



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας
(Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού
– Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού
προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων)



Διγενάκης Γεώργιος
ΑΜ: 44363210226

Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος
ΑΜ: 44363230226

Επιβλέπων
ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΣΥΜΠΙΕΘΕΡΟΣ
Καθηγητής

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΜΑΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Diploma Thesis

Water Resources Management of Hydra **(Assessment and evaluation of the island's desalination plant –** **Scenario analysis of water supply management in Hydra using** **software for hydrosystem simulation and optimal management)**



Digenakis Georgios

Drakopoulos Nikolaos-Zografos

Registration No : 44363210226

Registration No : 44363230226

Supervisor
Ioannis A. Sibetheros
Professor

EGALEO, MAY 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή
επιτροπή:

ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΥΜΠΕΘΕΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΟΥΣΑΣ ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΜΠΛΟΥΤΣΟΣ ΕΝΤΕΤΑΛΜΕΝΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ (Π.Δ. 407)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΖΩΓΡΑΦΟΣ και ΔΙΓΕΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Μάιος, 2022

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΣ του ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ, με αριθμό μητρώου **44363230226** και ο ΔΙΓΕΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ του ΙΩΑΝΝΗ, με αριθμό μητρώου **44363210226** φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μας».

Ο Δηλών

Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος

Ο Δηλών

Διγενάκης Γεώργιος



Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Συμπέθερο, αρχικά για την ευκαιρία που μας έδωσε να μελετήσουμε το ενδιαφέρον, αλλά και κρίσιμο ζήτημα της διαχείρισης υδατικών πόρων ενός άνυδρου νησιού, όπως και της σημασίας της αφαλάτωσης για το σύστημα ύδρευσής του. Μέσα από αυτή την διπλωματική, είχαμε την τύχη να επισκεφτούμε τόσο το όμορφο νησί της Ύδρας, όσο και να δούμε σε μια πρωτόγνωρη επίσκεψη για μας, μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης εκ των έσω. Επίσης τον ευχαριστούμε θερμά, για την υποστήριξη, και τις όμορφες συζητήσεις μας. Επιπλέον, οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Ζώη Κολλογιό, γενικό Διευθυντή της ΤΕΜΑΚ Α.Ε, για τον χρόνο που αφιέρωσε για να μας δώσει πολύ χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αφαλάτωση στην Ύδρα, όσο και γενικότερα για την υδροδότηση του νησιού. Ακόμα, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Αντιδήμαρχο Ύδρευσης του Δήμου Ύδρας, κύριο Ιωάννη Μπελεγρή, για τις χρήσιμες πληροφορίες που μας παρείχε σχετικά με την υδροδότηση του νησιού, ενώ οφείλουμε να ευχαριστήσουμε, τον υποψήφιο διδάκτορα του Ε.Μ.Π, κ. Διονύση Νικολόπουλο, για την βοήθειά του στην κατανόηση του προγράμματος Υδρονομίας, όπως και για τις χρήσιμες συμβουλές του. Οφείλουμε και ένα μεγάλο ευχαριστώ, στην τριμελή επιτροπή, η οποία αποτελούνταν από τους κ. Ιωάννη Συμπέθερο, κ. Βασίλειο Μούσα, και κ. Αριστείδη Μπλούτσο, για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την εξέταση της διπλωματικής μας εργασίας, αλλά τόσο την όμορφη συζήτηση γύρω από την εργασία, αλλά και για τις ωραίες ιδέες αλλά και συμβουλές, για την μετέπειτα ακαδημαϊκή μας πορεία. Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ, το οφείλουμε πρωτίστως στις οικογένειες μας , αλλά και στους φίλους, που μας υποστήριζαν όλο αυτό το διάστημα της ενασχόλησής μας με την διπλωματική εργασία.

Περίληψη

Η λειψυδρία, δηλαδή η έλλειψη υδατικών πόρων επαρκούς ποσότητας και ποιότητας για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών, αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα παγκοσμίως το οποίο αναμένεται να γίνει οξύτερο εξαιτίας της κλιματικής κρίσης. Στην Ελλάδα, η έλλειψη νερού ύδρευσης στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, ειδικά κατά την τουριστική περίοδο, όπου τα υδροσυστήματά τους δέχονται έντονες πιέσεις, έχει σαν αποτέλεσμα συχνές διακοπές της υδροδότησης. Η αφαλάτωση είναι ένας τρόπος αντιμετώπισης των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών σε νερό ύδρευσης των νησιών αυτών και τείνει να αντικαταστήσει τις μεταφορές πόσιμου νερού με υδροφόρες. Επίκεντρο της διπλωματικής εργασίας είναι το νησί της Ύδρας, ένα νησί που υδροδοτούνταν με μεταφορά νερού μέσω υδροφόρων πλοίων, όχι καλής ποιότητας και με μεγάλο κόστος. Στην Ύδρα λειτουργεί από το 2014 μια ιδιωτική εγκατάσταση αφαλάτωσης η οποία αποτελεί πλέον τον κύριο τροφοδότη πόσιμου νερού του συστήματος ύδρευσης του νησιού. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε αποτίμηση της λειτουργίας αυτής της εγκατάστασης, και διερεύνηση μέσω της ανάλυσης ερωτηματολογίων της σημασίας της και του βαθμού αποδοχής της από την τοπική κοινωνία. Εξετάσθηκαν, επίσης, διάφορα σενάρια λειτουργίας του συστήματος υδροδότησης του νησιού, με τη χρήση εξιδεικευμένου λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων, που αφορούσαν την κάλυψη αναγκών σε νερό κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, όπως και την απόκρισή του σε μια πιθανή μελλοντική αύξηση του πληθυσμού.

Λέξεις – κλειδιά

υδατικοί πόροι, πόσιμο νερό, διαχείριση υδατικών πόρων, αφαλάτωση, αντίστροφη ώσμωση, προσομοίωση

Abstract

Water scarcity, that is, the lack of sufficient quantity and quality of water resources to meet human needs, is a major problem worldwide which is expected to become more acute due to the climate crisis. In Greece, the lack of water supply in the arid islands of the Aegean, especially during the tourist season where the water systems of these islands are under intense pressure, results in frequent water supply interruptions. Desalination is a way of dealing with the ever-increasing water supply needs of these islands and tends to replace drinking water transport with water tanker vessels. The main focus of the bachelor thesis was the island of Hydra, an island that was supplied with water, by water tanker vessels, not of good quality and at high-cost. In Hydra, a private desalination plant has been operating since 2014, which is now the main drinking water supplier of the island's water supply system. In the present bachelor thesis, the operation of the desalination plant of Hydra was evaluated, an investigation through the analysis of questionnaires of its importance and the degree of its acceptance by the local community were also carried out. Various scenarios of operation of the water system of Hydra were also examined with the use of specialized simulation software and optimal management of water systems, which concerned the coverage of water needs in different operating conditions of the system, as well as the response of the system to a possible future population increase.

Keywords

water resources, water, water resources management, desalination, reverse osmosis, simulation

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	10
Κατάλογος Εικόνων	10
Αλφαβητικό Ευρετήριο	15
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	16
Μεθοδολογία	16
Καινοτομία	16
Δομή	16
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Οι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα	18
1.1 Οι υδατικοί πόροι και η σημασία τους	18
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τους υδατικούς πόρους.....	21
1.2.1 Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις στο νερό.....	23
1.2.2 Ρύπανση.....	24
1.2.3 Η αποψίλωση των δασών.....	25
1.2.4 Η σπατάλη του νερού	26
1.3 Το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά	27
1.4 Διαχείριση Υδατικών Πόρων.....	30
1.4.1 Διαχείριση των υδατικών πόρων: Οι προκλήσεις για τα νησιά	31
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Η αφαλάτωση.....	33
2.1 Η διαδικασία της αφαλάτωσης.....	33
2.2 Μέθοδοι αφαλάτωσης	38
2.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση.....	38
2.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση	39
2.2.3 Ηλιακή απόσταξη.....	39
2.2.4 Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών	40
2.2.5 Ηλεκτροδιάλυση	41
2.2.6 Απόσταξη μεμβράνης	41
2.3 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης	42
2.3.1 Αφαλάτωση και ενέργεια	42
2.3.2 Κόστος αφαλάτωσης.....	42
2.3.3 Περιβαλλοντικές πτυχές	44
2.4 Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης	45
2.4.1 Στάδια επεξεργασίας νερού	49
2.4.2 Το κύριο σύστημα αφαλάτωσης.....	52
2.4.3 Συστήματα ανάκτησης ενέργειας.....	53
2.4.4 Μετεπεξεργασία	53
2.5 Μονάδες αφαλάτωσης στον Ελληνικό χώρο	55
2.6 Μοντέλα κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης μονάδων.....	58
2.6.1 Νομικό πλαίσιο διαχείρισης και επεξεργασία νερού από ιδιώτες	58
2.6.2 Παρακολούθηση, έλεγχος και συντήρηση εξοπλισμού	60
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Υδατικοί πόροι Ύδρας-Εγκατάσταση μονάδας	
αφαλάτωσης	62
3.1 Περιοχή μελέτης.....	62
3.2 Φυσικό Περιβάλλον	63
3.2.1 Ανεμολογικά δεδομένα	63

3.2.2	Θερμοκρασίες αέρος	64
3.2.3	Βροχοπτώσεις	65
3.2.4	Ομβροθερμικό διάγραμμα	66
3.2.5	Σχετική Υγρασία	66
3.2.6	Θαλάσσια Ύδατα	67
3.2.7	Χρήσεις γης	68
3.2.8	Γεωλογικά στοιχεία	69
3.2.9	Σεισμικότητα	69
3.2.10	Υδρολογικά χαρακτηριστικά	70
3.2.11	Υδρογεωλογία	71
3.3	Δημογραφικά στοιχεία	73
3.4	Υδροδότηση περιοχής μελέτης	74
3.5	Υδατικές ανάγκες Ύδρας	77
3.5.1	Υπολογισμός καταναλώσεων Ύδρας	78
3.5.2	Αρδευτικές ανάγκες	80
3.6	Εγκατάσταση αφαλάτωσης Ύδρας	80
3.6.1	Λεπτομέρειες της εγκατάστασης αφαλάτωσης της Ύδρας – Το μοντέλο της ιδιωτικής αφαλάτωσης	82
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Επιτόπια έρευνα με χρήση ερωτηματολογίων στο νησί της Ύδρας, σε μόνιμους και εποχικούς κατοίκους	88
4.1	Ανάλυση ερωτηματολογίων	88
4.2	Αποτελέσματα ανάλυσης ερωτηματολογίων	96
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Σχηματοποίηση-Προσομοίωση Υδροσυστήματος Ύδρας με το πρόγραμμα Υδρονομέας	98
5.1	Το μοντέλο Υδρονομέας	101
5.2	Σχηματοποίηση συστήματος - Εισαγωγή δεδομένων	103
5.3	Προσομοίωση συστήματος με χρήση του Υδρονομέα	110
5.3.1	Σενάριο 1ο	113
5.3.2	Σενάριο 2	121
5.3.3	Σενάριο 3	124
5.3.4	Σενάριο 4	130
5.3.5	Σενάριο 5	134
5.3.6	Σενάριο 6	139
5.3.7	Σενάριο 7	143
5.4	Αποτελέσματα και αποτίμηση αποτελεσμάτων προσομοίωσης	146
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	149
7	Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	151
Παράρτημα Α	159

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Έργα αφαλάτωσης και παραγωγής πόσιμου νερού παγκοσμίως (Ανδρέας Ν. Αγγελάκης)	34
Πίνακας 2.2 Μέθοδοι αφαλάτωσης ανά κατηγορία.....	37
Πίνακας 3.1 Απογραφή πληθυσμού (1991-2011) (www.statistics.gr)	73
Πίνακας 3.2 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.	80
Πίνακας 4.1 Άποψη ερωτηθέντων σχετικά με τα αρνητικά του έργου	95
Πίνακας 5.1 Συνιστώσες δικτύου του προγράμματος Υδρονομίας	103
Πίνακας 5.2 Δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού	106
Πίνακας 5.3 Κόμβοι προσφοράς νερού στο νησί της Ύδρας	107
Πίνακας 5.4 Συνοπτικός πίνακας στόχων προσομοίωσης.....	108
Πίνακας 5.5 Επεξηγηματικός πίνακας σεναρίων προσομοίωσης.....	112
Πίνακας 5.6 Μεταβολή Πληθυσμού	135
Πίνακας 5.7 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.	135
Πίνακας 5.8 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.	143
Πίνακας 6.1 Πίνακας τιμολογίας νερού στον Δήμο Ύδρας	97

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Water stress (OurWorldInData.org).....	18
Εικόνα 1.2 Μεταβολή δείκτη πίεσης νερού (water stress index) στην Ελλάδα (OurWorldInData.org)	19
Εικόνα 1.3 Διάγραμμα μεταβολής κατανάλωσης νερού από το 1972 έως το 2017 (ourworldindata.org).....	22
Εικόνα 1.4 Διάγραμμα ζήτησης νερού για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών από το 1972 έως το 2017 (ourworldindata.org).....	23
Εικόνα 1.5 Συγκεντρωτικός πίνακας δαπανών και μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού ανά έτος στις Ν.Α Κυκλάδων & Δωδεκανήσου έτη 2002-2010	29
Εικόνα 2.1 Εργοστάσιο αφαλάτωσης SOREK, Ισραήλ. (http://www.water-technology.net/projects/sorek-desalination-plant/).....	35

Εικόνα 2.2 Τυπικό διάγραμμα εισροών, εκροών μονάδας αφαλάτωσης (Δαγκαλίδης Α. , 2009)	36
Εικόνα 2.3 Ποσοστά χρήσης μεθόδων αφαλάτωσης (Panagopoulos, A., Haralambous, K.J, 2019).....	38
Εικόνα 2.4 Σχηματική απεικόνιση πολυβάθμια εκτόνωση (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)	38
Εικόνα 2.5 Σχηματική απεικόνιση Πολυβάθμιας εξάτμισης (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)	39
Εικόνα 2.6 Σχηματική απεικόνιση ηλιακής απόσταξης (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)	40
Εικόνα 2.7 Σχηματική απεικόνιση εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)	40
Εικόνα 2.8 Σχηματική απεικόνιση Ηλεκτροδιάλυσης (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)	41
Εικόνα 2.9 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης (Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου)	44
Εικόνα 2.10 Φαινόμενο ώσμωσης και Αντίστροφης Ωσμωσης.....	46
Εικόνα 2.11 Διάγραμμα τυπικής ροής μονάδας Αντίστροφης ώσμωσης (Σταμάτης Α. Αυλωνίτης, Εκδόσεις Ίων 2006)	49
Εικόνα 2.12 Φίλτρο φυσιγγίων (Σταμάτης Α. Αυλωνίτης, Εκδόσεις Ίων 2006)	52
Εικόνα 2.13 Καταγεγραμμένες μονάδες αφαλάτωσης στον Ελλαδικό χώρο (G. Arampatzis, A. Kartalidis, Dionysis Assimacopoulos, 2017)	56
Εικόνα 3.1 Το νησί της Ύδρας στον χάρτη.....	62
Εικόνα 3.2 Ανεμόγραμμα κατανομής συχνότητας διεύθυνσης ανέμων.....	64
Εικόνα 3.3 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρος.....	65
Εικόνα 3.4 Μηνιαίο ύψος κατακρημνησμάτων στον Μ.Σ Λεωνιδίου	65
Εικόνα 3.5 Ομβροθερμικό διάγραμμα	66
Εικόνα 3.6 Γράφημα μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας από Μ.Σ. Λεωνιδίου	67
Εικόνα 3.7 Παρακολούθηση και η αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων στην περιοχή Μανδράκι (Μητρώο Ταυτοτήτων Ακτών Κολύμβησης www.bathingwaterprofiles.gr)	68
Εικόνα 3.8 Διάγραμμα κατανομής χρήσεων γης.....	68
Εικόνα 3.9 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος (ΦΕΚ 1154B-2003).....	70
Εικόνα 3.10 Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.....	71

Εικόνα 3.11 Υδρολιθολογική ταξινόμηση	73
Εικόνα 3.12 Τοποθεσία δεξαμενών, γεώτρησης Αγίου Νικολάου και εγκατάστασης αφαλάτωσης στο Google Earth.	76
Εικόνα 3.13 Γεννήτρια για την μονάδα αφαλάτωσης	77
Εικόνα 3.14 Εργασίες κατά την κατασκευή της εγκατάστασης στο Μανδράκι	81
Εικόνα 3.15 Εμπορευματοκιβώτιο μονάδων αντίστροφης ώσμωσης	82
Εικόνα 3.16 Αντλίες τροφοδοσίας της μονάδας με θαλασσινό νερό	83
Εικόνα 3.17 Φρεάτιο συλλογής θαλασσινού νερού και φιλτράρισμα ευμεγεθών αντικειμένων	84
Εικόνα 3.18 Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου (Προ-κατεργασία) (TEMAK Α.Ε).....	85
Εικόνα 3.19 Φίλτρα πολλαπλών φυσιγγίων	85
Εικόνα 3.20 Στάδιο εξαέρωσης πολλαπλών φυσιγγίων	86
Εικόνα 3.21 Συστοιχία αντίστροφης ώσμωσης.....	87
Εικόνα 4.1 Ποιότητα μεταφερόμενου νερού με υδροφόρα σύμφωνα με την άποψη των ερωτηθέντων.....	89
Εικόνα 4.2 Χρήση νερού ως πόσιμο πριν και μετά την αφαλάτωση	89
Εικόνα 4.3 Ποιότητα παραγόμενου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης σύμφωνα με την άποψη των ερωτηθέντων.....	90
Εικόνα 4.4 Ραβδόγραμμα αποτύπωσης διακοπών υδροδότησης	91
Εικόνα 4.5 Διάγραμμα άποψης ερωτηθέντων για τη γεύση του νερού της αφαλάτωσης.....	92
Εικόνα 4.6 Άποψη ερωτηθέντων σχετικά με το οικονομικό όφελος, από την έναρξη λειτουργίας της μονάδα αφαλάτωσης	92
Εικόνα 4.7 Διάγραμμα προτίμησης μεθόδου ύδρευσης.....	93
Εικόνα 4.8 Ραβδόγραμμα προτίμησης ιδιωτικού καθεστώτος λειτουργίας	94
Εικόνα 4.9 Διάγραμμα τύπου συσσωρευμένης στήλης σύγκρισης ερωτήσεων 9 & 10.....	95
Εικόνα 4.10 Διάγραμμα πίτας χρήσης εμφιαλωμένου νερού.....	96
Εικόνα 5.1 Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών ενός σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης (Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»)	101
Εικόνα 5.2 Σχηματοποίηση 1 ^{ου} σεναρίου.....	104

