διαφορετικών ρευστών π.χ.

- \* παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- \* θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών (πισίνες)
- \* ηλιακά συστήματα
- \* συστήματα κλιματισμού
- \* ανάκτηση ενέργειας.

**Υλικά κατασκευής**

**Εξωτερικό πλαίσιο**  
Χάλυβας, βαμμένος με διπλής επίστρωσης βαφή, χρώματος κόκκινου

**Εσωτερικές πλάκες - στόμια**

- Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316
- Τιτάνιο

Για εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται νερό με αυξημένα χλωριόντα (π.χ. θέρμανση πισίνας ή θαλασσοθεραπεία ή χρήση νερού από παραθαλάσσια γεώτρηση).

**Ελαστικά παρεμβύσματα**

- EPDM (για συνήθεις χρήσεις)
- NBR (για τρόφιμα και λάδι)
- FKM (για ατμό υψηλής θερμοκρασίας)



**Παραδοχές θερμοκρασιών (T<sub>i</sub>) & πτώσης πίεσης (ΔP)**

**Για τους εναλλάκτες του τιμοκαταλόγου έχουν γίνει οι εξής παραδοχές:**

**T1:** Θερμοκρασία εισόδου πρωτεύοντος 80°C  
**T4:** Θερμοκρασία εξόδου πρωτεύοντος 60°C  
**T3:** Θερμοκρασία εισόδου δευτερεύοντος 15°C  
**T2:** Θερμοκρασία εξόδου δευτερεύοντος 45°C  
**Πτώση πίεσης** κυκλωμάτων εναλλάκτη περίπου 2mΥΣ.

**Τύποι ORZ-2, ORZ-3**



**Τύποι M6/1, M6/3, ORZ-100**



**Τεχνικά χαρακτηριστικά**

**Μέγιστη πίεση λειτουργίας / δοκιμής**

**ORZ-2:** 16/21bar  
**M6/1:** 16/21bar  
**ORZ-3:** 16/21bar  
**M6/3:** 16/21bar  
**ORZ-100:** 10/13bar ή 16/21bar αναλόγως τύπου.

**Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας**

- Ελαστικά EPDM/NBR: 140°C/160°C
- Ελαστικά FKM : 200°C

Τύπος ORZ - 2					
Πλάκες	Ισχύς πρωτ. (Kcal/h)	Παροχή κυκλώματος* (lt/h)		Τιμή	
		Πρωτεύον	Δευτερεύον	INOX S.S.316	TITANIO
11	35.000	1.750	1.170	641,00 €	
13	42.000	2.100	1.400	677,00 €	
15	49.000	2.450	1.630	713,00 €	
17	56.000	2.800	1.870	749,00 €	
19	63.000	3.150	2.100	785,00 €	
21	70.000	3.500	2.330	821,00 €	
23	77.000	3.850	2.570	857,00 €	
25	84.000	4.200	2.800	893,00 €	
27	91.000	4.550	3.030	929,00 €	
29	97.000	4.850	3.230	965,00 €	
31	103.000	5.150	3.430	1.001,00 €	
33	109.000	5.450	3.630	1.037,00 €	
35	115.000	5.750	3.830	1.073,00 €	
37	120.000	6.000	4.000	1.109,00 €	
39	125.000	6.250	4.170	1.145,00 €	
41	130.000	6.500	4.330	1.181,00 €	
43	135.000	6.750	4.500	1.217,00 €	
45	140.000	7.000	4.670	1.253,00 €	
47	145.000	7.250	4.830	1.289,00 €	
49	150.000	7.500	5.000	1.325,00 €	
51	155.000	7.750	5.170	1.361,00 €	
53	160.000	8.000	5.330	1.397,00 €	
55	165.000	8.250	5.500	1.433,00 €	

Τιμές κατόπιν ζήτησης - Χρόνος παράδοσης άμεσος



Τύπος ORZ-2
Διάμετρος στομιών βασικού μοντέλου: DN32 (1 1/4") - αρσ.σπείρωμα S.S.316

Εξαρτήματα ORZ-2	Τιμή
Πλάκα S.S.316 με ελαστικό EPDM	19,00 €
Πλάκα τιτανίου με ελαστικό EPDM	κατόπιν ζήτησης
Ελαστικό EPDM ή NBR (για λάδι) Μέγιστη θερμοκρασία 140°C (160°C)	10,00 €
Ελαστικό FKM-103 (για ατμό) Μέγιστη θερμοκρασία 200°C	50,00 €
Πλαίσιο χαλύβδινο με 4 ανοξείδωτα στόμια	510,00 €
Πλαίσιο χαλύβδινο με 2 ανοξείδωτα στόμια και 2 στόμια τιτανίου	κατόπιν ζήτησης

### 3.7 Δεξαμενή πετρελαίου

Σε κανονική λειτουργία της πισίνας απαιτείται  $Q_{ολ} = 51.256 \text{ kcal/h}$

$H_u =$  θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 8772 kcal/lt

$n =$  βαθμός απόδοσης λέβητα 0,9

Η ωριαία κατανάλωση πετρελαίου θα είναι :

$$B = \frac{Q_{ολ}}{n \cdot H_u} = \frac{51.256}{0,9 \cdot 8794,8} = 6,49 \text{ lt/h} \quad \text{εξίσωση (3.7)}$$