Εικόνα 5.3 Φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα, Χρονοσειρές.....	105
Εικόνα 5.4 Χρονοσειρά βροχοπτώσεων.....	106
Εικόνα 5.5 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου μονάδας αφαλάτωσης.....	107
Εικόνα 5.6 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου γεώτρησης Αγίου Νικολάου.....	108
Εικόνα 5.7 Απεικόνιση στόχου ύδρευσης Ύδρας.....	108
Εικόνα 5.8 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων στόχου Ύδρευσης.....	109
Εικόνα 5.9 Μηνιαίες Υδατικές ανάγκες Ύδρας (σε m ³).....	109
Εικόνα 5.10 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων στόχου ύδρευσης Ύδρας.....	110
Εικόνα 5.11 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης.....	113
Εικόνα 5.12 Στιγμιότυπο αποτελεσμάτων στόχων Σεναρίου 1.....	114
Εικόνα 5.13 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος min. Volume Άγιος Κωνσταντίνος).....	116
Εικόνα 5.14 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητα αστοχίας στόχων (Στόχος ύδρευσης Ύδρα).....	116
Εικόνα 5.15 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Καλά Πηγάδια).....	117
Εικόνα 5.16 Φόρμα ισοζυγίου ταμιευτήρων-δεξαμενών (Σενάριο 1).....	118
Εικόνα 5.17 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου.....	120
Εικόνα 5.18 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια.....	120
Εικόνα 5.19 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου (Σενάριο 1).....	121
Εικόνα 5.20 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 2 ^{ου} Σεναρίου.....	122
Εικόνα 5.21 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 2 ^{ου} Σεναρίου (Στόχος ύδρευσης Ύδρα).....	122
Εικόνα 5.22 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 2 ^{ου} Σεναρίου (Στόχος Min. Volume Μανδράκι).....	123
Εικόνα 5.23 Φόρμα ισοζυγίου ταμιευτήρων-δεξαμενών 2 ^{ου} Σεναρίου.....	123
Εικόνα 5.24 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης Καλά Πηγάδια (2 ^ο Σενάριο).....	124
Εικόνα 5.25 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου (2 ^ο Σενάριο).....	124
Εικόνα 5.26 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 3 ^{ου} Σεναρίου.....	125
Εικόνα 5.27 Απεικόνιση σχηματοποίησης 3 ^{ου} και 4 ^{ου} Σεναρίου.....	126

Εικόνα 5.28 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχω 3 ^{ου} Σεναρίου	127
Εικόνα 5.29 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας) .	127
Εικόνα 5.30 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Άγιος Κωνσταντίνος).....	128
Εικόνα 5.31 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Μανδράκι)	128
Εικόνα 5.32 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Μανδράκι (3 ^ο Σενάριο)	129
Εικόνα 5.33 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια (3 ^ο Σενάριο).....	129
Εικόνα 5.34 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου (3 ^ο Σενάριο)	130
Εικόνα 5.35 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 4 ^{ου} Σεναρίου	131
Εικόνα 5.36 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 4 ^{ου} Σεναρίου	131
Εικόνα 5.37 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων Σεναρίου 4 (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας).....	132
Εικόνα 5.38 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Άγιος Κωνσταντίνος).....	132
Εικόνα 5.39 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια	133
Εικόνα 5.40 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου	133
Εικόνα 5.41 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 4 ^{ου} Σεναρίου.....	134
Εικόνα 5.42 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 5 ^{ου} Σεναρίου.....	136
Εικόνα 5.43 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 5 ^{ου} Σεναρίου	136
Εικόνα 5.44 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης 5 ^{ου} σεναρίου	137
Εικόνα 5.45 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας) .	138
Εικόνα 5.46 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Μανδράκι)	138
Εικόνα 5.47 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Καλά πηγάδια)	139
Εικόνα 5.48 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων στόχου μέγιστης ροής (Max. Flow) 6 ^{ου} Σεναρίου	139
Εικόνα 5.49 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης 6 ^{ου} σεναρίου	140
Εικόνα 5.50 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου γεώτρησης Παλαμίδας.....	141

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Εικόνα 5.51 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 6 ^{ου} Σεναρίου	141
Εικόνα 5.52 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 6 ^{ου} Σεναρίου (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας)	142
Εικόνα 5.53 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 6 ^{ου} σεναρίου	142
Εικόνα 5.54 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων στόχου ύδρευσης 7 ^{ου} Σεναρίου.....	144
Εικόνα 5.55 Φύλλο οπτικοποίησης προσομοίωσης 7 ^{ου} σεναρίου	145
Εικόνα 5.56 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 7 ^{ου} σεναρίου	146
Εικόνα 5.57 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 7 ^{ου} σεναρίου	146

Αλφαβητικό Ευρετήριο

RO: Reverse Osmosis

SWRO: SeaWater Reverse Osmosis

MSF: Multi Stage Flashing

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η Ύδρα είναι ένα μικρό, άνυδρο και ξερό νησί, το οποίο δεν έχει διαθέσιμους υδατικούς πόρους, και κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή και λειτουργία εγκατάστασης αφαλάτωσης Αντίστροφης Ώσμωσης συνολικής δυναμικότητας 1800 m³. Ένα ιδιωτικό έργο το οποίο θα παραχωρηθεί μετά το πέρας της 12 ετής συμφωνίας στον Δήμο, χωρίς να έχει δαπανήσει χρήματα για την κατασκευή του. Αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η αποτίμηση της λειτουργίας της εγκατάστασης αφαλάτωσης,

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο 1^ο ερευνητικό κομμάτι, για την διερεύνηση της σημασίας και του βαθμού αποδοχής της εγκατάστασης αφαλάτωσης από την τοπική κοινωνία, έγινε με επιτόπια έρευνα στο νησί, με την χρήση ερωτηματολογίου 13 κλειστών ερωτήσεων, και είναι η καταλληλότερη μέθοδος για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετική με την άποψη της τοπικής κοινωνίας. Το 2^ο ερευνητικό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας, που αφορά την αποτίμηση της λειτουργίας της εγκατάστασης και τον έλεγχο ανταπόκρισης του υδροσυστήματος υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, έγινε με την χρήση ειδικού λογισμικού.

Καινοτομία

Σε αυτή την εργασία αξιοποιήθηκε το Υπολογιστικό Σύστημα Προσομοίωσης και Βέλτιστης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ του Ε.Μ.Π, που ενσωματώνει πλήθος φυσικών, λειτουργικών, οικονομικών, διοικητικών και περιβαλλοντικών πτυχών του νερού. Το πρόγραμμα προτείνει πολιτικές διαχείρισης, τέτοιες ώστε να ελαχιστοποιούνται το κόστος λειτουργίας και η διακινδύνευση όσον αφορά την ποσοτική και ποιοτική επάρκεια του νερού για κάθε χρήση (Ευστρατιάδης Α., Καραβοκυρός Γ, Κουτσογιάννης Δ., 2007).

Δομή

Επισκόπηση των κεφαλαίων.

Στο **1^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Οι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα», αρχικά γίνεται αναφορά στο πρόβλημα λειψυδρίας αλλά και στους παράγοντες που επηρεάζουν τους υδατικούς πόρους, και αυξάνουν το κίνδυνο της λειψυδρίας. Στη συνέχεια αναφέρεται, το έντονο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα νησιά για την κάλυψη των υδατικών αναγκών τους, παρότι η Ελλάδα είναι μια πλούσια χώρα σε υδατικούς πόρους. Τέλος, γίνεται

επισημάνση της ανάγκης για την εφαρμογή βιώσιμων πολιτικών ανάπτυξης και διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Στο **2^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Η αφαλάτωση», γίνεται συνοπτική αναφορά στην διαδικασία της αφαλάτωσης, αλλά και τις μεθόδους. Επιπλέον, γίνεται περιγραφή των κριτηρίων για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης. Εν συνεχεία, γίνεται εκτενής περιγραφή της μεθόδου της αντίστροφης ώσμωσης, αλλά

Στο **3^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Υδατικοί πόροι Ύδρας – Εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης», συμβαίνει η παρουσίαση της περιοχής μελέτης, των κλιματολογικών συνθηκών, αλλά και υπολογισμός μετά από συλλογή δεδομένων από διάφορες πηγές, των υδατικών αναγκών του νησιού. Τέλος γίνεται παρουσίαση τους δικτύου ύδρευσης του νησιού, αλλά και της εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού μετά από επίσκεψη που πραγματοποιήθηκε.

Στο **4^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Επιτόπια έρευνα με χρήση ερωτηματολογίων στο νησί της Ύδρας, σε μόνιμους και εποχικούς κατοίκους», αφού γίνει η παρουσίαση του ερωτηματολογίου, πραγματοποιείτε περιγραφική ανάλυση των ερωτηματολογίων, της επιτόπιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην Ύδρα τον Μάρτιο του 2017.

Στο **5^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Σχηματοποίηση-Προσομοίωση Υδροσυστήματος Ύδρας με το πρόγραμμα Υδρονομέας», αρχικά συμβαίνει μια παρουσίαση του προγράμματος, ενώ ακολουθεί η σχηματοποίηση του υδροσυστήματος της Ύδρας, αλλά και η παρουσίαση των δεδομένων εισόδου. Τέλος, διεξάγεται η προσομοίωση του συστήματος, και παρουσιάζονται τα διάφορα σενάρια, αλλά και η ανάλυση των αποτελεσμάτων τους.

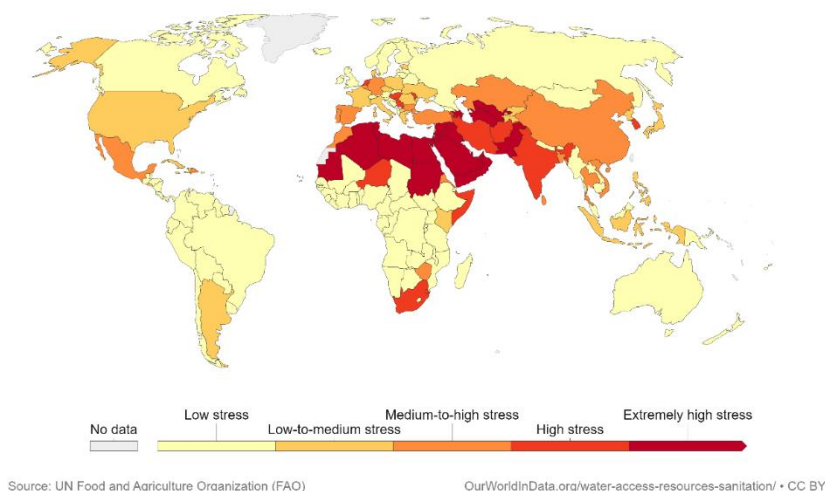
Στο **6^ο κεφάλαιο** με τίτλο «Συμπεράσματα-Προτάσεις», αναφέρονται συνοπτικά τα συμπεράσματα από την ανάλυση των ερωτηματολογίων, αλλά και από την προσομοίωση του Υδροσυστήματος. Τέλος γίνεται μια αναφορά στα «βήματα» που κάνει το νησί της Ύδρας, στα πλαίσια Διαχείρισης των Υδατικών πόρων.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Οι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα

Το νερό δεν αποτελεί ένα εμπόρευμα, όπως άλλα, όμως δεν είναι και ένα δημόσιο αγαθό, στο οποίο η πρόσβαση και η χρήση μπορεί να είναι ανεξέλεγκτη. Αντιθέτως, αποτελεί ένα κοινωνικό αγαθό και θεωρείται ως μια κληρονομιά, η οποία πρέπει να τυγχάνει προστασίας και ανάλογης αντιμετώπισης. Στην Ελλάδα, όπως και σε διεθνές επίπεδο, ενισχύονται οι πιέσεις που υφίστανται οι υδατικοί πόροι, ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης ζήτησης επαρκούς σε ποσότητα και ποιότητα νερού. Αυτές οι αυξημένες πιέσεις που δέχεται το υδατικό περιβάλλον, όπως και οι αβέβαιες συνθήκες που επικρατούν καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή βιώσιμων πολιτικών ανάπτυξης και διαχείρισης των υδατικών πόρων, μέσω σχεδιασμού, υλοποίησης και βέλτιστης λειτουργίας έργων υποδομής και παρεμβάσεων διαχείρισης τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης (ΥΠΕΝ, 2020).

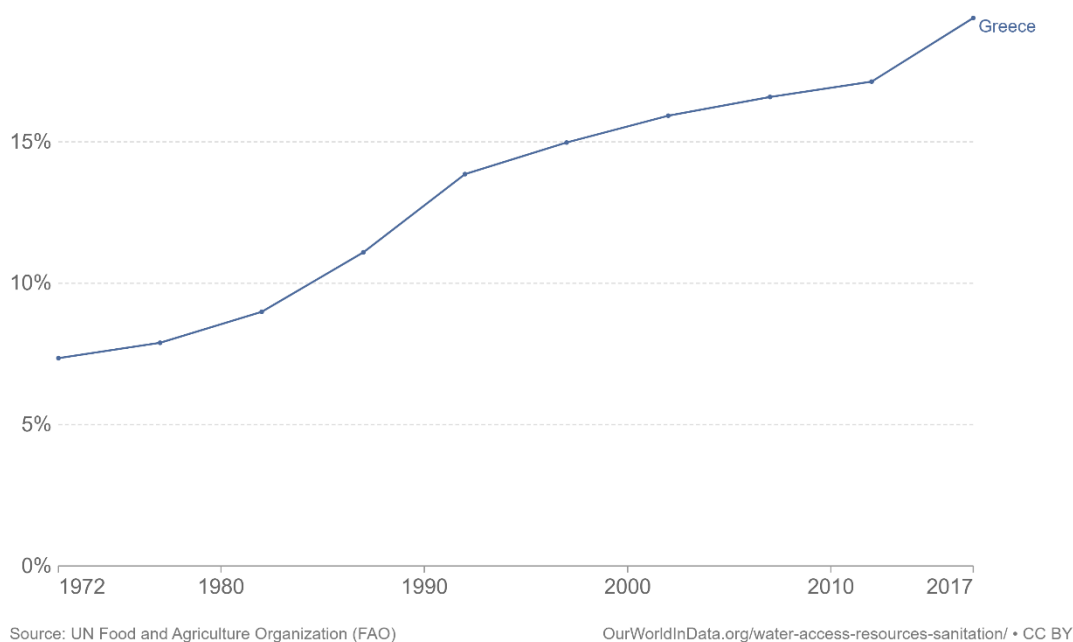
1.1 Οι υδατικοί πόροι και η σημασία τους

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών παρατηρείται μια διαρκής αύξηση της ζήτησης νερού, κάτι το οποίο οφείλεται στην αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και της βιομηχανικής παραγωγής. Η κατανάλωση νερού, διπλασιάζεται σχεδόν κάθε 20 χρόνια. Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται, αυξάνονται και οι γεωργικές, βιομηχανικές και οικιακές απαιτήσεις για νερό (Θεοχάρη, 2020). Αυτή η αυξητική πορεία της κατανάλωσης επηρεάζει τον δείκτη πίεσης νερού (water stress index), ο οποίος ισούται με το λόγο των απολήψεων προς την διαθεσιμότητα ανανεώσιμων πηγών γλυκού νερού.



Εικόνα 1.1 Water stress (OurWorldInData.org)

Χώρες με δείκτη πίεσης νερού μεγαλύτερο του 40% είναι υψηλής διακινδύνευσης (risk) λόγω υπερκατανάλωσης, ενώ χώρες με τιμές του δείκτη πίεσης νερού <10% είναι χαμηλής διακινδύνευσης. Ενδεικτική εικόνα της γενικότερης αύξησης των πιέσεων στους υδατικούς πόρους, είναι η αύξηση του δείκτη πίεσης νερού στην Ελλάδα, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, με τον δείκτη σύμφωνα με τον πιο πρόσφατο υπολογισμό του 2017, να είναι 19,38% (OurWorldInData.org)(εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 Μεταβολή δείκτη πίεσης νερού (water stress index) στην Ελλάδα (OurWorldInData.org)

Ο κίνδυνος είναι ακόμη μεγαλύτερος για περιοχές οι οποίες έχουν λιγότερους υδατικούς πόρους με μεταβαλλόμενο πληθυσμό. Μια τέτοια περίπτωση είναι και ο χώρος αναφορά της παρούσας εργασίας, η νήσος Ύδρα. Ένας ακόμη παράγοντας, όμως, που αυξάνει την κατανάλωση νερού είναι και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων-προσωπική και γενική υγιεινή, ένδυση, βελτίωση διατροφής κ.λπ.- που αποτελεί ένα από τους πλέον βασικούς δείκτες του επιπέδου ανάπτυξης.

Όπως προαναφέρθηκε ο δείκτης πίεσης νερού (water stress index) είναι ευθέως ανάλογος με την κατανάλωση αλλά αντιστρόφως ανάλογος με την διαθεσιμότητα ανανεώσιμων πηγών γλυκού νερού, δηλαδή με την ποσότητα αλλά και την ποιότητα του διαθέσιμου γλυκού νερού. Και η μεν ποσότητα επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή, η ποιότητα όμως του νερού επηρεάζεται αμέσως από την ανθρωπογενή δραστηριότητα (βιομηχανία, λύματα, αγροτική και κτηνοτροφική παραγωγή κ.α.). Ειδικότερα,

εκτιμάται ότι η περιβαλλοντική ρύπανση, με βασικότερη αυτή του υδατικού περιβάλλοντος, ευθύνεται για το 20-25% των θανάτων παγκοσμίως.