Αν θεωρήσουμε ότι η απαίτηση της δεξαμενής είναι συνεχής επι 24ωρου βάσεως τότε η μέση ημερήσια κατανάλωση θα είναι :

$$B = 6,49 * 12 = \mathbf{77,88 \text{ lt ανά ημέρα}}$$

Θα τοποθετηθεί δεξαμενή χωρητικότητας  $3 \text{ m}^3$ . Ο όγκος αυτός επιτρέπει εφεδρεία  $3000\text{lt} / 77,88\text{lt} \approx 38$  ημέρες

### 3.8 Αντλία θερμότητας

Για τις ίδιες απώλειες εξετάζεται η περίπτωση τοποθέτησης αντλίας θερμότητας αντί του λέβητα πετρελαίου. Σε αυτήν την περίπτωση η θερμική ισχύς της αντλίας υπολογίζεται ως :

$$Q_a = Q_{ολ} + Q'/h \quad \text{Για } h = 120 \text{ ώρες} \quad \text{εξίσωση (3.8)}$$


$$Q_a = 51.256 + 818.843 / 120 = 58079,6 \text{ kcal/h} = 67,5 \text{ KW}$$

Επομένως επιλέγεται η PROHEAT 90 της Astral pool με COP = 4,78

με ισχύ εισόδου 16,5 KW και ισχύ εξόδου 78,8 KW στους 15°C εξωτερική θερμοκρασία.

## AIR/WATER HEAT PUMPS WITH AXIAL VENTILATOR, FOR OUTDOOR INSTALLATION

### Proheat

TECHNICAL FEATURES									
MODELS		PROHEAT 30	PROHEAT 45	PROHEAT 51	PROHEAT 60	PROHEAT 90	PROHEAT 102	PROHEAT 130	
CODE	STANDARD	57019	57020	57021	57022	57023	57024	57025	
	REVERSIBLE	57026	57027	57028	57029	57030	57031	57032	
VOLTAGE		W/Ph/Hz							400 / 300 / 50
WATER CONDENSER		TITANIUM							
COMPRESSOR		SCROLL							
REFRIGERANT	STANDARD R 407 - C	4	6	8	10	15	17	20	
	PLUS R 410 - C	4.5	6.2	8.6	10.8	16	18.2		
WATER FLOW		m <sup>3</sup> /h							10 15 20 34 44 48 75
HEAD LOSS		Kps							10 10 12 12 14 14 14
VENTILATORS		AXIAL							
SOUND LEVEL at 1 m		dB							79 81 81 79 79 75 81
Ø CONNECTION		mm							63 63 63 63 75 75 90
27°C T° AIR 24°C T° WATER	INPUT POWER	KW							8.23 10.01 12.67 14.89 18.50 25.07 30.69
	OUTPUT POWER	KW							37.70 43.60 58.70 65.90 87.90 117.20 136.80
	COP								4.58 4.36 4.63 4.43 4.75 4.67 4.46
15°C T° AIR 24°C T° WATER	INPUT POWER	KW							6.85 8.39 10.53 12.43 16.50 20.79 25.77
	OUTPUT POWER	KW							33.90 39.70 53.80 60.90 78.80 108.00 127.00
	COP								4.94 4.73 5.10 4.89 4.78 5.10 4.92
5°C T° AIR 24°C T° WATER	INPUT POWER	KW							6.30 7.78 9.62 11.41 14.70 18.97 23.72
	OUTPUT POWER	KW							29.90 34.80 46.90 55.20 69.20 95.10 116.20
	COP								4.75 4.47 4.88 4.84 4.71 5.01 4.90
POWER LOWER THAN 5°C ONLY FOR PROHEAT PLUS MODELS									
0°C T° AIR 24°C T° WATER	INPUT POWER	KW							6.51 7.35 10.64 12.83 16.55 22.44 27.92
	OUTPUT POWER	KW							22.93 26.83 36.40 42.33 53.80 74.05 89.35
	COP								3.52 6.65 3.42 3.30 3.25 3.30 3.20
-5°C T° AIR 24°C T° WATER	INPUT POWER	KW							4.56 5.24 7.62 9.20 12.19 16.31 20.03
	OUTPUT POWER	KW							15.95 18.85 25.90 29.45 38.40 53.00 62.50
	COP								3.50 3.60 3.40 3.20 3.15 3.25 3.12
DIMENSIONS									
		A (mm)	1.800	1.800	1.800	1.800	2.350	2.350	2.350
		B (mm)	1.208	1.208	1.208	1.208	1.208	1.208	1.208
		C (mm)	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880
NET WEIGHT		Kg							220 349 420 450 470 510 550

### 3.9 Ηλιακός συλλέκτης

Προτείνεται η τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη χωρίς κάλυμμα ως βοηθητικό σύστημα θέρμανσης μαζί με την αντλία θερμότητας ή τον λέβητα πετρελαίου. Μερικά από τα πλεονεκτήματα ενός επιπέδου συλλέκτη χωρίς κάλυμμα είναι τα εξής:

- 1) Χαμηλό κόστος, χρόνος αποπληρωμής 1-5 έτη
- 2) Συνδυασμός και με άλλα συστήματα θέρμανσης (λέβητες, αντλίες θερμότητας)
- 3) Η αισθητική ένταξη των συλλεκτών του συστήματος είναι αρκετά ομαλή

Η μέγιστη θερμοκρασία που μπορούν να προσφέρουν οι συλλέκτες αυτοί σε πισίνες μπορεί να φτάσει μέχρι και τους 25°C. Επομένως για το συγκεκριμένο έργο που οι απαιτήσεις είναι 30°C, ο συλλέκτης θα λειτουργεί ως προθέρμανση του νερού της πισίνας. Αποσκοπώντας έτσι στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης

Γενικά ισχύει ότι η απαιτούμενη επιφάνεια ενός τέτοιου συλλέκτη ορίζεται ως 0,8 \* m<sup>2</sup> επιφάνειας πισίνας. Επομένως η επιφάνεια του συλλεκτή  $A_{σουλλ}$  είναι :

$$A_{σουλλ} = 0,8 * 27 = 21.6 \text{ m}^2$$

### 3.10 Υπολογισμός ενεργειακού κέρδους συλλέκτη

Για την συγκεκριμένη περιοχή με γεωγραφικό πλάτος  $\varphi = 36^\circ$ , γεωγραφικό μήκος  $L = 25^\circ$ , κλίση συλλέκτη  $\beta = 25^\circ$  και νότιο προσανατολισμό, προκύπτουν τα εξής δεδομένα για την μέση ημερήσια ενεργειακή απολαβή ( Πηγή: Photovoltaic geographical information system PVGIS)

Latitude: 36°25'38" North,  
Longitude: 25°25'39" East  
Nominal power of the PV system: 1kWp  
Inclination of modules: 25deg.  
Orientation (azimuth) of modules: 0deg.

Πίνακας 3.10

Month	Ed	Em	Hd	Hm
1	2.68	83.1	3.41	106
2	3.16	88.5	4.07	114
3	4.63	143	6.00	186
4	5.24	157	6.87	206
5	5.47	170	7.35	228



6		5.71		171		7.77		233
7		5.58		173		7.65		237
8		5.37		167		7.39		229
9		5.13		154		6.96		209
10		4.17		129		5.52		171
11		3.02		90.7		3.93		118
12		2.37		73.3		3.02		93.5
Year		4.38		133		5.84		178

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Επομένως η μέση ημερήσια πυκνότητα ισχύος για τον Απρίλιο θα είναι  $G_d = \frac{H_d}{12} = \frac{6.87}{12} = 0.5725 \text{ Kw/m}^2 = 572.5 \text{ W/m}^2$  εξίσωση (3.10)  
(Οπού 12 η μέση διάρκεια της ημέρας σε ώρες h)

Το ενεργειακό κέρδος του συλλέκτη ορίζεται ως :

$$Q = A * G_d * [F_r * (\tau * \alpha)] - A * [F_r * U_l] * (T_\mu - T_\alpha) \quad \text{εξίσωση (3.11)}$$

Q = ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς W

A = επιφάνεια συλλέκτη m<sup>2</sup>

G<sub>d</sub> = ένταση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη W/m<sup>2</sup>

F<sub>r</sub> = συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

τ = διαπερατότητα του διάφανους καλύμματος του συλλέκτη στην ηλιακή ακτινοβολία

α = απορροφητικότητα του απορροφητήρα για την ηλιακή ακτινοβολία

U<sub>l</sub> = συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη W/m<sup>2</sup> \* °C

T<sub>μ</sub> =  $\frac{T_{εισ} + T_{εξ}}{2}$  Η μέση θερμοκρασία του ρευστού στον συλλέκτη °C

T<sub>εισ</sub> = Η θερμοκρασία εισόδου του νερού στον συλλέκτη 12 °C

T<sub>εξ</sub> = Η θερμοκρασία εξόδου του νερού από το συλλέκτη 25°C

T<sub>α</sub> = θερμοκρασία περιβάλλοντος 17°C

Για επίπεδο συλλέκτη χωρίς τζαμί και μόνωση και ταχύτητα 2,2 m/s ο συντελεστής  $[F_r * (\tau * \alpha)] = 0.86$ , ενώ ο συντελεστής  $[F_r * U_l] = 21,5 \text{ W/m}^2 * \text{ }^\circ\text{C}$

Επομένως η ωφέλιμη ισχύς του συλλέκτη είναι :

$$Q = 21.6 * 572.5 * 0.86 - 21.6 * 21.5 * (18.5 - 17) = 10.643 - 696$$

$$Q = 9947 \text{ W}$$

Υπολογίζοντας ξανά τις απώλειες, επιλεγώ αυτή την φορά επιθυμητή θερμοκρασία της πισίνας τους 25°C για να δω τι ποσοστό καλύπτει ο συλλέκτης.

Για απώλειες λόγω αγωγιμότητας έχω :

$$\begin{aligned} Q_{\alpha\gamma} &= [A * U * (\theta_{\text{επιθ}} - \theta_{\text{περ}})] + [A' * U' * (\theta_{\text{επιθ}} - \theta_{\text{εδαφ}})] \\ &= [36 * 5.15 * 14] + [27 * 4.39 * 14] \\ &= 4254 \text{ W} \end{aligned}$$

Οι απώλειες λόγω συναγωγής είναι

$$Q_{\text{συν}} = h_c * A * (T_{\text{πισ}} - T_{\text{περ}}) = 20,4 * 27 * (298 - 290) = 4406 \text{ W}$$

Οι απώλειες λόγω εξάτμισης είναι

$$W_p = A * (p_w - p_a) * (0.089 + 0.0782 * V) / Y$$

Από πίνακες για  $p_w$  στους 25°C έχω:

$$p_w = 3.17 \text{ kPa}$$

Αντίστοιχα για  $p_a$  στους 17°C και σχετική υγρασία 60% έχω

$$p_a = 1,3 \text{ kPa}$$

Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης στους 30°C είναι  $Y=2441.8 \text{ KJ/kg}$