Ενώ η έλλειψη νερού είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα και για πολλές χώρες, ιδίως της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής, ένα από τα βασικότερα, για άλλες περιοχές είναι η ύπαρξη υπερβολικού πλεονάσματος που αποτελεί επίσης ένα σοβαρό πρόβλημα. Εξαιτίας αυτού παρατηρούνται (ειδικά τα τελευταία χρόνια) πλημμύρες, οι οποίες εξαφανίζουν χωριά, οικισμούς και καταστρέφουν τις σοδειές (Θεοχάρη, 2020).

Το νερό, όμως, διαθέτει και μια έντονη αναπτυξιακή διάσταση. Η παρουσία του ή η έλλειψή του καθορίζει τη δυνατότητα ή μη της επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα να προσδιορίζει και την αποδοτικότητά τους. Άρα το νερό είναι και βασικότατος οικονομικός παράγοντας.

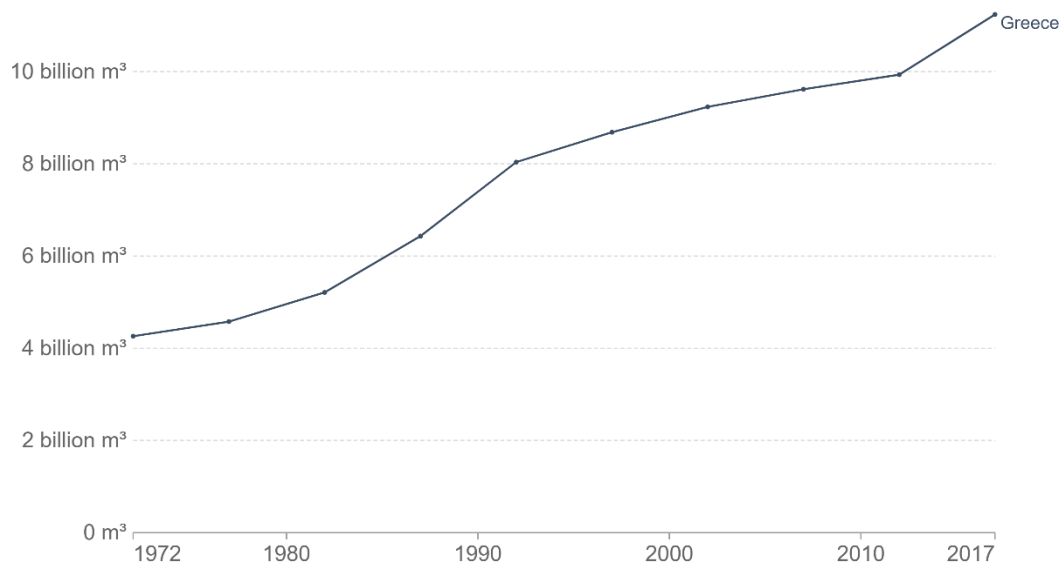
Θεωρούμενο ως ένα οικονομικό αγαθό, το νερό, για να παραχθεί απαιτεί να πραγματοποιηθούν επενδύσεις, σκοπός των οποίων είναι η παραγωγή και η αξιοποίησή του. Αναλόγως της χρήσης στην οποία θα διατεθεί το νερό, οι επενδύσεις αυτές διακρίνονται σε επενδύσεις ύδρευσης, στις οποίες εντάσσεται η οικιακή χρήση, άρδευσης και σε επενδύσεις λοιπών οικονομικών δραστηριοτήτων, παραδείγματα των οποίων είναι η βιομηχανική χρήση, η παραγωγή ενέργειας, ο τουρισμός κ.ά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επενδύσεις στο νερό επιδιώκουν την αξιοποίησή του σε περισσότερες από μια χρήσεις (Στουρνάρας κ.ά., 2011).

Στην Ελλάδα, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις επενδύσεων στο νερό, οι οποίες εντάσσονται στην κατηγορία των επενδύσεων πολλαπλού σκοπού και αναφέρονται στην κάλυψη αναγκών του συνόλου των δραστηριοτήτων που συνδέονται με το νερό, δηλαδή αυτές της ύδρευσης, της άρδευσης, αλλά και της παραγωγής ενέργειας. Από τις επενδύσεις που επιδιώκουν την αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας προκύπτουν τόσο άμεσα όσο και έμμεσα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Αναλυτικότερα, στις άμεσες θετικές επιπτώσεις εντάσσονται η μείωση του κόστους παραγωγής και η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων που παράγονται και ιδιαίτερα των γεωργικών, όπως και η ανάπτυξη παραγωγικών τομέων, όπως είναι π.χ. ο τουρισμός. Από την άλλη, στον τομέα των έμμεσων θετικών επιπτώσεων εντάσσονται η αύξηση της απασχόλησης και των ατομικών εισοδημάτων, αλλά και η αύξηση των δημοσίων εσόδων από την άμεση και έμμεση φορολογία των νέων εισοδημάτων και της επιπλέον κατανάλωσης (Στουρνάρας κ.ά., 2011).

Σήμερα το βασικό νομικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής υδατικής πολιτικής και κατ' επέκταση της υδατικής πολιτικής των κρατών μελών, είναι η *Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60)*. Κύριος άξονας της Οδηγίας είναι η εκτίμηση ότι: «*Το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν, όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης*». Άλλη μια εκ των καινοτομιών που θεσπίζει η Οδηγία είναι ότι ζητά την ανάκτηση του κόστους των υδάτινων υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα, αυτή η ανάκτηση περιλαμβάνει την κοστολόγηση του νερού, προκειμένου να είναι εφικτή η ανάκτηση της δαπάνης κατασκευής του συνόλου των έργων και των υπηρεσιών που απαιτούνται για την παραγωγή του. Επιπρόσθετα, ένας ακόμα στόχος της οδηγίας είναι η συστατική, ποσοτική και ποιοτική βελτίωση της κατάστασης των ευρωπαϊκών υδάτων. Η οδηγία συνεκτιμά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις χρήσεις του νερού, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την αρχή ο «*ρυπαίνων πληρώνει*» (Θεοχάρη, 2020).

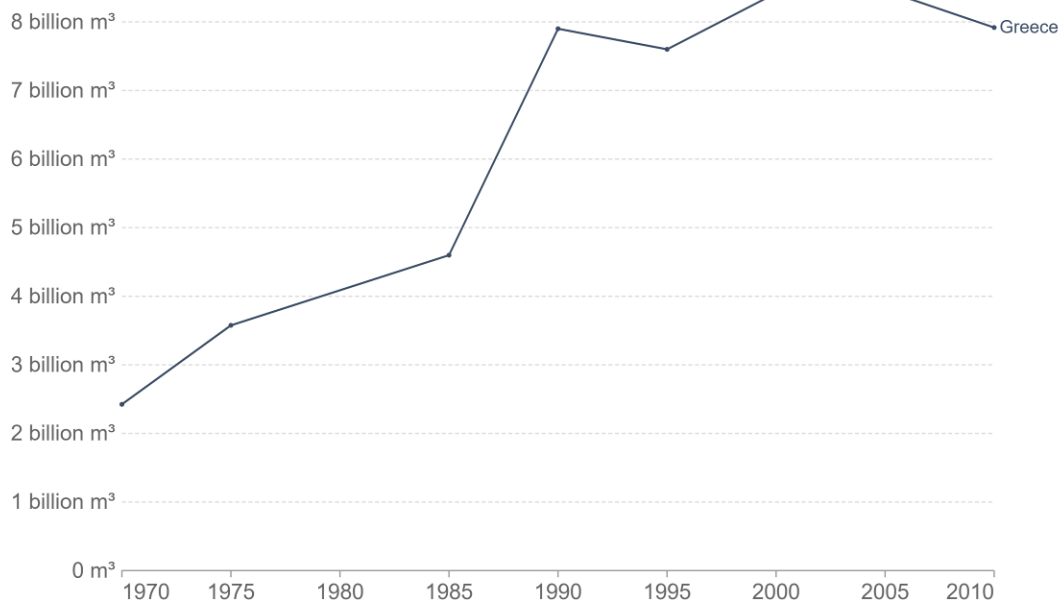
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τους υδατικούς πόρους

Η Ελλάδα θεωρείται χώρα με επαρκείς υδατικούς πόρους, επιφανειακούς και υπόγειους. Είναι γεγονός πως η χώρα περιλαμβάνει αναλογικά με το μέγεθός της μεγάλο αριθμό ποταμών και λιμνών και επίσης οι γεωλογικές συνθήκες ευνοούν την συγκέντρωση υπόγειων υδάτων. Πιο συγκεκριμένα, στην χώρα, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα εκτιμώνται σε 116.330 hm^3 /έτος, ενώ το συνολικό υδατικό δυναμικό υπολογίζεται κατά προσέγγιση σε 57.100 hm^3 /έτος, στα οποία περιλαμβάνονται τα νερά που εισρέουν από γείτονες χώρες. Η κατανάλωση του νερού στην χώρα εκτιμάται ότι είναι 11.240 hm^3 /έτος εκ των οποίων το 80,43% διατίθεται στην άρδευση, το 17,72% σε οικιακές χρήσεις, ενώ το 1,85% στη βιομηχανία και την ενέργεια. Στο ακόλουθο διάγραμμα αποτυπώνεται η αυξητική μεταβολή της χρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα από το 1972 μέχρι το 2017. Είναι σαφές ότι το σύνολο του υδατικού δυναμικού υπερκαλύπτει την ποσότητα που διατίθεται για τις διάφορες χρήσεις. Παρόλα αυτά, όμως, μόνο ένα μικρό μέρος αυτού του δυναμικού είναι αξιοποιήσιμο, τόσο από οικονομικής όσο και από τεχνικής άποψης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ύπαρξη προβλημάτων ανεπάρκειας νερού σε διάφορες περιοχές και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (Θεοχάρη, 2020).



Εικόνα 1.3 Διάγραμμα μεταβολής κατανάλωσης νερού από το 1972 έως το 2017 (ourworldindata.org)

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο οι αρδευόμενες εκτάσεις στην Ελλάδα αυξάνονται συνεχώς λόγω της ακολουθούμενης πολιτικής στις δημόσιες επενδύσεις, τουλάχιστον μέχρι την ένταξη της χώρας στην ΕΕ (1981), και μετά λόγω των επιδοτήσεων και ενισχύσεων του πρωτογενούς τομέα από την ΕΕ, οπότε και εκτοξεύτηκαν (1985), λόγω της στροφής μεγάλου μέρους της αγροτικής εκμετάλλευσης σε υδροβόρες καλλιέργειες (βαμβάκι, καπνός κ.λπ.). Για να καλυφθούν αυτές οι αυξημένες ανάγκες σε νερό άρδευσης, έγινε μείωση της απορροής, δηλαδή συγκράτηση των νερών των υγρών περιόδων σε τεχνητούς ταμιευτήρες ή εκτροπή αυτών σε αρδευόμενες εκτάσεις, καθώς και εκμετάλλευση των υπογείων υδάτων.



Εικόνα 1.4 Διάγραμμα ζήτησης νερού για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών από το 1972 έως το 2017 (ourworldindata.org)

Η απουσία ύπαρξης μιας ολοκληρωμένης πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι οποίες εντοπίζονται σε πολλές περιοχές της χώρας και έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα και αδιέξοδα. Παρά την σχετική επάρκεια της Ελλάδας σε ανανεώσιμους υδατικούς πόρους, η χώρα αντιμετωπίζει υδατικά προβλήματα, τα οποία εκδηλώνονται κυρίως στις πιο ευάλωτες περιοχές από την άποψη υδατικού ισοζυγίου, στις οποίες περιλαμβάνονται τα νησιά, οι παράκτιοι υγρότοποι, καθώς και οι περιοχές μεγάλης αστικής, τουριστικής και αγροτικής ανάπτυξης. Βέβαια και στον υπόλοιπο ελλαδικό χώρο οι επιπτώσεις της κακής διαχείρισης του νερού εμφανίζονται ανά διαστήματα (Θεοχάρη, 2020).

1.2.1 Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις στο νερό

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως είναι φυσικό γίνονται αισθητές σε όλες τις ηπείρους σε ολόκληρο τον κόσμο και προβλέπεται ότι θα γίνουν πιο συχνές και πιο έντονες τις επόμενες δεκαετίες. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες ευθύνονται για την έκλυση τεράστιων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O και O₃) στην ατμόσφαιρα, γεγονός που ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος που σχετίζονται με το νερό εκδηλώνονται με τις παρατεταμένες ξηρασίες και τις έντονες πλημμύρες. Το νερό είναι το κύριο μέσο με το οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα

ΠΑΔΑ, Τμήμα ΠΟΛ.ΜΗΧ., Διπλωματική Εργασία, Διγενάκης Γεώργιος, Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος

οικοσυστήματα της Γης και, κατά συνέπεια, τη ζωή των ανθρώπων. Η κλιματική αλλαγή, αναμένεται ότι θα περιορίσει ακόμη περισσότερο την πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό. Οι τομείς της οικονομίας που πρόκειται να επηρεαστούν περισσότερο από τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στους υδατικούς πόρους είναι οι ακόλουθοι:

- α) η γεωργία, εξαιτίας της αυξημένης ανάγκης για ύδρευση,
- β) η ενέργεια, λόγω της μείωσης της παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας,
- γ) η υγεία, λόγω της ποιότητας νερού και
- δ) η αναψυχή, στην οποία εντάσσεται ο τομέας του τουρισμού (Θεοχάρη, 2020).

Ιδιαίτερα σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις που παρατηρούνται στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Η κεντρική Ευρώπη ήδη έρχεται αντιμέτωπη με σημαντικές πλημμύρες, οι βόρειες χώρες με προβλήματα ενέργειας, υγείας και διαταραχής οικοσυστημάτων, ενώ οι νότιες αντιμετωπίζουν σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας και ανομβρίας.

1.2.2 Ρύπανση

Πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων των ποταμών, των λιμνών, των θαλασσών και των υπόγειων υδροφορέων. Η ποιότητα των υδάτων επηρεάζεται άμεσα από απορρίψεις, όπως από εργοστάσια ή σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων, τις ονομαζόμενες «σημειακές πηγές ρύπανσης». Μπορεί επίσης να επηρεαστεί από ρύπανση που προέρχεται από διάχυτες πηγές, όπως θρεπτικά συστατικά και φυτοφάρμακα από γεωργικές δραστηριότητες και ρύπους που αποδεσμεύονται από τη βιομηχανία στην ατμόσφαιρα και οι οποίοι στη συνέχεια πέφτουν στη γη και στη θάλασσα, την ονομαζόμενη «διάχυτη ρύπανση». Ως βασικές πηγές ρύπανσης και μόλυνσης των υδάτων αναφέρονται από τη μια, οι γεωργικές δραστηριότητες, που εξαιτίας της άμεσης ή έμμεσης απόρριψης στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων, έχει σαν συνέπεια σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία αλλά και την υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων, και από την άλλη, τα αστικά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα. Παρά το γεγονός ότι κατά τα τελευταία χρόνια υπήρξε μια σημαντική βελτίωση, με την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, υπάρχουν ωστόσο απόλυτα χαρακτηριστικές περιπτώσεις οικολογικής καταστροφής υδάτινων σωμάτων. Τέτοια παραδείγματα στην Ελλάδα αποτελούν ο Ασωπός ποταμός, ο οποίος ρυπαίνεται μέσω της ανεξέλεγκτης

απόρριψης υγρών αποβλήτων στην περιοχή των Οиноφύτων από τις παραγωγικές μονάδες της περιοχής, ο ποταμός Κηφισός, η λίμνη Κορώνεια κ.ά. Πέρα από την μόλυνση που συμβαίνει σε ορισμένα ποτάμια ή λίμνες στην Ελλάδα, το ίδιο επικρατεί και σε γειτονικές χώρες με αποτέλεσμα το ρυπασμένο νερό να μεταφέρεται και στην Ελλάδα μέσω των βορείων συνόρων της χώρας. Επιπλέον λίμνες, οι οποίες βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, έχουν ήδη υποστεί υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων τους.

Μια άλλη μορφή ρύπανσης, κυρίως των υπόγειων υδάτων είναι η νιτρορύπανση που οφείλεται στη χρήση νιτρικών λιπασμάτων που εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή αθροιστικής συσσώρευσης νιτρικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνουν σε επίπεδα που είναι απαγορευτικά για τη χρήση του νερού για σκοπούς ύδρευσης.

Στη χώρα μας δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο της υφαλμύρισης ή υφαλμύρωσης, δηλαδή του εμπλουτισμού του υπόγειου νερού με διαλυμένα άλατα και συγκεκριμένα με ιόντα χλωρίου και νατρίου (Θεοχάρης, 2015). Η υφαλμύρωση μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας τύπος περιβαλλοντικής ρύπανσης, που οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες ή και σε υδρογεωλογικούς παράγοντες. Αιτία αυτού του γεγονότος αποτελεί η μη ορθολογική εκμετάλλευσή τους αλλά και ανεξέλεγκτες και παράνομες γεωτρήσεις. Τέλος, υπάρχουν τα προβλήματα που προκαλούνται εξαιτίας φυσικών συνθηκών και προέρχονται, κυρίως λόγω της γεωλογικής σύστασης των υδροφορέων (ΥΠΕΝ, Στουρνάρας κ.ά., 2011).

Ειδικότερα οι περιοχές που τοποθετούνται στον άξονα Θεσσαλονίκη–Αθήνα–Πάτρα, εξαιτίας της συγκέντρωσης πληθυσμού και των πιο έντονων δραστηριοτήτων, σε συνδυασμό με τα περιορισμένα αποθέματα νερού που παρουσιάζουν, διαθέτουν το πιο οξυμένο πρόβλημα σε ό,τι αφορά στην ποιότητα του νερού εξαιτίας της ρύπανσης (Θεοχάρη, 2020).