Άρα το  $W_p$  είναι :

$$W_p = 27 * (3,17-1,3) * (0,089 + 0,0782*2,2)/2441,8 = \mathbf{0,00539 \text{ kg/s}}$$

Άρα οι απώλειες λόγω εξάτμισης  $Q_{εξατ}$  είναι :

$$Q_{εξατ} = W_p * Y = \mathbf{0,00539 * 2441,8 = 13,161 \text{ KW} = 13.161 \text{ W}}$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$Q_{ακτ} = \epsilon * \sigma * A * (T_{πισ}^4 - T_{περ}^4) = 0,963 * 5.67 * 10^{-8} * 27 * (298^4 - 290^4) \\ = \mathbf{1199 \text{ W}}$$

Άρα οι συνολικές απώλειες στην περίπτωση όπου η πισίνα θερμαίνεται στους 25°C ανέρχονται σε :

$$Q_{ολ} = 4.254 + 4.406 + 13.161 + 1.199 = \mathbf{23.020 \text{ W} = 23,02 \text{ KW}}$$

$$Q/Q_{ολ} = 9.947 / 23.020 = \mathbf{0,432 = 43,2\%}$$

Η ωφέλιμη θερμική ισχύς του συλλέκτη καλύπτει περίπου το 43,21% των συνολικών απωλειών σε αυτή την περίπτωση

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

### **4.1 Αποτελέσματα**

Συγκρίνοντας τα δυο συστήματα θέρμανσης για τον μηνά Απρίλιο προκύπτει:

#### **Θέρμανση με λέβητα**

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 77,88 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται =  $77,88\text{lt} * 0.8 \text{ €/lt} = 62.3 \text{ €}$

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $62,3 * 30 = 1869 \text{ €}$

### Αρχική θέρμανση της πισίνας με λέβητα

Έχει υπολογιστεί η ωριαία κατανάλωση πετρελαίου **B = 6,49lt/h**. Με βάση την θερμική ισχύ του λέβητα για να θερμανθεί το νερό της πισίνας από τους 12°C στους 30°C απαιτούνται **38,31 ώρες**. Επομένως για την περίπτωση του λέβητα πετρελαίου θα καταναλωθούν :

$$6,49 * 38,31 = 248,6 \text{ lt πετρέλαιο}$$

Άρα το κόστος είναι  $248,6 \text{ lt} * 0.8 \text{ €/lt} = 198,8 \text{ €}$

### Θέρμανση με αντλία θερμότητας

Τιμή κιλοβατώρας =  $0,095 \text{ €/KWh}$

Ισχύς αντλίας θερμότητας =  $16,8 \text{ KW}$

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας =  $18 \text{ ώρες}$

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $16,8 * 18 = 302,4 \text{ KWh}$

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $302,4 * 0,095 = 28,72 \text{ €}$

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $28,72 * 30 = 861,8 \text{ €}$

### Αρχική θέρμανση της πισίνας με αντλία θερμότητας

Αντίστοιχα για την αντλία θερμότητας, ο χρόνος που απαιτείται για να θερμανθεί η πισίνα υπολογίζεται από την σχέση :

$$Q_a = Q_{ολ} + Q'/H \rightarrow 58.079,6 \text{ kcal/h} = 51.256 \text{ kcal/h} + 818.843/H$$

**H = 120 ώρες**

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει είναι  $16,8 * 120 = 2016 \text{ Kwh}$

Άρα το κόστος είναι  $2016 \text{ KWh} * 0.095 \text{ €/KWh} = 191,5 \text{ €}$

### Ηλιακός συλλέκτης

Με την χρήση ηλιακού συλλέκτη το νερό της πισίνας μπορεί να φτάσει μέχρι και τους 25°C, επομένως για να θερμανθεί από τους 25°C μέχρι τους 30°C απαιτούνται **202.407 Kcal**

$$Q_{\lambda} = Q_{ολ} + Q' \rightarrow 75.000 = 51.256 + 202.407/h * n \rightarrow$$

$$h = 202.407 / 21369.6 = 9.47 \text{ ώρες}$$

η ωριαία κατανάλωση πετρελαίου **B = 6,49lt/h**

Η κατανάλωση πετρελαίου είναι  $6,49 * 9,47 = 61,46 \text{ lt πετρέλαιο}$

Άρα το κόστος είναι  $61,46 * 0,8 = 49,16 \text{ €}$

Για την αντλία θερμότητας ισχύει :

$$Q_a = Q_{ολ} + Q'/h = 58.079,6 \text{ kcal/h} = 51.256 \text{ kcal/h} + 202.407/H$$

$$H = 29,6 \text{ ώρες}$$

$$29,6 * 16,8 = 497,2 \text{ KWh}$$

Άρα το κόστος είναι  $497,2 * 0,095 = 47,2 \text{ €}$

Υπολογίζοντας με την ίδια μέθοδο τις δαπάνες για τους υπόλοιπους μήνες προκύπτουν τα εξής :

### Μάιος:

#### Θέρμανση με λέβητα

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 72 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται =  $72 \text{ lt} * 0.8 \text{ €/lt} = 57.6 \text{ €}$

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $57.6 * 31 = 1785,6 \text{ €}$

#### Θέρμανση με αντλία θερμότητας

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 17,3 KW

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 15 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $17,3 * 15 = 259,5$  KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $259,5 * 0,095 = 24,65$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $24,65 * 31 = 764,1$  €

### Ιούνιος:

#### Θέρμανση με λέβητα

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 47,8 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται =  $47,8 \text{ lt} * 0,8 \text{ €/lt} = 38,3$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $38,3 * 30 = 1149,2$  €

#### Θέρμανση με αντλία θερμότητας

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 18 KW

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 12 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $18 * 12 = 216$  KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $216 * 0,095 = 20,52$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $20,52 * 30 = 615,6$  €

### Ιούλιος:

#### Θέρμανση με λέβητα

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 23,71 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται =  $23,71 \text{ lt} * 0,8 \text{ €/lt} = 18,9$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $18,9 * 31 = 588,25$  €

### **Θέρμανση με αντλία θερμότητας**

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 18,5 KW

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 9 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $18,5 * 9 = 166,5$  KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $166,5 * 0,095 = 15,81$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $15,81 * 31 = 490,3$  €

### **Αύγουστος:**

#### **Θέρμανση με λέβητα**

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 23,71 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται =  $23,71 \text{ lt} * 0,8 \text{ €/lt} = 18,9$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $18,9 * 31 = 588,25$  €

### **Θέρμανση με αντλία θερμότητας**

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 18,5 KW

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 9 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $18,5 * 9 = 166,5$  KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $166,5 * 0,095 = 15,81$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $15,81 * 31 = 490,3$  €

## Σεπτέμβριος:

### Θέρμανση με λέβητα

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 50,4 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται = 50,4 lt \* 0.8 €/lt = 40,32 €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι = 40,32 \* 30 = **1209,6 €**

### Θέρμανση με αντλία θερμότητας

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 17,6 KW

Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 12 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι = 17,6 \* 12 = 211,2 KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ = 211,2 \* 0,095 = 20,06 €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι = 20,06 \* 30 = **601,9 €**

## Οκτώβριος:

### Θέρμανση με λέβητα

Μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο = 0,80 €

Μέση ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου = 64,6 lt

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ υπολογίζεται = 64,6 lt \* 0.8 €/lt = 51,68 €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι = 51,68 \* 31 = **1602 €**

### Θέρμανση με αντλία θερμότητας

Τιμή κιλοβατώρας = 0,095 €/KWh

Ισχύς αντλίας θερμότητας = 17,1 KW



Μέση διάρκεια λειτουργίας αντλίας = 16 ώρες

Η ενέργεια που καταναλώνει θα είναι =  $17,1 * 16 = 273,6$  KWh

Ημερήσια δαπάνη σε Ευρώ =  $273,6 * 0,095 = 25,99$  €

Άρα η μηνιαία δαπάνη θα είναι =  $25,99 * 31 = 805,69$  €

### Υπολογισμός της ισχύος εισόδου της αντλίας θερμότητας για κάθε μήνα

Η ηλεκτρική ισχύς της αντλίας θερμότητας INPUT POWER όπως φαίνεται από το τεχνικό φυλλάδιο του κατασκευαστή, μεταβάλλεται ανάλογα την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για να έχω καλύτερη προσέγγιση εφαρμόζω γραμμική παρεμβολή για κάθε μήνα χωριστά.

Για  $Y_1 = 15$  °C                       $X_1 = 16.5$  KW

$Y$  = Θερμοκρασία μηνά               $X$  = θερμική ισχύς του μήνα

Για  $Y_2 = 27$  °C                       $X_2 = 18,5$  KW

Απρίλιος  $Y = 17$ °C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 16.8 \text{ KW}$$

Μάϊος  $Y = 20$ °C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 17.3 \text{ KW}$$

Ιούνιος  $Y = 24$ °C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 18 \text{ KW}$$

Ιούλιος και Αύγουστος =  $27$ °C

$$X = 18,5 \text{ KW}$$

Σεπτέμβριος Y = 22°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 17,6 \text{ KW}$$

Οκτώβριος Y = 19°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 17,1 \text{ KW}$$

**Υπολογισμός της ισχύος εξόδου της αντλίας θερμότητας για κάθε μήνα**

Εφαρμόζω ξανά γραμμική παρεμβολή για να βρω και τις ενδιάμεσες τιμές της θερμικής ισχύος εξόδου OUTPUT POWER

$$\text{Για } Y_1 = 15 \text{ °C} \quad X_1 = 78,8 \text{ KW}$$

Y = Θερμοκρασία μηνά      X = θερμική ισχύς του μήνα

$$\text{Για } Y_2 = 27 \text{ °C} \quad X_2 = 87,9 \text{ KW}$$

Απρίλιος Y = 17°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 80,3 \text{ KW}$$

Μάϊος Y = 20°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 82,6 \text{ KW}$$

Ιούνιος Y = 24°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 85,6 \text{ KW}$$

Ιούλιος και Αύγουστος = 27°C

$$X = 87,9 \text{ KW}$$

Σεπτέμβριος Y = 22°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 84,1 \text{ KW}$$

Οκτώβριος Y= 19°C

$$X = x_1 + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} * (x_2 - X_1) = 81,8 \text{ KW}$$

### **Υπολογισμός ωρών λειτουργίας της αντλίας θερμότητας για κάθε μήνα**

Για να υπολογίσω προσεγγιστικά τις ώρες που θα λειτουργεί η αντλία θερμότητας, βρίσκω για κάθε μήνα τις συνολικές απώλειες που έχει η πισίνα με τον ίδιο τρόπο που υπολόγισα για τον μήνα Απρίλιο. Επιλέγω για κάθε μήνα μια ανεμώδη μέρα για να υπάρχει αντιστοιχία με όλους τους μήνες. Τέλος αφού μετατρέψω τα W σε kcal/h θα γνωρίζω τις απώλειες που έχω σε διάστημα μιας ώρας, έτσι εφαρμόζοντας τον τύπο της θερμιδομετρίας βρίσκω την μεταβολή της θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  όταν η πισίνα από τους 30°C αρχίζει να αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον έως ότου φτάσει στους 28°C και αντίστροφα όταν αρχίζει να θερμαίνεται ξανά από τους 28°C στους 30°C