1.2.3 Η αποψίλωση των δασών

Το δάσος, ως στοιχείο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το έδαφος, ασκεί σημαντική υδρολογική επίδραση. Το ποσοστό αυτής της κατακράτησης αντιστοιχεί, κατά μέσο όρο, σε 10-20% για τα φυλλοβόλα είδη και σε 30-40% για τα αείφυλλα κωνοφόρα. Στην Ελλάδα, στην οποία είναι κυρίαρχα τα φυλλοβόλα είδη που δεν φέρουν φύλλα τον χειμώνα και οι βροχές πέφτουν φθινόπωρο, άνοιξη και χειμώνα, το ποσοστό είναι πολύ μικρότερο. Από το νερό που φθάνει στο έδαφος, ένα πολύ μικρό

μέρος απορρέει επιφανειακά, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του διηθείται, χάρη στο μεγάλο πορώδες του δασικού εδάφους, το οποίο δρα ως ένας τεράστιος ταμιευτήρας. Αυτό είναι και ένα εκ των πλεονεκτημάτων του δάσους έναντι όλων των άλλων χερσαίων οικοσυστημάτων και των καλλιεργειών.

Εκτός, όμως, από την υδρονομική επίδραση του δάσους, η οποία συνίσταται στην αποτροπή των πλημμυρών και τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων και είναι ιδιαίτερα σημαντική για χώρες όπως η Ελλάδα, εξίσου σημαντική, είναι και η επίδραση που έχει στην ποιότητα του νερού. Η δασική χλωρίδα και το δασικό έδαφος δρουν ως ένα τεράστιο βιολογικό φίλτρο, με αποτέλεσμα το νερό που παράγεται στο δάσος να είναι ποιοτικά καλύτερο, από οργανοληπτικής, χημικής και μικροβιολογικής άποψης (Θεοχάρη, 2020).

Όμως, στην περίπτωση των νησιών της Ελλάδας, ιδίως των νησιών μικρού και μεσαίου μεγέθους, τα δάση, δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, είτε γιατί απλώς δεν υπάρχουν, είτε γιατί το μέγεθος του δάσους δεν είναι επαρκές για να έχει καθοριστική συμβολή στη δημιουργία υπόγειων ταμιευτήρων νερού.

1.2.4 Η σπατάλη του νερού

Οι τρόποι αντιμετώπισης των αυξημένων αναγκών σε νερό περιοχών με περιορισμένους ή ανεπαρκείς ίδιους υδατικούς πόρους αλλά με μεγάλα ποσοστά αστικής συγκέντρωσης, όπως είναι για παράδειγμα η Αθήνα, ή άνυδρων νησιωτικών περιοχών με αυξημένη τουριστική κίνηση, είναι συχνά ατελέσφοροι, καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων σκοπός των επιλεγθέντων μέτρων είναι η εξασφάλιση νερού, χωρίς, ωστόσο, να επιδιώκεται η παράλληλη αντιμετώπιση της σπατάλης του.

Σε αρκετά νησιά λειτουργεί μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων, δυσανάλογος με το μέγεθός τους, χωρίς την ύπαρξη ουσιαστικού ελέγχου (συχνό το φαινόμενο παράνομων αντλήσεων), ενώ τα δεδομένα που υπάρχουν για το υπόγειο υδατικό δυναμικό των νησιών και τα ασφαλή αποθέματα για άντληση είναι ελάχιστα έως ανύπαρκτα, ενώ ιδιαίτερα περιορισμένες είναι οι εναλλακτικές μορφές εξοικονόμησης και διαχείρισης νερού. Παράλληλα όμως, είναι και αρκετά παλαιά τα δίκτυα ύδρευσης, με συνέπεια να παρουσιάζονται βλάβες στα δίκτυα και κατά συνέπεια και απώλεια του πολύτιμου νερού. Το αποτέλεσμα της υπεράντλησης υπόγειων νερών είναι η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών με κίνδυνο υφαλμύρισης και φυσικά μείωση των αποθεμάτων, ενώ οι ακατάλληλες αρδευτικές μέθοδοι και τα υδρευτικά δίκτυα που δεν

έχουν συντηρηθεί σωστά επίσης επιφέρουν σημαντικές απώλειες νερού (Τσακίρης, 2020). Τέλος υπάρχει μεγάλη σπατάλη σε καθημερινές ατομικές συνήθειες που σχετίζονται με την κατανάλωση νερού, προϊόν της έλλειψης κατάλληλης νοοτροπίας εξοικονόμησης νερού αλλά και ενημέρωσης σχετικά με τη διαρκή ανάγκη περιορισμού και ελέγχου της κατανάλωσης νερού.

1.3 Το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά

Ένα από τα χρόνια προβλήματα της χώρας μας, που επιβαρύνει αρνητικά την καθημερινότητα των κατοίκων αλλά και των τουριστών, είναι το πρόβλημα της υδροδότησης των άνυδρων νησιών. Τα λεγόμενα άνυδρα νησιά είναι αυτά των οποίων η μικρή έκταση και οι επικρατούσες γεωμορφολογικές συνθήκες δεν δημιουργούν προϋποθέσεις που είναι ευνοϊκές για να υπάρξουν σημαντικά αποθέματα νερού κατάλληλης ποιότητας. Το πρόβλημα της λειψυδρίας ενισχύεται από την περιορισμένη επιφανειακή αποθηκευτική ικανότητα των νησιών που σε συνδυασμό με τα περιορισμένα αποθέματα νερού δημιουργούν το πρόβλημα της λειψυδρίας, το οποίο και γίνεται εντονότερο τη θερινή περίοδο κατά την οποία αυξάνονται κατακόρυφα οι υδατικές ανάγκες.

Στο νησιωτικό χώρο, είναι δύσκολη η υλοποίηση μεγάλων αναπτυξιακών έργων για την αύξηση της προσφοράς νερού ή απλά βελτίωσης της αξιοπιστίας των υπαρχόντων συστημάτων ύδρευσης, με αποτέλεσμα οποιοδήποτε πρόβλημα ή δυσλειτουργία στα υδρευτικά δίκτυα, να προκαλεί άμεσο κίνδυνο έλλειψης νερού. Οι διακοπές υδροδότησης μπορεί να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στην εξυπηρέτηση του τουρισμού και μακροπρόθεσμα, στην οικονομική ανάπτυξη των νησιών. Επιπλέον, οι διαρροές νερού στα συστήματα ύδρευσης και άρδευσης, σε συνδυασμό με την απουσία διαχειριστικής πολιτικής για την προστασία και την αποθήκευση των διαθέσιμων υδάτων συντελούν στη μείωση των υπόγειων αποθεμάτων νερού (Κατσιγιάννη Ξ, 2018).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα λειψυδρίας, το αντιμετωπίζουν τα νησιά των Δωδεκανήσων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των νησιών αυτών και η τροφοδοσία τους να γίνεται μέσω μεταφοράς νερού

από υδροφόρα πλοία κυρίως από τη Ρόδο, η οποία όμως πολλές φορές είναι ανεπαρκής λόγω της απόστασης μεταξύ των νησιών και των υψηλών αναγκών που υπάρχουν.

Αντιθέτως, τα νησιά του Ιονίου αντιμετωπίζουν περισσότερο πρόβλημα ποιότητας νερού, παρά ποσότητας λόγω των έντονων κατακρημνίσεων που καταγράφονται. Στα περισσότερα νησιά που αντιμετωπίζουν οξύ πρόβλημα νερού, αυτό οφείλεται κυρίως στις υδρογεωλογικές συνθήκες, στην περιορισμένη έκτασή τους, στην γειτνίαση με τη θάλασσα και στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, οι οποίες διαφοροποιούνται από νησί σε νησί και από χρόνο σε χρόνο (Αντωνίου, 2015).

Κοντά στη λειψυδρία δεν είναι λίγες οι φορές που προστίθεται και η ποιοτική υποβάθμιση των περιορισμένων υδάτινων πόρων των νησιών. Η υποβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων στα νησιά έχει και αυτή τις ιδιαιτερότητές της καθώς συνδέεται άμεσα με τις ανεπαρκείς διαθέσιμες ποσότητες νερού και μπορεί να αποδοθεί στους εξής παράγοντες:

- Χαμηλό ποσοστό βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με παρατεταμένες ξηροθερμικές περιόδους, έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένη απόδοση τόσο ποσοτικά αλλά και ποιοτικά των υφιστάμενων γεωτρήσεων λόγω γεωργικής ρύπανσης ή/και υφαλμύρισης, την μη πλήρωση των λιμνοδεξαμενών που οδηγεί σε ακόμη μεγαλύτερη εξάρτηση από τις αντλήσεις υπόγειου νερού κ.λπ.
- Διείσδυση της θάλασσας σε μεγάλο βαθμό στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα εξαιτίας και των ανεξέλεγκτων παράκτιων γεωτρήσεων (υφαλμύριση).
- Μικροί οικισμοί με σημαντική και συχνά δυσανάλογη εποχιακή αύξηση του πληθυσμού, η οποία δημιουργεί τοπικά προβλήματα ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων από την αυξημένη παραγωγή λυμάτων.
- Ανεξέλεγκτες χωματερές και ακατάλληλη διάθεση ανεπεξέργαστων λυμάτων.
- Διάσπαρτες γεωργοκτηνοτροφικές μονάδες μικρής δυναμικότητας και χωρίς επαρκείς δυνατότητες διαχείρισης των αποβλήτων τους.
- Περιορισμένες βιομηχανικές μονάδες και, όπου υπάρχουν, τοπικού ενδιαφέροντος και συχνά χωρίς επαρκή επεξεργασία των αποβλήτων τους
- Ανταγωνισμός για την εξασφάλιση των αναγκαίων ποσοτήτων νερού για διαφορετικές χρήσεις.

- Παλαιά δίκτυα ύδρευσης, τα οποία παρουσιάζουν αρκετές βλάβες με συνέπεια υψηλές απώλειες, αλλά και προβλήματα ρύπανσης του νερού του δικτύου.
- Σε αρκετά νησιά υπάρχει αδυναμία αποθήκευσης επαρκών ποσοτήτων νερού, εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους αλλά και της γεωμορφολογίας τους.

Ο συνδυασμός των παραπάνω δείχνει ότι τα προβλήματα ποιότητας και ρύπανσης των υδατικών πόρων στα νησιά είναι σημαντικά και εντοπίζονται κυρίως στα υπόγεια νερά που αποτελούν την κύρια πηγή νερού.

ΕΤΟΣ	Ν.Α. ΚΥΚΛΑΔΩΝ			Ν.Α. ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ		
	Ποσότητες κ.μ	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη ανά κ.μ.	Ποσότητες κ.μ	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη ανά κ.μ.
2002	329.343	2.561.278 36	7 78	617.745	3.109.358 65	5 03
2003	336.777	2.772.718 04	8 23	605.019	3.214.680 89	5 31
2004	338.812	2.787.235 66	8 23	759.737	4.034.203 29	5 31
2005	464.562	4.006.916 45	8 63	969.676	5.082.935 63	5 24
2006	567.719	4.677.686 54	8 24	1.005.338	4.905.044 06	4 88
2007	697.117	5.802.509 26	8 32	1.101.628	5.403.900 34	4 91
2008	687.731	5.721.921 92	8 32	1.141.724	5.765.706 20	5 05
2009	429.075	3.569.904 00	8 32	826.910	4.175.895 50	5 05
2010*	263.241	2.590.291 44	9 84	340.426	3.349.791 84	9 84
ΣΥΝΟΛΑ	4.114.377	34.490.462		7.368.203	39.041.516	

Εικόνα 1.5 Συγκεντρωτικός πίνακας δαπανών και μεταφερόμενων ποσοτήτων νερού ανά έτος στις Ν.Α Κυκλάδων & Δωδεκανήσου έτη 2002-2010

Στο Αιγαίο, το πρόβλημα της λειψυδρίας αντιμετωπίζεται με μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία, γεωτρήσεις αλλά και με αρκετές δημοτικές αλλά και ιδιωτικές μονάδες αφαλάτωσης. Η λύση του μεταφερόμενου νερού, μπορεί να είναι εξαιρετικά δαπανηρή αφού το κόστος μεταφοράς είναι αρκετά ψηλό, πολλές φορές μπορεί να ξεπεράσει και τα 7 €/ m³. Ενδεικτική εικόνα του υψηλού κόστους προμήθειας νερού, μέσω μεταφοράς του με υδροφόρα πλοία είναι ο πίνακας της Εικόνα 1.5 , στον οποίο αποτυπώνονται και οι ποσότητες που προμηθεύονταν τα νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, αλλά και το κόστος του νερού ανά κυβικό μέτρο. Υπεύθυνη για την χρηματοδότηση και την προμήθεια των αναγκαίων ποσοτήτων νερού για τα νησιά, είναι η Γενική Γραμματεία

Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής. Όμως εκτός από το υψηλό κόστος, το νερό δεν είναι πάντα καλής ποιότητας με αποτέλεσμα να μην είναι πόσιμο αλλά σε πολλές περιπτώσεις να επιφέρει την ταχύτερη φθορά του δικτύου ύδρευσης και των συνδεδεμένων οικοσκευών (πλυντήρια, ψύκτες νερού κ.α.).

1.4 Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Η αύξηση των πιέσεων στο υδατικό περιβάλλον, όπως προαναφέρθηκε, καθιστά αναγκαία την εφαρμογή βιώσιμων πολιτικών ανάπτυξης και διαχείρισης των υδατικών πόρων, μέσω σχεδιασμού, υλοποίησης και βέλτιστης λειτουργίας έργων υποδομής και παρεμβάσεων διαχείρισης τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης. Ως διαχείριση υδατικών πόρων νοείται η εφαρμογή μέτρων, κατασκευαστικών και μη, για τον έλεγχο φυσικών και τεχνητών συστημάτων υδατικών πόρων, με στόχο την ωφέλεια του ανθρώπου και του περιβάλλοντος (Grigg, 1996). Η Ελλάδα, όπως προαναφέρθηκε, είναι μία σχετικά ευνοημένη υδρολογικά χώρα της Μεσογείου, αν και η αναντιστοιχία της χρονικής και της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων («προσφοράς» νερού) με τις χρονικές και χωρικές κατανομές της ζήτησης έχουν δημιουργήσει στο παρελθόν και εξακολουθούν να δημιουργούν προβλήματα έλλειψης νερού, ιδιαίτερα σε περιόδους ανομβρίας στα ελλειμματικά κυρίως υδατικά διαμερίσματα της χώρα. Ευρύτερα αποδεκτή είναι και η διαπίστωση ότι, λόγω ευκολίας, η εκμετάλλευση των υπογείων νερών γίνεται με εντονότερο ρυθμό σε σύγκριση με την εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών καθώς στη δεύτερη περίπτωση είναι αναγκαίες μεγάλες και μακροχρόνιες επενδύσεις (ΥΠΕΝ, 2020). Η βασική πρόκληση εντοπίζεται στην εύρεση ενός αποδεκτού συμβιβασμού ανάμεσα στις ανταγωνιστικές ανάγκες, κάνοντας ταυτόχρονη χρήση των υδατικών πόρων με έναν πιο αποτελεσματικό τρόπο. Έτσι η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει ως στόχους:

- Την προμήθεια με νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας για την ικανοποίηση οικιακών, αγροτικών, βιομηχανικών και ενεργειακών αναγκών στο παρόν και στο μέλλον.
- Τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.
- Την αύξηση του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος
- Τη βελτίωση της ποιότητας ζωής
- Τη διατήρηση των εθνικών πόρων.

- Τη διατήρηση και βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας.
- Την παροχή ικανοποιητικής προστασίας από τα ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πλημμύρες, ξηρασία)

Παρά το γεγονός ότι ο βαθμός ανάπτυξης των έργων αξιοποίησης των επιφανειακών νερών στην Ελλάδα είναι σχετικά περιορισμένος και υπάρχουν πρόσθετες δυνατότητες, θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η γενικότερη τάση μείωσης των πόρων που προορίζονται προς εκμετάλλευση είτε λόγω κλιματικών αλλαγών ή/και λόγω της εντεινόμενης ρύπανσης των νερών σε συνδυασμό με την υποχρέωση εφαρμογής από τη χώρα μας των αυστηρών Οδηγιών σχετικά με την προστασία των υδάτινων σωμάτων και των υδρόβιων οικοσυστημάτων, επιβάλλουν περιορισμούς και καθιστούν δαπανηρότερα τα αναπτυξιακά αυτά έργα. Κατά συνέπεια, είναι επιτακτική η ανάγκη να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη διαχείριση της ζήτησης και να μην θεωρούνται πλέον ως δεδομένες οι παραδοσιακές καταναλώσεις, οι παραδοσιακές απώλειες, η αδιαφορία ως προς τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης καθώς και η παραδοσιακή μέθοδος κοστολόγησης και τιμολόγησης του νερού (ΥΠΕΝ, 2020).

1.4.1 Διαχείριση των υδατικών πόρων: Οι προκλήσεις για τα νησιά

Στον χώρο της Μεσογείου και ιδιαίτερα σε αυτό των νησιών, το νερό χρησιμοποιείται με τρόπο που δεν είναι αιεφόρος. Το παράκτιο και νησιωτικό περιβάλλον της Μεσογείου στο σύνολό του είναι εύθραυστο από οικολογικής άποψης και διατρέχει κίνδυνο μη αναστρέψιμης υποβάθμισης εξαιτίας των κοινωνικών και οικονομικών πιέσεων που δέχεται.