#### **Απρίλιος**

Συνολικές απώλειες = 51.256 Kcal/h

$m = 40.500 \text{ kg}$     $C_p = 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$

$$Q = m * C_p * \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 51.256 / 40.500 = 1,26^{\circ}\text{C}$$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου 1,26°C**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους 28°C στους 30°C, απαιτούνται :

$$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C} * 2^{\circ}\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$$

Μαζί με τις ωριαίες απώλειες είναι  $81.000 + 51.256 = \mathbf{132.256 \text{ Kcal}}$

Η αντλία σε μια ώρα στους 17°C αποδίδει 80,3 KWh = 69.045.6 Kcal

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $132.256 - 69.045 = 63.211 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας

Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $63.211 + 51.256 = 114.467 - 69.045 = 45.422 \text{ Kcal}$

Την 3<sup>η</sup> ώρα είναι  $45.422 + 51.256 = 96.678 - 69.045 = 27.633 \text{ Kcal}$

Την 4<sup>η</sup> ώρα είναι  $27.633 + 51.256 = 78.889 - 69.045 = 9.844 \text{ Kcal}$

Την 5<sup>η</sup> ώρα είναι  $9.844 + 51.256 = 61.100 - 69.045 = - 7.945 \text{ Kcal}$

Σε αυτό το σημείο βλέπουμε ότι ενεργειακό έλλειμμα έχει καλυφθεί

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 5 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους 30°C, ενώ σε διάστημα 1,5 ώρας περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει 2°C. Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 18 ώρες.**

### Μάιος

Απώλειες λόγω αγωγιμότητας = 5.775 W

Απώλειες λόγω συναγωγής = 4.957,2 W

Απώλειες λόγω εξάτμισης = 42.950 W

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας = 1.411,9 W

Συνολικές απώλειες = 55.094 W = 47.372 Kcal/h

$$\Delta\theta = 47.372 / 40.500 = 1,16^{\circ}\text{C}$$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου 1,16°C**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους 28°C στους 30°C, απαιτούνται :

$$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C} * 2^{\circ}\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$$

Οι ωριαίες απώλειες τον Μάιο είναι  $81.000 + 47.372 = 128.372 \text{ Kcal}$

Η αντλία σε μια ώρα στους 20°C αποδίδει  $82,6 \text{ KWh} = 71.023,2 \text{ Kcal}$

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $128.372 - 71.023 = 57.349 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας

Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $57.349 + 47.372 = 104.721 - 71.023,2 = 33.697,8 \text{ Kcal}$

Την 3<sup>η</sup> ώρα είναι  $33.697,8 + 47.372 = 81069,8 - 71.023,2 = 10.046,8 \text{ Kcal}$

Την 4<sup>η</sup> ώρα είναι  $10.046,8 + 47.372 = 57.418,8 - 71.023,2 = - 13.604,4 \text{ Kcal}$

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 4 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους 30°C, ενώ σε διάστημα 2 ωρών περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει 2°C. Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 15 ώρες.**

## Ιούνιος

Απώλειες λόγω αγωγιμότητας = 5.775 W

Απώλειες λόγω συναγωγής = 3.215,7 W

Απώλειες λόγω εξάτμισης = 34.020 W

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας = 955,4 W

Συνολικές απώλειες = 43.966 W = 37.804 Kcal/h

$$\Delta\theta = 37.804 / 40.500 = 0,93^{\circ}\text{C}$$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου 0,93°C**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους 28°C στους 30°C, απαιτούνται :

$$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C} * 2^{\circ}\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$$

Οι ωριαίες απώλειες τον Ιούνιο είναι  $81.000 + 37.804 = \mathbf{118.804 \text{ Kcal}}$

Η αντλία σε μια ώρα στους  $24^{\circ}\text{C}$  αποδίδει  $85,6 \text{ KWh} = 73.602,7 \text{ Kcal}$

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $118.804 - 73.602 = 45.202 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας

Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $45.202 + 37.804 = 83.006 - 73.602,7 = 9.403,3 \text{ Kcal}$

Την 3<sup>η</sup> ώρα είναι  $9.403,3 + 37.804 = 47.207,3 - 73.602,7 = - 26.395,4 \text{ Kcal}$

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 3 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους  $30^{\circ}\text{C}$ , ενώ σε διάστημα 2 ωρών περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει  $2^{\circ}\text{C}$ . Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 12 ώρες.**

### Ιούλιος και Αύγουστος

Απώλειες λόγω αγωγιμότητας =  $5.775 \text{ W}$

Απώλειες λόγω συναγωγής =  $1.608 \text{ W}$

Απώλειες λόγω εξάτμισης =  $28.430 \text{ W}$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας =  $484,8 \text{ W}$

Συνολικές απώλειες =  $36.297,8 \text{ W} = 31.210,5 \text{ Kcal/h}$

$$\Delta\theta = 31.210,5 / 40.500 = 0,77^{\circ}\text{C}$$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου  $0,77^{\circ}\text{C}$**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους  $28^{\circ}\text{C}$  στους  $30^{\circ}\text{C}$ , απαιτούνται :

$$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C} * 2^{\circ}\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$$