Η πλειοψηφία του πληθυσμού συγκεντρώνεται στις παράκτιες ζώνες και στις νησιωτικές περιοχές και ο τουρισμός που διαρκώς αυξάνεται έχει ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη εποχική ζήτηση νερού. Ως εκ τούτου, και ιδιαίτερα στην Ελλάδα, η διαρκώς εντεινόμενη ανισοκατανομή της ζήτησης του νερού τόσο στο χώρο, όσο και στο χρόνο αυξάνει ιδιαίτερα το κόστος κάλυψης των αναγκών. Τα προβλήματα διαχείρισης λυμάτων πολλαπλασιάζονται με την αύξηση του αστικού πληθυσμού κατά τη θερινή περίοδο και υποβαθμίζουν την ποιότητα των ακτών. Όλοι οι σχετικοί παράγοντες επιβάλλουν την εφαρμογή προληπτικού σχεδιασμού και διαχείρισης και όχι την αναμονή εμφάνισης περισσότερο έντονων φαινομένων ρύπανσης, διάβρωσης και έλλειψης νερού (Σπιλάνης κ.ά., 2015).

Ο νησιωτικός χώρος της Ελλάδας παρουσιάζει διαφοροποιήσεις σε ό,τι αφορά την υδρολογική του κατάσταση. Έτσι, επί παραδείγματι, τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου, των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας που συνδέονται με το χαμηλό ύψος των κατακρημνίσεων. Στα νησιά του Ιονίου, παρεμφερή προβλήματα λειψυδρίας συνδέονται με ανεπάρκειες που εντοπίζονται στον τρόπο διαχείρισης των υδάτων. Η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη ενός νησιού στηρίζεται κυρίως στους υδατικούς πόρους, οι οποίοι καθορίζουν και το βαθμό και την έκταση της ανάπτυξής του, Ο τουρισμός αποτελεί την βάση της οικονομίας των νησιών. Το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση του τουρισμού, άρα η κυρίαρχη ζήτηση νερού προορίζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της ύδρευσης. Οι ανάγκες σε νερό μεγιστοποιούνται κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, κατά την οποία, μάλιστα, οι βροχοπτώσεις είναι σχεδόν μηδενικές. Στην ίδια περίοδο, αυξάνονται και οι ανάγκες άρδευσης, οι οποίες πρέπει με την σειρά τους να ικανοποιηθούν (ΕΕΠΠ, 2010).

Ένας πολύ σημαντικός, μη συμβατικός, υδατικός πόρος για την ενίσχυση της προσφοράς νερού και ικανοποίησης υδρευτικών κυρίως αναγκών πολλών άνυδρων νησιών είναι το αφαλατωμένο νερό, από τοπικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων αφαλάτωσης και παρουσίαση των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης στην Ελλάδα. Θα γίνει επίσης μια εκτενής παρουσίαση της εγκατάστασης αφαλάτωσης της Ύδρας, καθώς και αποτίμηση της λειτουργίας της και του βαθμού αποδοχής της από την τοπική κοινωνία.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Η αφαλάτωση

Τα αρχαιολογικά ευρήματα μαρτυρούν πως ήδη από τους νεολιθικούς χρόνους και οπωσδήποτε από την Εποχή του Χαλκού (για τον ελληνικό χώρο μετά 3200 π.Χ.) ο άνθρωπος προσπαθεί να διασφαλίσει την πρόσβασή του στο νερό για την κάλυψη των διαφορών του αναγκών με την με την υλοποίηση έργων ύδρευσης.

Η χώρα μας έχει μακράιωνη ιστορία αειφόρου διαχείρισης υδατικών πόρων. Αρχαιολογικές και άλλες μαρτυρίες υποδηλώνουν ότι κατά την πολιτισμική έκρηξη της Μινωικής περιόδου (ca. 3200-1500 π.Χ.) εφαρμόστηκαν προωθημένες πρακτικές χρήσης μη συμβατικών υδατικών, όπως είναι η συλλογή, αποθήκευση και χρήση βρόχινου και πιθανόν αφαλατωμένου νερού. Οι Μινωίτες ανέπτυξαν το εμπόριο και τη ναυτιλία με τα πλοία τους να κυριαρχούν στη Μεσόγειο θάλασσα (όπως αναφέρει ο Θουκυδίδης), καλύπτοντας αποστάσεις εκατοντάδων μιλίων σε αναζήτηση εμπορεύσιμων αγαθών και αγορών από την Ισπανία ως τη Συρία. Γι' αυτό πιθανολογείται ότι οι Μινωίτες πρώτοι εφάρμοσαν θερμική μέθοδο παραγωγής πόσιμου νερού από τη θάλασσα κατά τη διάρκεια των πολυήμερων ταξιδιών τους. Αργότερα, ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) περιέγραψε με μεγάλη ακρίβεια τον κύκλο του νερού. Επίσης ο ίδιος για πρώτη φορά, αναφερόμενος στο θαλασσίνο νερό, αναφέρει ότι αυτό μπορεί να μετατραπεί σε γλυκό (πόσιμο) νερό όταν ατμοποιηθεί (εξατμισθεί) και στη συνέχεια συμπυκνωθεί. Αργότερα (ca. 200 μ.Χ.) ο περιπατητικός φιλόσοφος Αλέξανδρος ο Αφροδίσιος, παρουσιάζει την παραγωγή πόσιμου νερού από θαλασσίνο νερό, από ναύτες σε πλοίο, με τη χρήση σπόγγων, που απορροφούσαν ατμούς θαλασσινού νερού, κατά τη διάρκεια βρασμού του εντός ειδικού δοχείου.

Σήμερα, σε πολλές περιοχές του κόσμου, κυρίως σ' αυτές με ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο νερού, αναπτύσσονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς τεχνολογίες χρήσης μη συμβατικών υδατικών πόρων, όπως είναι η αφαλάτωση θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού.. Στο μέλλον, τέτοιες τεχνολογίες θα αποτελέσουν τη βάση παραγωγής όχι μόνο άφθονου και καλής ποιότητας πόσιμου νερού αλλά ακόμη και νερού για άλλες χρήσεις (Αγγελάκης, 2022.).

2.1 Η διαδικασία της αφαλάτωσης

Με τον όρο αφαλάτωση χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Αποτελεί λοιπόν μέθοδο

ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσίνο νερό ή υφάλμυρο υπόγειο νερό (Μπούτσικου, 2019). Η αφαλάτωση χρησιμοποιείται και σε πολλά πλοία και υποβρύχια, που δεν έχουν μεγάλες δυνατότητες αποθήκευσης νερού, αλλά πρέπει να ταξιδεύουν αυτόνομα για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς την ανάγκη ανεφοδιασμού. Το μεγαλύτερο μέρος του σύγχρονου ενδιαφέροντος για την αφαλάτωση πλέον επικεντρώνεται στην οικονομικά αποδοτική παροχή γλυκού νερού για ανθρώπινη χρήση. Μαζί με τα ανακυκλωμένα λύματα, είναι ένας από τους λίγους υδατικούς πόρους ανεξάρτητους από τις βροχοπτώσεις (Fischetti, 2007). Το υποπροϊόν της διαδικασίας αφαλάτωσης είναι λεγόμενη άλμη.

Η παραγωγή πόσιμου νερού μέσω της αφαλάτωσης αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς και αναμένεται να συνεχιστεί αυτή η αυξητική τάση. Επί του παρόντος, η αφαλάτωση αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τοις εκατό του πόσιμου νερού στον κόσμο (Ehmedi et al., 2020). Υπάρχουν περίπου 21.000 λειτουργικές μονάδες αφαλάτωσης παγκοσμίως (έτος 2020), οι οποίες παράγουν πάνω από 95 εκατομμύρια m³ ανά ημέρα γλυκού νερού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αύξηση των μονάδων αφαλάτωσης, και της συνολικής δυναμικότητάς τους.

Έτος	Μονάδες	Δυναμικότητα (Mm ³ /ημ ¹)
1990	>1.000	5,00
2004	8.000	35,00
2008	14.000	52,33
2011	-	67,00
2013	16.000	89,00
2020	21.000	95,00

Πίνακας 2.1 Έργα αφαλάτωσης και παραγωγής πόσιμου νερού παγκοσμίως (Αγγελάκης, 2022)

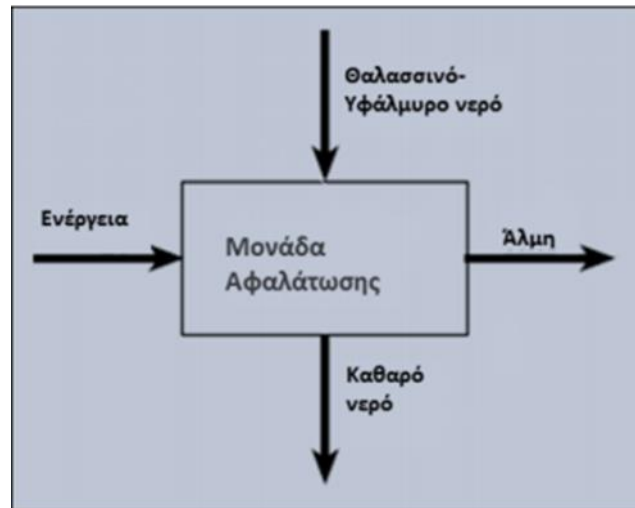
Η αφαλάτωση, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε χώρες που βρίσκονται στην περιοχή της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, όπως η Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Κουβέιτ, η Αλγερία κ.α. Το Κουβέιτ ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο που χρησιμοποίησε αφαλάτωση για την παροχή νερού για μεγάλης κλίμακας οικιακή χρήση. Η μεγαλύτερη μονάδα αφαλάτωσης βρίσκεται στην Σαουδική Αραβία στην περιοχή Ras Al Khaïr, με δυναμικότητα 1.036.000 m³/ημέρα, η οποία χρησιμοποιεί

ένα υβριδικό σύστημα αφαλάτωσης με 8 μονάδες πολυβάθμιας εκτόνωσης (θερμική μέθοδος) και 17 αντίστροφης ώσμωσης. Το 30% του πόσιμου νερού του Ισραήλ, παράγεται στη μονάδα αφαλάτωσης του Sorek τη μεγαλύτερη όχι μόνο στη χώρα, αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο (627.000 m³ την ημέρα).



Εικόνα 2.1 Εργοστάσιο αφαλάτωσης SOREK, Ισραήλ. (<http://www.water-technology.net/projects/sorek-desalination-plant/>)

Εξαιτίας της κατανάλωσης ενέργειας, η παραγωγή πόσιμου νερού με την αφαλάτωση, είναι πιο δαπανηρή από αυτή του γλυκού νερού που προέρχεται από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα. Π.χ. στις διαδικασίες αφαλάτωσης καταναλώνεται θερμική ενέργεια στην περίπτωση της απόσταξης, και ηλεκτρική στην περίπτωση της αντίστροφης ώσμωσης. Ωστόσο, αυτές οι εναλλακτικές λύσεις αν και έχουν μεγαλύτερο κόστος παραγωγής είναι υποχρεωτικές επειδή η εξάντληση των αποθεμάτων γλυκού νερού είναι ένα κρίσιμο πρόβλημα παγκοσμίως (Ebrahimi et al., 2018).



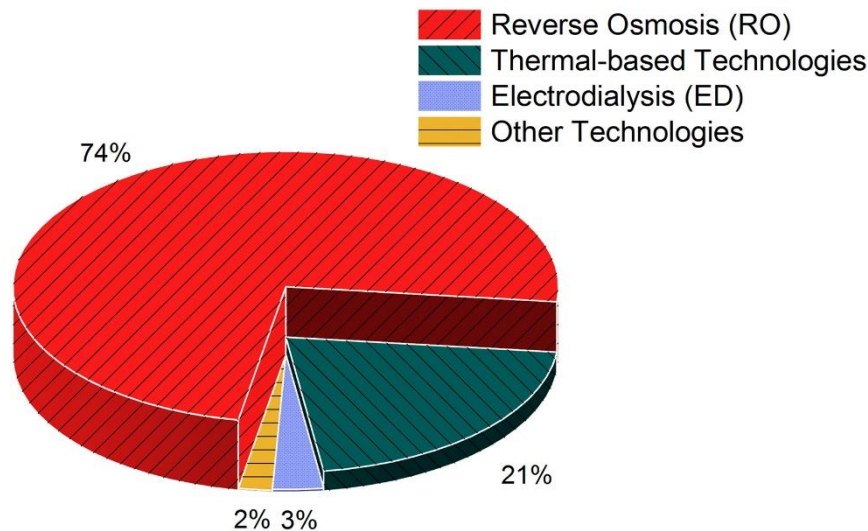
Εικόνα 2.2 Τυπικό διάγραμμα εισροών, εκροών μονάδας αφαλάτωσης (Δαγκαλίδης Α. , 2009)

Η αφαλάτωση, λοιπόν, είναι μια τεχνητή διαδικασία με την οποία το θαλασσινό νερό μετατρέπεται σε γλυκό. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι αφαλάτωσης οι οποίες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις θερμικές μεθόδους, κατά τις οποίες απαιτείται θερμότητα και προκαλείται αλλαγή φάσης ή κατάστασης, όπως είναι η απόσταξη-δηλαδή από υγρή φάση το νερό περνάει στην αέρια (υδρατμοί) και με επανασυμπύκνωση επανέρχεται στην υγρή φάση- και τις μεθόδους των μεμβρανών στις οποίες ο διαχωρισμός του φρέσκου νερού από τα άλατα γίνεται με την χρήση μεμβρανών (φιλτράρισμα).

Σήμερα, η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφαλάτωσης είναι η αντίστροφη ώσμωση, με το ποσοστό χρήσης της μεθόδου να ανέρχεται σε 74% και ακολουθεί η πολυβάθμια εκτόνωση, μια θερμική μέθοδος. (Panagopoulos, Haralambous & Loizidou, 2019).

Θερμικές μέθοδοι ή αλλαγής φάσης	Πολυβάθμια εξάτμιση (Multi Effect Distillation – MED)
	Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi Stage Flashing - MSF)
	Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών (Mechanical Vapor Compression - MVC ή VC)
	Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)
Μέθοδοι μεμβρανών	Αντίστροφη Ώσμωση (Reverse Osmosis - RO)
	Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED)
	Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis Reversal - EDR)
Λοιπές μέθοδοι	Ιοντοανταλλαγή
	Νανόφιλτρα (carbon-nanotube membrane)
	Απόσταξη με μεμβράνες
	Ηλιακή αεριοποίηση
	Κρυστάλλωση
	Γεωθερμική αφαλάτωση (Geothermal desalination)

Πίνακας 2.2 Μέθοδοι αφαλάτωσης ανά κατηγορία

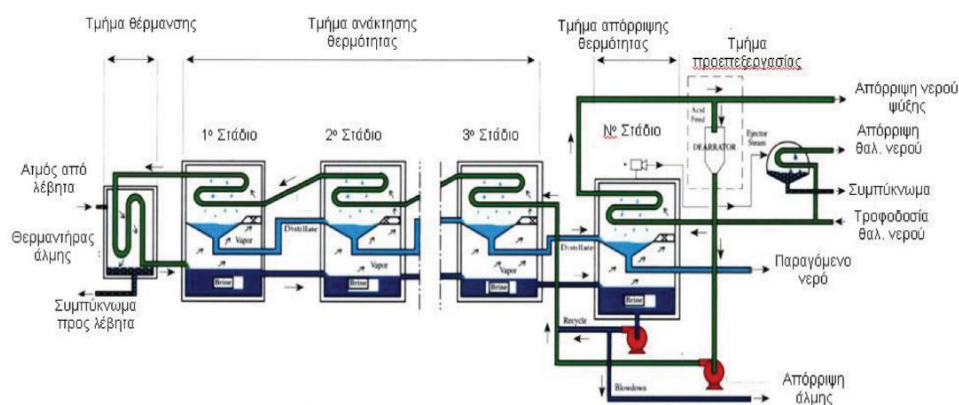


Εικόνα 2.3 Ποσοστά χρήσης μεθόδων αφαλάτωσης (Panagopoulos, A., Haralambous, K.J, 2019)

2.2 Μέθοδοι αφαλάτωσης

2.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση

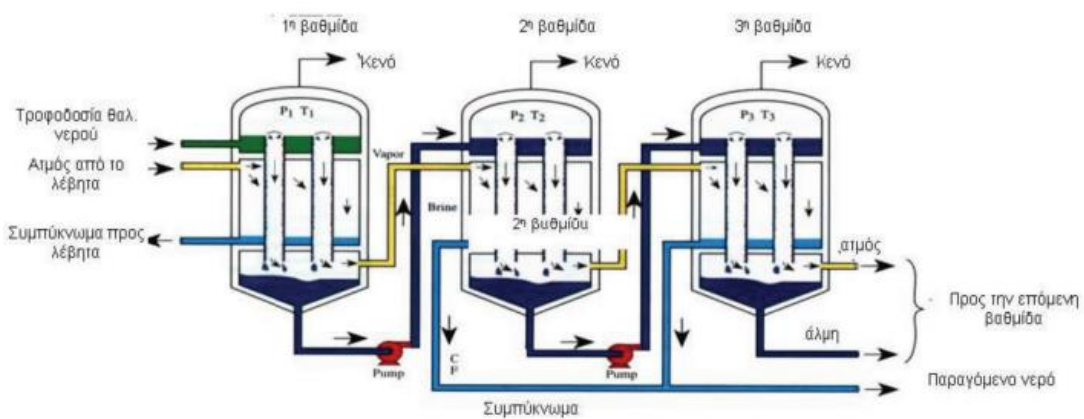
Στην μέθοδο αυτή, το θαλασσινό νερό θερμαίνεται υπό συγκεκριμένη πίεση, σε θερμοκρασία λίγο πιο χαμηλή από αυτή του σημείου βρασμού. Στη συνέχεια, το θαλασσινό νερό εισάγεται σε ένα θάλαμο με χαμηλότερη πίεση από αυτή του διαλύματος με αποτέλεσμα να προκαλείται ο απότομος βρασμός του. Το νερό αρχίζει να εξατμίζεται μέχρι να επέλθει ισορροπία με τους σχηματιζόμενους ατμούς. Ο απότομος αυτός βρασμός σε συνδυασμό με τον σχηματισμό ατμών έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη του διαλύματος (Μπούτσικου, 2019).



Εικόνα 2.4 Σχηματική απεικόνιση πολυβάθμια εκτόνωση (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)

2.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση

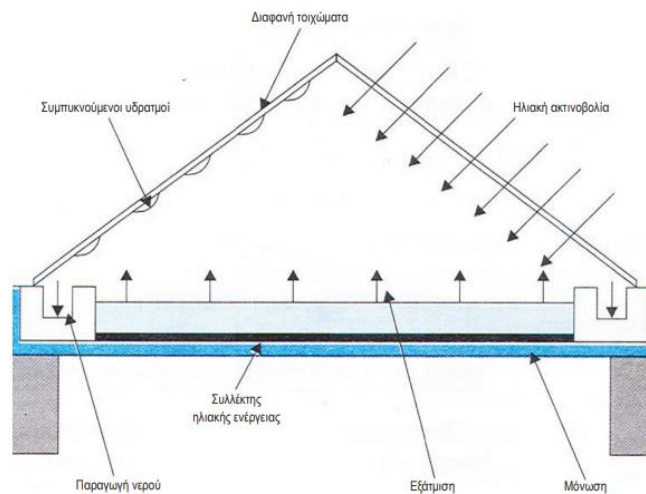
Τα συστήματα αφαλάτωσης αυτού του τύπου αποτελούνται από μια πηγή θέρμανσης, έναν αποστακτήρα, έναν συμπυκνωτή ατμών και έναν διαχωριστή που παγιδεύει τις λεπτές σταγόνες της άλμης και τις αποχωρίζει από τον ατμό. Αποτελούνται από πολλά εξατμιστήρια στην σειρά, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη εκμετάλλευση της θερμότητας του συστήματος. Ο ατμός θέρμανσης εισάγεται μόνο στην πρώτη βαθμίδα, όπου θερμαίνεται το αλμυρό νερό μέχρι την θερμοκρασία βρασμού του (100° C). Οι ατμοί που σχηματίζονται στην πρώτη βαθμίδα χρησιμοποιούνται ως ατμός θέρμανσης στην δεύτερη βαθμίδα, η οποία βρίσκεται σε χαμηλότερη πίεση από την πρώτη ώστε το διάλυμα της άλμης να βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία (Μπούτσικου, 2019).



Εικόνα 2.5 Σχηματική απεικόνιση Πολυβάθμιας εξάτμισης (https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)

2.2.3 Ηλιακή απόσταξη

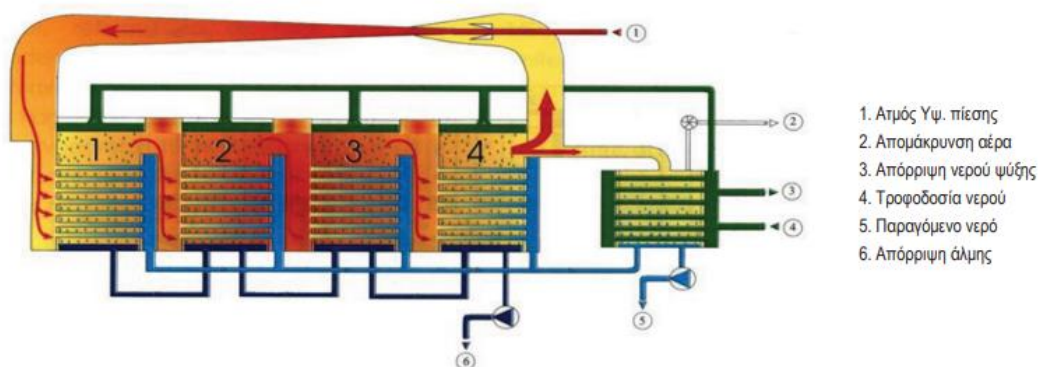
Η ηλιακή απόσταξη μιμείται τον φυσικό κύκλο του νερού, στον οποίο ο ήλιος θερμαίνει το θαλασσινό νερό αρκετά ώστε να υπάρξει εξάτμιση του νερού και να μείνει το αλάτι. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια και βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Με την εξάτμιση το νερό ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται το προϊόν (Μπούτσικου, 2019).



Εικόνα 2.6 Σχηματική απεικόνιση ηλιακής απόσταξης
(https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)

2.2.4 Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών

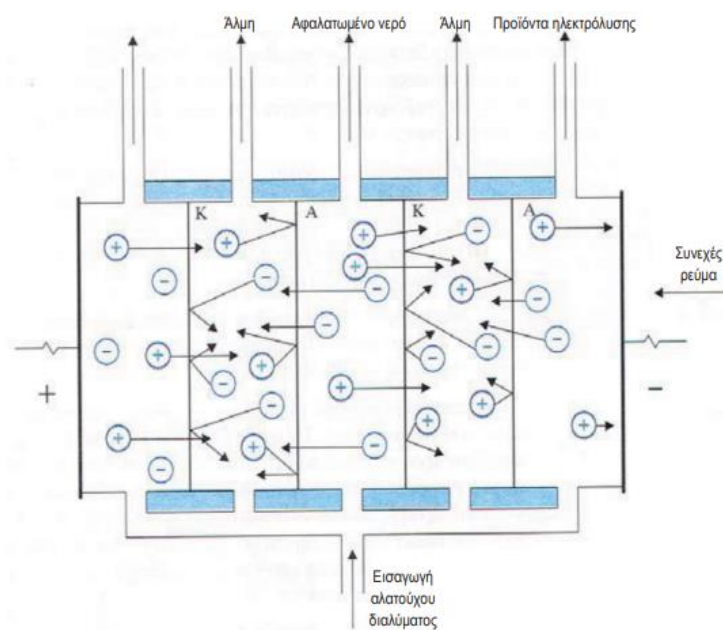
Η μέθοδος της επανασυμπίεσης του ατμού αναφέρεται στην διαδικασία απόσταξης κατά την οποία ο ατμός που εξατμίζεται από το θαλασσινό νερό λαμβάνεται από μια διάταξη θερμότητας που τον συμπιέζει. Η συμπίεση του ατμού αυξάνει τόσο την πίεση όσο και την θερμοκρασία του, οπότε είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η αποβαλλόμενη θερμότητα που προκύπτει από την συμπίεση για τη δημιουργία επιπλέον ατμού. Η συμπίεση τροφοδοτείται μηχανικά από διατάξεις που λειτουργούν ως μηχανικές τουρμπίνες. Όπως παράγεται ο ατμός μεταφέρεται σε ένα συμπυκνωτή όπου εναλλάσσεται θερμότητα και ο ατμός μετατρέπεται και πάλι σε νερό. Το πόσιμο νερό που προκύπτει μεταφέρεται στις δεξαμενές αποθήκευσης ενώ η θερμότητα χρησιμοποιείται και πάλι σε προηγούμενα στάδια της διαδικασίας (Μπούτσικου, 2019).



Εικόνα 2.7 Σχηματική απεικόνιση εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών
(https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)

2.2.5 Ηλεκτροδιάλυση

Το προς αφαλάτωση νερό περνάει μέσα από ένα σύστημα ηλεκτρικά φορτισμένων μεμβρανών που διαχωρίζουν τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων και τα απομακρύνουν από το καθαρό νερό. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στο διάλυμα ηλεκτρική τάση επιβάλλοντας ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο διάλυμα. Τα φορτισμένα ιόντα κινούνται προς την κατεύθυνση των ηλεκτροδίων εκείνων που έχουν αντίθετο φορτίο με αυτά. Στην αφαλάτωση με ηλεκτρόλυση, το ηλεκτρολυτικό κελί περιλαμβάνει δύο μεμβράνες σαν διαχωριστικά τοιχώματα. Στα πλευρικά τοιχώματα υπάρχουν τα ηλεκτρόδια της συσκευής που συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος. Στην συσκευή διοχετεύεται θαλασσινό νερό. Κατά την κίνησή τους, τα διαλυμένα ιόντα προσκολλώνται στις μεμβράνες με επιλεκτικό τρόπο. Τα ιόντα των αλάτων που συνήθως περιλαμβάνονται στο νερό διαπερνούν τις μεμβράνες εγκαταλείποντας τον ενδιάμεσο θάλαμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ενδιάμεσος θάλαμος να περιέχει νερό με λιγότερα άλατα και επομένως πιο καθαρό (Μπούτσικου, 2019).



Εικόνα 2.8 Σχηματική απεικόνιση Ηλεκτροδιάλυσης
(https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf)

2.2.6 Απόσταξη μεμβράνης

Η απόσταξη μεμβράνης χρησιμοποιεί μια διαφορά θερμοκρασίας σε μια μεμβράνη για την εξάτμιση των ατμών, χρησιμοποιώντας ένα διάλυμα άλμης και ένα καθαρό συμπύκνωμα στην ψυχρότερη πλευρά (Warsinger et al., 2017).

2.3 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης

Όπως έχει αναφερθεί η μετατροπή του θαλασσινού νερού σε πόσιμο δεν παρουσιάζει καμία πλέον τεχνολογική δυσκολία. Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες μέθοδοι οι οποίες συνεχώς βελτιώνονται όχι τόσο στην βασική αρχή λειτουργίας τους, αλλά σε επιμέρους διεργασίες, με στόχο την αύξηση της δυναμικότητάς τους συγχρόνως με την ελαχιστοποίηση του κόστους του παραγόμενου νερού, βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος αλλά και μείωση των ενεργειακών αναγκών.

2.3.1 Αφαλάτωση και ενέργεια

Το κυριότερο κριτήριο στην επιλογή μιας μεθόδου αφαλάτωσης είναι η ενεργειακή κατανάλωσή της. Πιο συγκεκριμένα, η επικρατέστερη επιλογή από τις θερμικές διεργασίες είναι η απόσταξη πολλαπλής επίδρασης (MED), ενώ η μέθοδος με τις μεμβράνες που υπερτερεί ως προς την κατανάλωση ενέργειας (μικρότερη κατανάλωση) είναι της αντίστροφης ώσμωσης για θαλασσινό νερό (SWRO) με ανάκτηση ενέργειας και όπως προαναφέρθηκε αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο της αγοράς. Τέλος ακολουθεί η αντίστροφη ώσμωση για θαλασσινό νερό (SWRO) χωρίς ανάκτηση ενέργειας και η ηλεκτροδιάλυση (ED).

Η κατανάλωση ενέργειας στη διαδικασία αφαλάτωσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε αλάτι (η αφαλάτωση υφάλμυρου νερού απαιτεί λιγότερη ενέργεια έναντι της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού). Η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας που έχει επιτευχθεί είναι $2 \text{ kWh} / \text{m}^3$ με την μέθοδο αντίστροφης ώσμωσης, αφήνοντας περιορισμένο περιθώριο για περαιτέρω μειώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι, τη δεκαετία του 1970 η κατανάλωση ενέργειας για αυτή την μέθοδο ανερχόταν στις $16 \text{ kWh} / \text{m}^3$ (Panagopoulos, 2020).

2.3.2 Κόστος αφαλάτωσης

Όπως προαναφέραμε, υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες μέθοδοι οι οποίες συνεχώς βελτιώνονται όχι τόσο στην βασική αρχή λειτουργίας τους αλλά σε επιμέρους διεργασίες, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους του παραγόμενου νερού. Βέβαια, οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αφαλάτωσης είναι αρκετοί, οι οποίοι μάλιστα αλληλοεπιδρούν, αλλά και οι ίδιοι οι παράγοντες μεταβάλλονται από χώρα σε χώρα

αλλά και από περιοχή σε περιοχή. Το συνολικό κόστος διαμορφώνεται από τρεις συνιστώσες: το κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης. Το κόστος της αφαλάτωσης (υποδομή, ενέργεια και συντήρηση) είναι υψηλότερο από το κόστος παραγωγής και διαχείρισης του γλυκού νερού από ποτάμια ή υπόγεια ύδατα, και την αποθήκευσή του. Οι συνεχείς τεχνολογικές βελτιώσεις των μεθόδων αφαλάτωσης μειώνουν το κόστος παραγωγής καθιστώντας σε ορισμένες, , περιπτώσεις την αφαλάτωση οικονομικά ανταγωνιστική ως προς την παραδοσιακή μέθοδο υδροδότησης.

Οι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος αφαλάτωσης είναι:

- το είδος της μεθόδου αφαλάτωσης
- η δυναμικότητα παραγωγής
- του είδους του προς αφαλάτωση νερού
- το κόστος της χρησιμοποιούμενης ενέργειας
- το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης (αναλώσιμα, ανθρώπινο δυναμικό)
- η θέση μονάδας και απόσταση από τη θάλασσα
- η προμήθεια και η συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού

Το κόστος αφαλάτωσης παρουσιάζεται συνήθως ανά μονάδα παραγόμενου νερού (m^3) (Αυλωνίτης, 2006). Περισσότερο από το μισό του κόστους παραγωγής αποτελεί το κόστος για την ενέργεια (ενεργειακό κόστος) και δεδομένου ότι οι τιμές της ενέργειας είναι πολύ ασταθείς, το τελικό κόστος μπορεί να διαφέρει σημαντικά (Zhang & Babovic, 2012).

Για την περίπτωση των νησιών του Αιγαίου βλέπε ενδεικτικά τον παρακάτω πίνακα για το κόστος της εγκατάστασης αφαλάτωσης ανά μονάδα παραγόμενου νερού (εικόνα 2.3):

Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης							
Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Ποιότητα Προϊόντος (TDS)	Παραγωγή Προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	~10	1.000 – 60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4 – 6 KWh/m ³	1000 – 2000 €/m ³ /ημέρα)
MED	Θαλασσινό	Θερμική	~10	500 – 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 KJ/kg 2,5 – 3 KWh/m ³	850 – 1750 €/m ³ /ημέρα)
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	~10	25 – 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 KWh/m ³	1000 – 2350 €/m ³ /ημέρα)
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	>500	0,4 - >70.000	Ηλεκτρική	< 5 KWh/m ³ < 3 KWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 – 4400 €/m ³ /ημέρα)
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~250-500	2,5 – > 50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 KWh/m ³	300 – 2000 €/m ³ /ημέρα)
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	~300-500	15 – 50.000	Ηλεκτρική	1,5 ~ 4 KWh/m ³	1000 – 5000 €/m ³ /ημέρα)

Εικόνα 2.9 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης (Ενεργειακό Γραφείο Του-Αιγαίου)

2.3.3 Περιβαλλοντικές πτυχές

Οι διεργασίες αφαλάτωσης παράγουν μεγάλες ποσότητες άλμης, οι οποίες εξαιτίας και του σταδίου προ-επεξεργασίας και καθαρισμού περιέχουν υπολείμματα χημικών προϊόντων, υποπροϊόντα αντίδρασης όπως και βαρέα μέταλλα λόγω διάβρωσης. Η χημική προ κατεργασία και ο καθαρισμός είναι αναγκαία στα περισσότερα εργοστάσια αφαλάτωσης και συνήθως περιλαμβάνει την πρόληψη της βιολογικής ρύπανσης, του αφρισμού και της διάβρωσης σε θερμικά εργοστάσια. (Lattermann & Horner, 2008).

Για να περιοριστεί ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της επιστροφής της άλμης στη θάλασσα, αυτή μπορεί να αραιωθεί με ένα άλλο ρεύμα νερού, το οποίο εισέρχεται στη θάλασσα, όπως γίνεται με το παραγόμενο υποπροϊόν της επεξεργασίας λυμάτων ή μονάδας παραγωγής ενέργειας. Μια άλλη μέθοδος αραιώσης της άλμης είναι η ανάμιξη της μέσω διάχυσης σε θαλάσσια ζώνη μίξης. Για παράδειγμα, όταν ένας αγωγός που περιέχει άλμη φτάνει στον πυθμένα της θάλασσας, μπορεί να χωριστεί σε πολλούς επιμέρους κλάδους από τους οποίους απελευθερώνεται σταδιακά και σε μικρές ποσότητες η άλμη (Panagopoulos & Haralambous, 2019).