Οι ωριαίες απώλειες τον Ιούλιο και Αύγουστο είναι  $81.000 + 31.210,5 = 112.210,5$  Kcal

Η αντλία σε μια ώρα στους  $27^{\circ}\text{C}$  αποδίδει  $87,9 \text{ KWh} = 75.580,4 \text{ Kcal}$

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $112.210,5 - 75.580,4 = 36.630,1 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας

Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $36.630,1 + 31.210,5 = 67.840,6 - 75.580,4 = - 7.739,8 \text{ Kcal}$

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 2 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους  $30^{\circ}\text{C}$ , ενώ σε διάστημα 3 ωρών περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει  $2^{\circ}\text{C}$ . Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 9 ώρες.**

### Σεπτέμβριος

Απώλειες λόγω αγωγιμότητας =  $5.775 \text{ W}$

Απώλειες λόγω συναγωγής =  $4.363,2 \text{ W}$

Απώλειες λόγω εξάτμισης =  $39.930 \text{ W}$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας =  $1.261,2 \text{ W}$

Συνολικές απώλειες =  $51.329,4 \text{ W} = 44.135,3 \text{ Kcal/h}$

$\Delta\theta = 44.135,3 / 40.500 = 1,08^{\circ}\text{C}$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου  $01,08^{\circ}\text{C}$**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους  $28^{\circ}\text{C}$  στους  $30^{\circ}\text{C}$ , απαιτούνται :

$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C} * 2^{\circ}\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$

Οι ωριαίες απώλειες τον Σεπτέμβριο είναι  $81.000 + 44.135,3 = 125.135,3 \text{ Kcal}$

Η αντλία σε μια ώρα στους  $22^{\circ}\text{C}$  αποδίδει  $84,1 \text{ KWh} = 72.313 \text{ Kcal}$

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $125.135,3 - 72.313 = 52.822,3 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας

Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $52.822,3 + 44.135,3 = 96.957,6 - 72.313 = 24.644,6 \text{ Kcal}$

Την 3<sup>η</sup> ώρα είναι  $24.644,6 + 44.135,3 = 68.779,9 - 72.313 = - 3.533,1 \text{ Kcal}$

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 3 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους 30°C, ενώ σε διάστημα 2 ωρών περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει 2°C. Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 12 ώρες.**

### Οκτώβριος

Απώλειες λόγω αγωγιμότητας = 5.775 W

Απώλειες λόγω συναγωγής = 6.058,8 W

Απώλειες λόγω εξάτμισης = 42.950 W

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας = 1.708,5 W

Συνολικές απώλειες = 56.491,8 W = 48.574,2 Kcal/h

$\Delta\theta = 48.574,2 / 40.500 = 1,2^\circ\text{C}$

**Άρα σε μια ώρα χάνω περίπου 01,2°C**

Για να θερμανθεί η πισίνα από τους 28°C στους 30°C, απαιτούνται :

$Q = 40.500\text{kg} * 1 \text{ Kcal/kg} * 2^\circ\text{C} = 81.000 \text{ Kcal}$

Οι ωριαίες απώλειες τον Σεπτέμβριο είναι  $81.000 + 48.574,2 = 129.574,2 \text{ Kcal}$

Η αντλία σε μια ώρα στους 19°C αποδίδει  $81,8 \text{ KWh} = 70.335,3 \text{ Kcal}$

Την 1<sup>η</sup> ώρα είναι  $129.574,2 - 70.335,3 = 59.238,9 \text{ Kcal}$

Προσθέτω συνεχώς σε αυτό που βρίσκω τις ωριαίες απώλειες, διότι καθώς θερμαίνεται συνεχίζει να χάνει ενέργεια και αφαιρώ την θερμική ισχύ της αντλίας



Την 2<sup>η</sup> ώρα είναι  $59.238,9 + 48.574,2 = 107.813,1 - 70.335,3 = 37.477,8$  Kcal

Την 3<sup>η</sup> ώρα είναι  $37.477,8 + 48.574,2 = 86.052 - 70.335,3 = 15.716,7$  Kcal

Την 4<sup>η</sup> ώρα είναι  $15.716,7 + 48.574,2 = 64.290,9 - 70.335,3 = - 6044,4$  Kcal

**Παρατηρώ ότι σε διάστημα 4 ωρών περίπου η αντλία φαίνεται να καλύπτει τις απώλειες προκειμένου να θερμανθεί η πισίνα στους 30°C, ενώ σε διάστημα 2 ωρών περίπου η θερμοκρασία της πισίνας έχει κατέβει 2°C. Επομένως στο 24ώρο θεωρώ ότι η αντλία εργάζεται προσεγγιστικά 16 ώρες.**