Η άλμη είναι πυκνότερη από το θαλασσινό νερό και ως εκ τούτου βυθίζεται στον πυθμένα της θάλασσας και μπορεί να βλάψει το οικοσύστημα. Φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις της άλμης στον θαλάσσιο πυθμένα (λοφία της άλμης) μειώνονται με την πάροδο του χρόνου σε μια αραιωμένη συγκέντρωση, η οποία δεν έχει καθόλου επίδραση στο περιβάλλον. Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει ότι η αραιώση μπορεί να είναι

παραπλανητική λόγω του βάθους. Η διασπορά άλμης από τα υπολείμματα της αφαλάτωσης έχει διαπιστωθεί ότι ταξιδεύει αρκετά χιλιόμετρα μακριά, πράγμα που σημαίνει ότι έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βλάβη στα οικοσυστήματα. Η προσεκτική απόρριψη της με κατάλληλα μέτρα και περιβαλλοντικές μελέτες μπορεί να ελαχιστοποιήσει αυτό το πρόβλημα (Panagopoulos & Haralambous, 2020)

Οι επικρατέστερες λύσεις για τη διάθεση της παραγόμενης άλμης σήμερα είναι οι εξής:

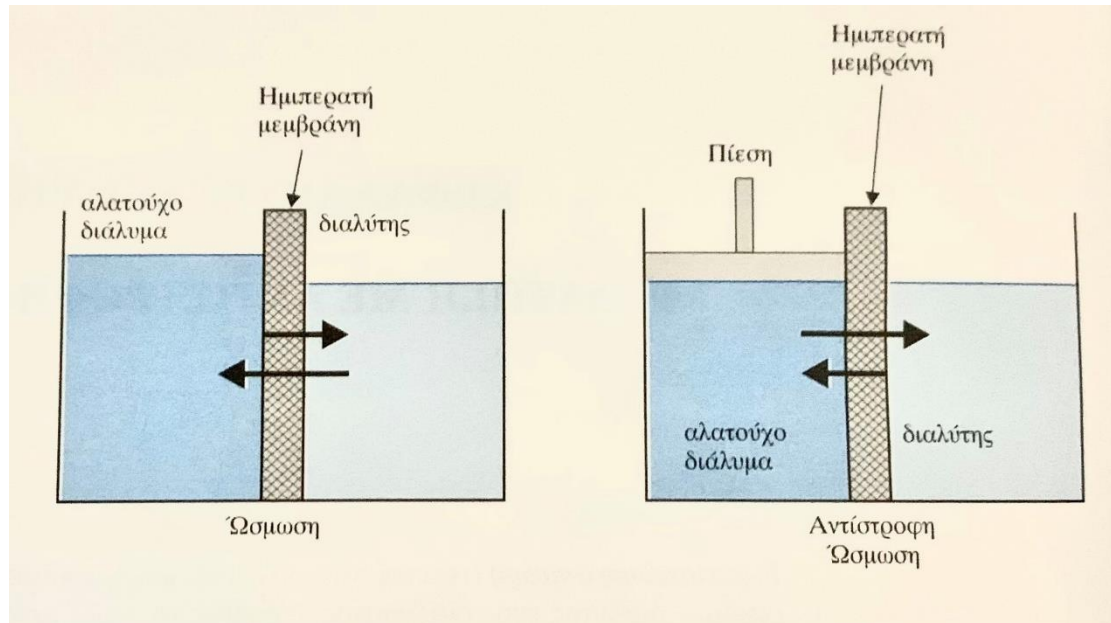
- Απόρριψη στη θάλασσα
- Απόρριψη σε πηγάδια – γεωτρήσεις
- Μεταφορά σε μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- Εναπόθεση σε λίμνες εξάτμισης
- Μεταφορά σε χώρους υγειονομικής ταφής
- Διάθεση της άλμης στη βιομηχανία μετά από επεξεργασία

Η διάθεση της άλμης στη θάλασσα είναι η πιο διαδεδομένη από τις υπόλοιπες, επειδή, όμως, όπως προαναφέρθηκε η αλόγιστη απόρριψή της μπορεί να οδηγήσει σε επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον (εξαφάνιση συγκεκριμένων ειδών χλωρίδας και πανίδας) για αυτό, προτού αποφασιστεί η απόρριψη της άλμης στη θάλασσα, θα πρέπει να έχει προηγηθεί έρευνα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ώστε να εκτιμηθούν οι πιθανές συνέπειες στο περιβάλλον και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. (U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. (2009). Brine-Concentrate treatment and Disposal Options Report: Southern California Regional Brine-Concentrate Management Study – Phase I, Lower Colorado Region.)

2.4 Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης

Η αντίστροφη ώσμωση (RO) είναι μια διαδικασία αφαλάτωσης με την οποία ο διαλύτης ενός διαλύματος, συνήθως το νερό, μεταφέρεται και διαχωρίζεται μέσω μιας μεμβράνης από τα συστατικά του διαλύματος με την άσκηση πίεσης. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στο φαινόμενο της ώσμωσης. Η ταχύτητα διάδοσης του νερού, δηλαδή του καθαρού διαλύτη, προς το διάλυμα είναι μεγαλύτερη από εκείνη από το διάλυμα προς το διαλύτη. Έτσι ο διαλύτης, το νερό δηλαδή, μεταφέρεται προς το διάλυμα και

το φαινόμενο ονομάζεται ώσμωση. Η εξωτερική πίεση που πρέπει να ασκήσουμε στο διάλυμα, ώστε να σταματήσει το φαινόμενο της ώσμωσης, χωρίς να αλλάξει ο όγκος του διαλύματος ονομάζεται ωσμωτική πίεση και είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του διαλύματος και της θερμοκρασίας. Εάν τώρα ασκήσουμε μια εξωτερική πίεση στο διάλυμα (δηλαδή το θαλασσινό νερό) μεγαλύτερη της ωσμωτικής πίεσης, τότε η φορά μετακίνησης του διαλύτη θα αλλάξει, με το νερό να κινείται από το διάλυμα (θαλασσινό νερό) προς τον διαλύτη (Αυλωνίτης, 2006).



Εικόνα 2.10 Φαινόμενο ώσμωσης και Αντίστροφης Ώσμωσης

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητος ο ορισμός των χαρακτηριστικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στις κατεργασίες της αφαλάτωσης. Αυτά είναι:

I. Η ανάκτηση (recovery), η οποία δείχνει το ποσοστό του παραγόμενου νερού από το διάλυμα τροφοδοσίας και ορίζεται ως,

$$\text{Ανάκτηση (\%)} = (V_p/V_f)*100$$

όπου V_p είναι η ογκομετρική παροχή του παραγόμενου νερού και V_f του διαλύματος τροφοδοσίας και,

II. Η ποιότητα του παραγόμενου νερού, που χαρακτηρίζεται από την ικανότητα απόρριψης των αλάτων που περιέχονται στο διάλυμα τροφοδοσίας. Έτσι η απόρριψη των αλάτων (rejection of salts) ορίζεται ως,

$$\text{Απόρριψη αλάτων (\%)} = [(c_f - c_p) / c_f] * 100$$

Όπου c_f είναι η συγκέντρωση των αλάτων του διαλύματος που βρίσκεται στην υψηλότερη πίεση και c_p η συγκέντρωση των αλάτων του παραγόμενου διαλύματος (Αυλωνίτης, 2006).

Μια διαδικασία ώσμωσης μέσω ημι-διαπερατών μεμβρανών παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1748 από τον Jean-Antoine Nollet. Για τα ακόλουθα 200 χρόνια, η ώσμωση ήταν μόνο ένα φαινόμενο που παρατηρήθηκε στο εργαστήριο. Το 1950, το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια διερεύνησε για πρώτη φορά την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού χρησιμοποιώντας ημι-διαπερατές μεμβράνες. Ερευνητές τόσο από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας όσο και από το Πανεπιστήμιο της Φλόριντα παρήγαγαν με επιτυχία γλυκό νερό από θαλασσινό στα μέσα της δεκαετίας του 1950, αλλά η ροή ήταν πολύ χαμηλή για να είναι εμπορικά βιώσιμη (Glaser, 1998). Αυτό ίσχυσε μέχρι την ανακάλυψη που πραγματοποίησαν στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια οι Sidney Loeb και Srinivasa Sourirajan (Weintraub, 2001). Πιο συγκεκριμένα, οι τελευταίοι, ανακάλυψαν τεχνικές, οι οποίες ήταν χρήσιμες για την κατασκευή ασύμμετρων μεμβρανών που χαρακτηρίζονται από ένα αποτελεσματικά λεπτό στρώμα επιφάνειας, η οποία υποστηρίζεται στην κορυφή μιας εξαιρετικά πορώδους και πολύ παχύτερης περιοχής υποστρώματος της μεμβράνης. Ο John Cadotte, της FilmTec Corporation, ανακάλυψε ότι μεμβράνες για ιδιαίτερα υψηλή ροή και χαμηλή διέλευση αλατιού θα μπορούσαν να γίνουν με διατομεακό πολυμερισμό της διαμίνης μ-φαινυλενίου και του χλωριούχου trimesoyl. Η πατέντα που εφήυρε ο Cadotte (1981) σήμερα έχει τροποποιηθεί σημαντικά. Σχεδόν όλη η παραγωγή μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης γίνεται τώρα με αυτή τη μέθοδο.

Οι μεμβράνες οι οποίες επιτρέπουν την διέλευση από αυτές κάποιων συστατικών κυρίως του διαλύτη ενός διαλύματος δηλαδή του νερού, ενώ δεν επιτρέπουν την διέλευση άλλων συστατικών του διαλύματος ονομάζονται ημιπερατές μεμβράνες (semipermeable membrane) και αποτελούν την καρδιά του συστήματος αφαλάτωσης. Μια μεμβράνη για

να είναι κατάλληλη για την διεργασία της αντίστροφης ώσμωσης θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Αυλωνίτης, 2006):

- Μεγάλη απόρριψη αλάτων με υψηλή διαπερατότητα διαλύτη.
- Ικανότητα να σχηματίζει λεπτά διαχωριστικά στρώματα μεγάλης αντοχής.
- Ικανότητα κατασκευής με μεγάλο λόγο επιφάνειας προς όγκο.
- Μεγάλο εύρος λειτουργικών παραμέτρων, πίεσης, θερμοκρασίας και είδους διαλύματος τροφοδοσίας.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής. Η διάρκεια ζωής κυμαίνεται από 3 έως 5 χρόνια, και εξαρτάται από την ποιότητα του νερού προς επεξεργασία και τον τρόπο χρήσης και καθαρισμού.
- Μεγάλη αντοχή στην προσβολή από χημικές ενώσεις και μικροοργανισμούς.
- Ικανότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος Ph.
- Χαμηλό κόστος.

Οι μεμβράνες αποτελούνται από τον υμένα που είναι το τμήμα της μεμβράνης για τον διαχωρισμό του νερού από τα διαλυμένα ή αιωρούμενα συστατικά και από ένα λεπτό στρώμα πορώδους υλικού το οποίο είναι περατό τόσο από το νερό όσο και από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Κατασκευάζονται από οργανικές πολυμερείς ενώσεις και διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους στοιχείων, τις μεμβράνες ελικοειδούς περιέλιξης (spiral woynd module), τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow fiber module), τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module) και τα δισκοειδή στοιχεία (plattr and frame modules). Μεταξύ των μεμβρανών υπάρχει ένας διαχωριστής από πορώδες υλικό, το οποίο εμποδίζει την ένωσή τους και διευκολύνει την ροή του καθαρού νερού μεταξύ των μεμβρανών. Τα στοιχεία αυτά των μεμβρανών έχουν συνήθως μήκος 30.5 έως 152 cm με διάμετρο 5.1 έως 30.5 cm. Δύο έως και έξι στοιχεία μεμβρανών τοποθετούνται εν σειρά σε ένα κυλινδρικό σωλήνα πίεσης, από ειδικό πλαστικό ή μέταλλο σχηματίζοντας ένα στοιχείο αντίστροφης ώσμωσης με συνηθέστερο μήκος 6.1 m. (Δαγκαλίδης, 2009) Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η μεμβράνη έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπεται μόνο στο νερό να διέρχεται από το πυκνό αυτό στρώμα, ενώ εμποδίζει τη διέλευση των διαλυμένων ουσιών, όπως είναι για παράδειγμα, τα ιόντα άλατος. Αυτή η διαδικασία απαιτεί να

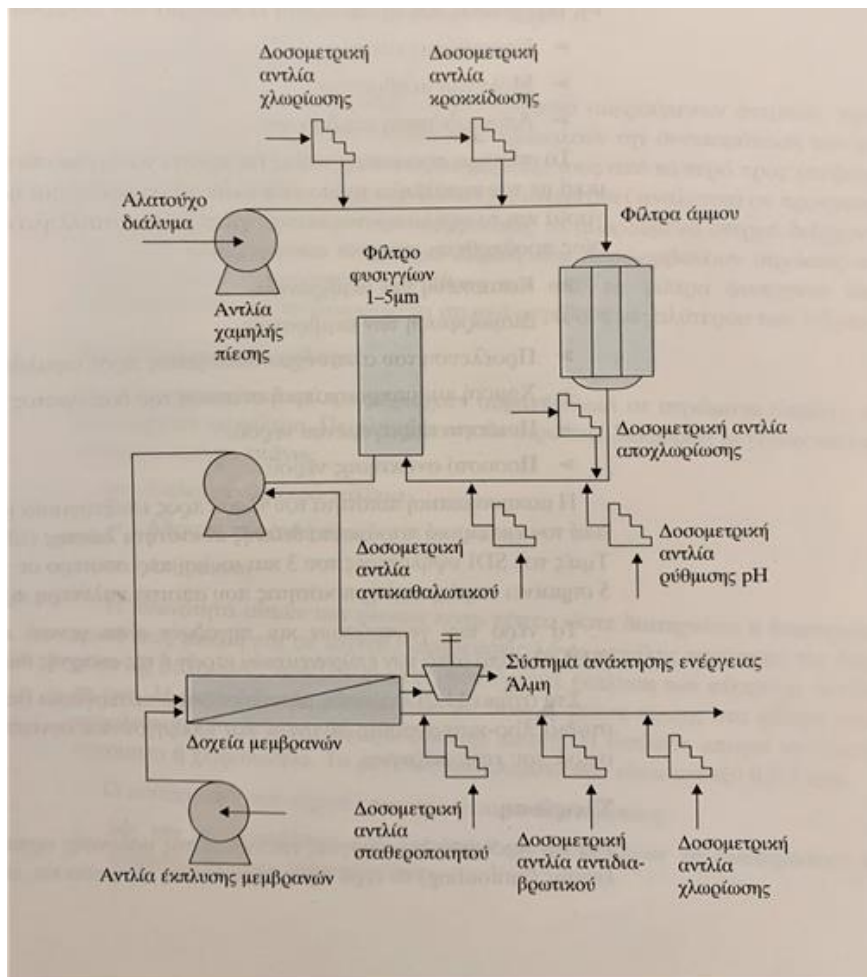
ασκείται υψηλή πίεση στην πλευρά υψηλής συγκέντρωσης της μεμβράνης, συνήθως 2-17 bar, για το φρέσκο και υφάλμυρο νερό και 40-82 bar για το θαλασσινό νερό, το οποίο έχει περίπου 27 bar φυσική ωσμωτική πίεση που πρέπει να ξεπεραστεί. (Lachish).

2.4.1 Στάδια επεξεργασίας νερού

Ένα σύστημα παραγωγής αφαλατωμένου νερού με αντιστροφή ώσμωση αποτελείται από τρία κυρίως μέρη:

- Το σύστημα προ-κατεργασίας νερού
- Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης
- Το σύστημα μετεπεξεργασίας νερού

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα διάγραμμα μια πλήρους εγκατάστασης αντιστροφής ώσμωσης.



Εικόνα 2.11 Διάγραμμα τυπικής ροής μονάδας Αντιστροφής ώσμωσης (Σταμάτης Α. Αυλωνίτης, Εκδόσεις Ίων 2006)

2.4.1.1 Το σύστημα προ-κατεργασίας νερού

Η προ-κατεργασία του νερού τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα και η διάρκεια ζωής του συστήματος της αντίστροφης ώσμωσης. Η προ-κατεργασία επίσης βοηθάει στη σωστή λειτουργία των μεμβρανών, μειώνει τις επικαθίσεις των αλάτων αλλά και την κίνδυνο μόλυνσης των μεμβρανών. Επίσης, μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα της διεργασίας (Αυλωνίτης, 2006).

Το σύστημα της προ-κατεργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Χλωρίωση: Το νερό που τροφοδοτείται, αρχικά χλωριώνεται είτε με αέριο χλώριο, είτε με υπο-χλωριώδες νάτριο είτε με υπο-χλωριώδες ασβέστιο (λιγότερο συχνά). Η χλωρίωση γίνεται με δοσομετρητικές αντλίες συνεχώς ώστε στο νερό προς αφαλάτωση η συγκέντρωση σε ενεργό χλώριο να είναι μέχρι 10ppm (parts per million). Το χλώριο οξειδώνει και σκοτώνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, οι οποίοι θα μπορούσαν να επικαθίσουν στις μεμβράνες και να αναπτύξουν αποικίες, ενώ χειροτερεύουν την ποιότητα του παραγόμενου νερού. Άρα η χλωρίωση είναι απαραίτητη για την αποφυγή μόλυνσης, οργανικής προέλευσης.

Θρόμβωση – Κροκίδωση: Για ακατέργαστο νερό με υψηλό ποσοστό αιωρούμενων στερεών, χρησιμοποιούνται ουσίες που προκαλούν την συσσωμάτωση των αιρούμενων στερεών και τελικά τον διαχωρισμό τους από το υπό επεξεργασία νερό. Τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια του νερού που τροφοδοτείται διέρχονται από δύο είδη φίλτρων: α. τα φίλτρα άμμου, τα οποία περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά διαφορετικού μεγέθους και β. τα φίλτρα φυσιγγίων, τα οποία συγκρατούν όλα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερα του 1-5μm.

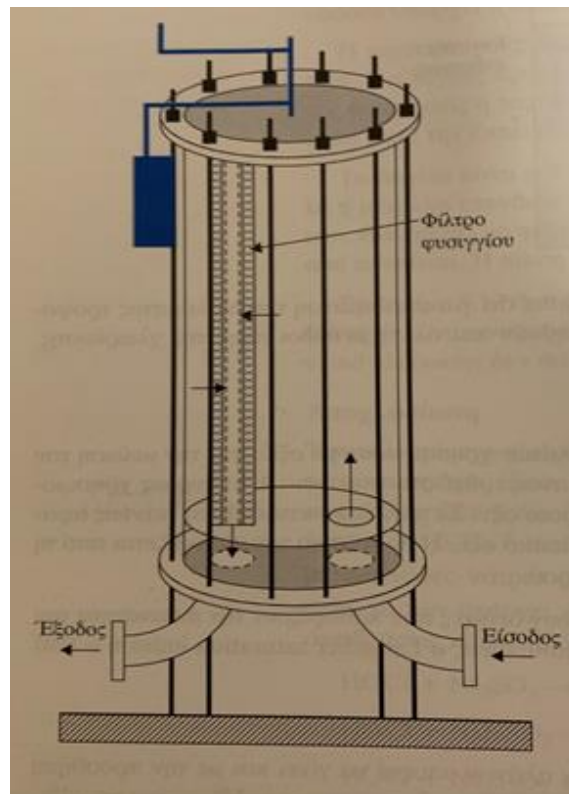
Διήθηση σε πολυστρωματικά φίλτρα: Τα πολυστρωματικά φίλτρα περιέχουν αδρανή υλικά σε διάφορα μεγέθη αλλά και σε στρώματα, με συνέπεια να λειτουργούν σαν φίλτρα. Περιλαμβάνουν στρώσεις από χαλαζιακά μικρά χαλίκια, αδρανή πυρριτική άμμο και ανθρακίτη από τον πυθμένα προς τα πάνω. Η πυκνότητα αυτών είναι τέτοια ώστε να διατηρείται η διαστρωμάτωση τους ακόμα και σε μεγάλες ταχύτητες του διερχόμενου θαλασσινού νερού. Αυτό συμβαίνει όταν έχουμε έκπλυση των φίλτρων με αντίθετη ροή. Ο καθαρισμός του νερού επιτυγχάνεται ουσιαστικά με δύο τρόπους: α. με τη μη δυνατότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να διαπεράσουν το ανώτατο στρώμα, λόγω μεγέθους και, β. με την καθίζησή τους στα κατώτερα στρώματα λόγω του βάρους τους.