#### **4.2 Επιλογή συστήματος θέρμανσης – διαγράμματα**

**Κόστος αγοράς αντλίας θερμότητας: 7156 €**

**Κόστος αγοράς λέβητα και εναλλάκτη: 570 €**

**Κόστος ηλιακού συλλέκτη: 1500 €**

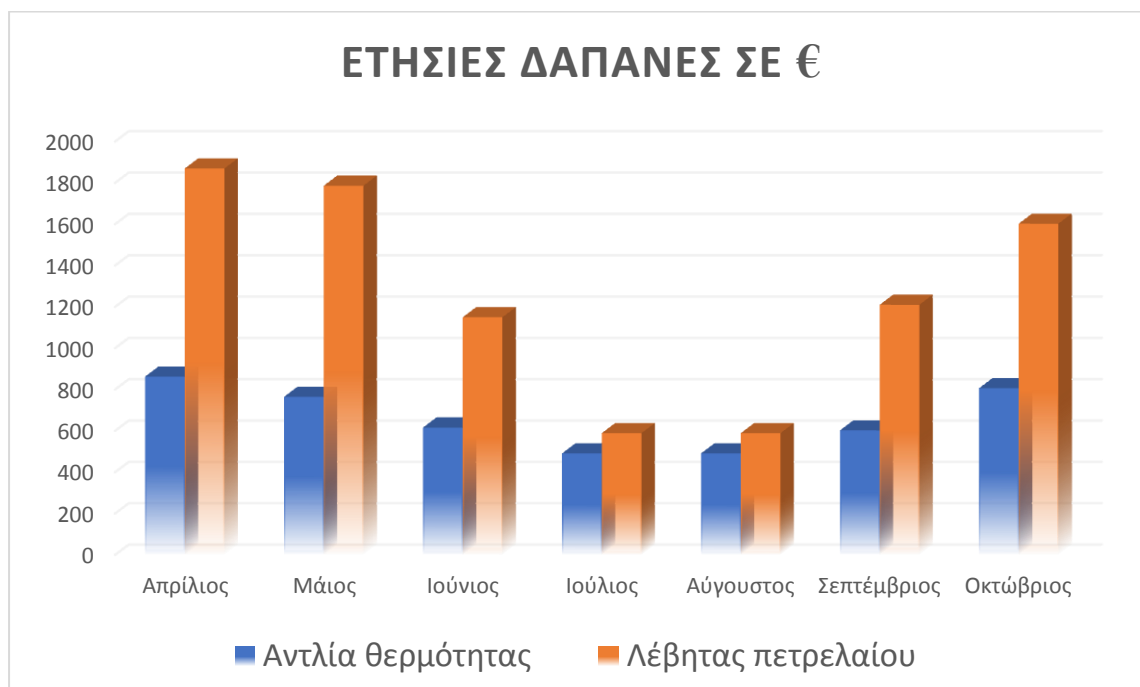
Το κέρδος από τον ηλιακό συλλέκτη όταν θερμαίνεται η πισίνα για πρώτη φορά με κεντρικό σύστημα τον λέβητα πετρελαίου είναι  $198,8 - 49,16 = 149,64$  €. Επομένως κάθε σεζόν αποταμιεύονται 152,7 €.

Ενώ στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας αποταμιεύονται  $191,5 - 47,2 = 144,3$  €

Αρά το κόστος του ηλιακού καλύπτεται σε βάθος 10ετίας εάν τοποθετηθεί μαζί με τον λέβητα, ενώ με την αντλία θερμότητας το κόστος του ηλιακού καλύπτεται σε βάθος 11ετίας.

Και για τις δυο περιπτώσεις δεν κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη διότι δεν φαίνεται να κάνει απόσβεση άμεσα

Πίνακας 4.2



Πίνακας 4.2.1

	<b>Αντλία θερμότητας</b>	<b>Λέβητας πετρελαίου</b>
<b>Απρίλιος</b>	861,8	1869
<b>Μάιος</b>	764,1	1785,6
<b>Ιούνιος</b>	615,6	1149,2
<b>Ιούλιος</b>	490,3	588,25
<b>Αύγουστος</b>	490,3	588,25
<b>Σεπτέμβριος</b>	601,9	1209,6
<b>Οκτώβριος</b>	805,69	1602
<b>Συνολικές δαπάνες στην σεζόν</b>	<b>4.629,6 €</b>	<b>8.791,7 €</b>

Οι συνολικές δαπάνες μαζί με το κόστος αγοράς της αντλίας θερμότητας ανέρχονται σε **11.785,6 €**

Ενώ για τον λέβητα ανέρχονται σε **9.361,7 €**

Παρατηρούμε ότι την πρώτη χρονιά ο λέβητας είναι η πιο οικονομική επιλογή κατά **2.423,9 €**. Είναι σαφές όμως ότι την επόμενη χρονιά η αντλία θερμότητας θα έχει κάνει απόσβεση διότι η διαφορά των δαπανών ανά σεζόν μεταξύ της αντλίας θερμότητας και του λέβητα είναι **4.162,1 €**.

## Βιβλιογραφία

Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας, Μιχάλης Ι. Κτενιαδάκης, Εκδόσεις Ζήτη, Ιούνιος 2010

Θέρμανση Κλιματισμός, Β.Η. ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤεΚΔΟΤΙΚΗ/ ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ, Γ' Έκδοση 2002 – Ανατύπωση 2013

Heat transfer: a practical approach, Y.A. Cengel, McGraw-Hill, 1998

Convection Heat and Mass Transfer, W. M. Kays, & M. E Crawford., McGraw Hill, 1980.

Fundamental Principles of Heat Transfer, Stephen Whitaker, Pergamos Press, 1977.

ASHRAE (1995). (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) 1995 ASHRAE Application Handbook (SI), Chapter 4 - Natatoriums, Atlanta, GA, pp. 4.6 - 4.8.

ASHRAE (1999a). (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) 1999 HVAC Application Handbook, Chapter 48 - General Applications: Swimming Pools/Health Clubs, Atlanta, GA, pp. 48.19 - 48.20

ASHRAE (1999b). (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) 1999 HVAC Application Handbook, Chapter 4 - Comfort Applications: Natatoriums, Atlanta, GA, pp. 4.5 - 4.7.