Αποχλωρίωση: Το υπολειπόμενο χλώριο που έχει χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που φτάσει στις μεμβράνες θα είναι καταστροφικό γι' αυτές, συνεπώς είναι απαραίτητο ένα στάδιο αποχλωρίωσης. Η αποχλωρίωση γίνεται με φίλτρα ενεργού άνθρακα, τα οποία συγκρατούν την αιωρούμενη οργανική ύλη και τις χλωραμίνες. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι για απολύμανση του διαλύματος τροφοδοσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι πλην της χλωρίωσης, όπως η χρήση όζοντος ή UV (Αυλωνίτης, 2006).

Ρύθμιση pH: Η μείωση του pH γίνεται ώστε να αποφευχθεί η επικάθηση αλάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνήθως υδροχλωρικού ή θεικού οξέος. Το νερό που παράγεται από την αντίστροφη ώσμωση έχει χαμηλή αγωγιμότητα και ταυτόχρονα χαμηλή σκληρότητα, αλκαλικότητα και pH, στοιχεία που του προσδίδουν μια ασυνήθιστη γεύση. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η αύξηση της σκληρότητας και τις αλκαλικότητας με ταυτόχρονη ρύθμιση του pH πριν τη διοχέτευση στο σύστημα διανομής. Με την αύξηση του pH σε επίπεδα άνω του 7,5 – 8 επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση της διαβρωτικότητας του αφαλατωμένου νερού, ακόμα και με τη μειωμένη σκληρότητα και αγωγιμότητα που θα έχει, προκειμένου να προστατευτεί ο αγωγός μεταφοράς του προς τις υφιστάμενες δεξαμενές ύδρευσης (Δήμος Κεφαλονιάς).

Προσθήκη αντικαθαλωτικού: Η παρεμπόδιση επικαθίσεων αλάτων μπορεί να γίνει και με την προσθήκη, σε μικρές ποσότητες (1-10ppm), ειδικών αντικαθαλωτικών (antiscalants) ουσιών που παρεμποδίζουν τις επικαθίσεις αλάτων. Η δράση τους οφείλεται στο γεγονός ότι προσροφούνται επιφανειακά στο αρχικό στάδιο του σχηματισμού των αλάτων, έτσι ώστε δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη των κρυστάλλων και συνεπώς το σχηματισμό επικαθίσεων αλάτων.

Φίλτρο πολλαπλών φυσιγγίων: Για την ολοκλήρωση της προ-επεξεργασίας το νερό τροφοδοσίας διέρχεται από τα φίλτρα φυσιγγίων. Ο αριθμός τους και οι διαστάσεις τους εξαρτώνται από την παροχή της θάλασσας. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται είναι από πολυμερές υλικό και το δοχείο στο οποίο τοποθετούνται τα φίλτρα πρέπει να είναι από ανοξείδωτο υλικό ή κατάλληλο πολυμερές ή χάλυβα με ανθεκτική επένδυση στη διάβρωση (Αυλωνίτης, 2006).



Εικόνα 2.12 Φίλτρο φυσιγγίων (Σταμάτης Α. Αυλωνίτης, Εκδόσεις Ίων 2006)

2.4.2 Το κύριο σύστημα αφαλάτωσης

Αντλία χαμηλής πίεσης ή τροφοδοσίας: Η αντλία χαμηλής πίεσης τροφοδοτεί τα φίλτρα και την αντλία υψηλής πίεσης και είναι συνήθως μια φυγόκεντρη ή περιστροφική αντλία. Συνήθως εγκαθίστανται δύο αντλίες χαμηλής πίεσης, μια σε λειτουργία και μια εφεδρική. Επίσης είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικό στη διάβρωση υλικό και λαμβάνει το νερό από την πηγή τροφοδοσίας ή από τη δεξαμενή εξισορρόπησης.

Αντλία υψηλής πίεσης: Το νερό τροφοδοσίας εξερχόμενο από την αντλία υψηλής πίεσης, διοχετεύεται στα στοιχεία αντίστροφης ώσμωσης που βρίσκονται στα δοχεία πίεσης. Η αντλία περιέχει τρία ή περισσότερα έμβολα, κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα και ένα ειδικό κεραμικό υλικό για μείωση του βάρους της. Χρησιμοποιούνται επίσης και πολυβάθμιες αντλίες στη σειρά από κατάλληλο υλικό. Στην πράξη την μία περιστροφική αντλία μπορεί να την αντικαθιστά το σύστημα ανάκτησης ενέργειας.

Στοιχεία αντίστροφης ώσμωσης: Αποτελούνται από ειδικά δοχεία πίεσης εντός των οποίων τοποθετούνται σε σειρά 1-7 στοιχεία μεμβρανών. Με ένα ειδικό σωλήνα που τοποθετείται εσωτερικά των μεμβρανών στο σωλήνα του παραγόμενου νερού, γίνεται ο έλεγχος της ποιότητας παραγωγής κάθε μεμβράνης. Οι μεμβράνες αντίστροφης

ώσμωσης είναι το σημαντικότερο τμήμα μιας μονάδας αφαλάτωσης. Τα υπόλοιπα υποσυστήματα έχουν σαν σκοπό οι μεμβράνες να λειτουργούν στις βέλτιστες συνθήκες πίεσης, αλμυρότητας και ροής (Αυλωνίτης, 2006).

2.4.3 Συστήματα ανάκτησης ενέργειας

Η ανάγκη μείωσης ακόμη περισσότερο της κατανάλωσης ενέργειας για αφαλάτωση έχει οδηγήσει στην εφαρμογή καινοτόμων συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Τα συστήματα αυτά οδηγούν σε ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό ανάκτησης ενέργειας και η απόσβεση της δαπάνης τους μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και σε έναν χρόνο λειτουργίας της μονάδας. Αν θεωρήσουμε την ειδική κατανάλωση ενέργειας (specific energy consumption), που είναι η δαπανώμενη ενέργεια ανά m^3 παραγόμενου νερού, τότε η μείωση της τιμής της τα τελευταία χρόνια έχει προέλθει και από την χρήση τέτοιων συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Η άλμη εξέρχεται από τις συστοιχίες αντίστροφης ώσμωσης με πολύ υψηλή πίεση (έως 96% της πίεσης του ρεύματος εισόδου), ενώ το παραγόμενο νερό έχει χαμηλή έως αμελητέα πίεση. Έτσι είναι λογικό να χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα ανάκτησης ενέργειας που περικλείει η άλμη. Στην αφαλάτωση υφάλμυρου νερού συνηθίζεται να μην χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα ανάκτησης ενέργειας, επειδή το ενεργειακό κόστος είναι χαμηλότερο, όπως επίσης η παραγόμενη άλμη είναι μειωμένη κατά 30%. Υπάρχουν ουσιαστικά 2 συστήματα ανάκτησης ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρέως: α. ο εναλλάκτης πίεσης και, β. ο υδροστρόβιλος-τουρμπίνα. Ο εναλλάκτης πίεσης χρησιμοποιεί την αρχή των αντλιών θετικής εκτοπίσεως επιτρέποντας στο εισερχόμενο αλατούχο διάλυμα προς αφαλάτωση να πιεσθεί από την απορριπτόμενη άλμη υψηλής πίεσης. Χρησιμοποιεί ένα κυλινδρικό περιστροφέα από κεραμικό υλικό με οπές μέσω των οποίων μεταφέρεται η πίεση από την απορριπτόμενη άλμη στο εισερχόμενο αλατούχο διάλυμα. Η ανάκτηση ενέργειας μπορεί να φτάσει σε ποσοστό 94%. Η φιλοσοφία λειτουργίας του υδροστρόβιλου-τουρμπίνα, είναι παρόμοια με αυτή του εναλλάκτη πίεσης (Αυλωνίτης, 2006).

2.4.4 Μετεπεξεργασία

Το παραγόμενο νερό μετά το κύριο στάδιο επεξεργασίας, παρουσιάζει πολύ μικρή σκληρότητα και χαμηλό pH. Στο στάδιο της μετεπεξεργασίας προστίθενται κάποια χημικά που θα το κάνουν πλέον εύπεπτο και ευχάριστο στη γεύση και στο τέλος κατάλληλο για κατανάλωση.

Ρύθμιση pH

Το pH αυξάνεται με την προσθήκη NaOH ή με προσθήκη όξινου ανθρακικού νατρίου. Η δοσολογία ρυθμίζεται ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού και την επιθυμητή τιμή. Η αύξηση του pH μειώνει και τις διαβρωτικές ιδιότητες του νερού.

Ρύθμιση σκληρότητας

Η αύξηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει με προσθήκη CaCl₂ και MgCl₂. Ένας κανόνας που ισχύει είναι ότι όσο χαμηλότερο είναι το pH τόσο μεγαλύτερη είναι και η σκληρότητα του παραγόμενου νερού. Η ρύθμιση pH και σκληρότητας θα πρέπει να γίνεται με προσαρμογή της δοσολογίας οξέος σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της μονάδας.

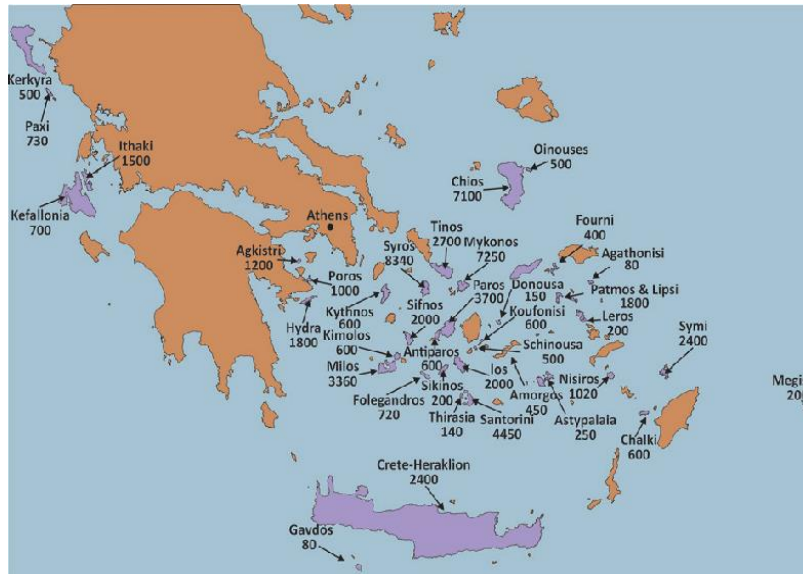
Χλωρίωση

Τέλος, γίνεται χλωρίωση του νερού, με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις για το πόσιμο νερό. Το υπολειπόμενο χλώριο στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 ppm. (Αυλωνίτης, 2006)

2.5 Μονάδες αφαλάτωσης στον Ελληνικό χώρο

Η εφαρμογή της τεχνολογίας αφαλάτωσης στην Ελλάδα άρχισε το 1964, με την κατασκευή ηλιακών μονάδων αφαλάτωσης. Κατά την περίοδο από το 1964 έως το 1973 κατασκευάστηκαν αρκετές μονάδες ηλιακής απόσταξης για παροχή γλυκού νερού από θαλασσίνο νερό ή υφάλμυρο σε πολλά νησιά όπως η Σύμη, η Νίσυρος, η Πάτμος, το Καστελόριζο, η Αίγινα, κ.ά. Η έκταση που κάλυπταν οι ηλιακοί συλλέκτες κυμαινόταν από 380 m² έως 8600 m². Το μεγαλύτερο εργοστάσιο ηλιακής απόσταξης κατασκευάστηκε στο νησί της Πάτμου το 1967, με έκταση 8600 m². Την περίοδο 1970 έως 1984, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος εξάτμισης πολλαπλών βαθμίδων. Στη Σύρο εγκαταστάθηκε μια μονάδα πολυβάθμιας εκτόνωσης Multi Stage Flashing (MSF) με παραγωγική ικανότητα 1200 m³ ημερησίως για δημοτική χρήση. Το 1977, εγκαταστάθηκε στην Κέρκυρα το πρώτο εργοστάσιο αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού με χρήση της τεχνολογίας αντίστροφης Ηλεκτροδιάλυσης (EDR), με ημερήσια παραγωγική ικανότητα 15000 m³. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1981, η τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης (RO) εισήλθε στην ελληνική αγορά με μονάδες αφαλάτωσης θαλασσίνο νερού, η οποία επικράτησε έναντι των υπόλοιπων μεθόδων.

Τα πρώτα εργοστάσια αντίστροφης ώσμωσης (RO) εγκαταστάθηκαν σε νησιά του Αιγαίου όπως η Μύκονος, η Σύρος, η Θήρα, η Νίσυρος και η Μεγίστη αλλά και σε ένα νησί του Ιονίου, την Ιθάκη. Οι περισσότερες από τις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης είναι εγκατεστημένες μέσα σε εμπορευματοκιβώτια (container). Στην Ελλάδα στο πλαίσιο Ευρωπαϊκών και Εθνικών προγραμμάτων έχουν αναπτυχθεί έξι (6) μονάδες αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ για την παροχή πόσιμου νερού σε ελληνικά νησιά. (Tzen, 2015). Στους δήμους τις ενδοχώρας υπάρχουν ελάχιστες μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες στο σύνολό τους επεξεργάζονται υφάλμυρο νερό.



Εικόνα 2.13 Καταγεγραμμένες μονάδες αφαλάτωσης στον Ελλαδικό χώρο (G. Arampatzis, A. Kartalidis, Dionysis Assimacopoulos, 2017)

Τα νησιά των Κυκλάδων που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη λειψυδρία είναι αυτά της Αμοργού, της Κιμώλου, του Κουφονησιού, της Δονούσας, της Ηρακλειάς και της Σχοινούσας. Σε όλα τα νησιά που προαναφέρθηκαν είναι εγκατεστημένες ενεργές μονάδες αφαλάτωσης, πλην της Ηρακλειάς, όπου υπάρχει μεν μονάδα, η οποία, όμως, είναι ανενεργή. Πρέπει να αναφερθεί ότι η μονάδα στην Ηρακλειά είναι η πρώτη πλωτή πλατφόρμα στον κόσμο που έχει φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτρια, μέσω των οποίων παράγεται η ενέργεια που απαιτείται για την μετατροπή του θαλασσινού νερού σε νερό προς κατανάλωση και χρήση (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015). Το έργο έδινε για κάποιο διάστημα νερό στο νησί, με πολύ χαμηλό κόστος μάλιστα αφού λειτουργούσε με ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά εγκατεστημένα στη μονάδα, αλλά αργότερα εγκαταλείφθηκε. Μάλιστα αν και έχει ζητηθεί η απομάκρυνσή της, αφού είναι υπό κατάρρευση, εξακολουθεί να παραμένει στο σημείο.

Εκτός από την περιοχή των Κυκλάδων, υπάρχουν και στην περιοχή των Δωδεκανήσων νησιά που αντιμετωπίζουν σημαντικές ελλείψεις νερού. Αυτά είναι η Πάτμος, η Χάλκη, η Ρως, η Σύμη, η Μεγίστη και οι Λειψοί. Τα νησιά αυτά καλύπτουν ένα τμήμα από τις ανάγκες τους σε νερό από τις μονάδες αφαλάτωσης που είναι εγκατεστημένες στα νησιά της Σύμης, της Πάτμου και της Χάλκης. Η μονάδα της Σύμης διαθέτει την πιο υψηλή δυναμικότητα, συγκριτικά με τις τρεις μονάδες των Δωδεκανήσων. Από τις μονάδες αυτές παράγονται συνολικά $9.588 \text{ m}^3 / \text{ημέρα}$. Επίσης, στο νησί της Καλύμνου υπάρχουν δυο μικρές, από άποψη δυναμικότητας μονάδες, οι μικρότερες όλης της

χώρας, οι οποίες παράγουν 18 m³ / ημέρα και 6 m³ /ημέρα αντίστοιχα (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με την πιο πρόσφατη καταμέτρηση που έγινε υπάρχουν 256 λειτουργικές μονάδες αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 162.909 m³/ημέρα. Οι περισσότερες κατασκευάστηκαν από το 2001 και μετά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε διεθνές επίπεδο, οι εμπορικότερες και πιο διαδεδομένες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι αυτές της αντίστροφης ώσμωσης και της απόσταξης μέσω εκτόνωσης. Μάλιστα, η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης είναι και αυτή που χρησιμοποιείται ευρύτερα (Μπακογιάννη, 2016). Σε ό,τι αφορά την τεχνολογία με την οποία λειτουργούν οι ελληνικές μονάδες αφαλάτωσης, παρατηρείται ότι σχεδόν στο σύνολό τους, αυτές εφαρμόζουν τη μέθοδο την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης.

Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να γίνει παρουσίαση των μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα, οι οποίες με βάση το καθεστώς διαχείρισής τους διακρίνονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

1. Μονάδες ιδιωτικής διαχείρισης, που βρίσκονται σε τουριστικές επιχειρήσεις (ξενοδοχεία).
2. Μονάδες που βρίσκονται υπό καθεστώς δημόσιας (δημοτικής) διαχείρισης.
3. Μονάδες, ιδιωτικής διαχείρισης, που λειτουργούν για βιομηχανική χρήση.
4. Μονάδες, ιδιωτικής διαχείρισης, που παρέχουν νερό για δημόσια χρήση.

Το σημαντικότερο ποσοστό του νερού που παράγεται από τις μονάδες αφαλάτωσης προέρχεται από μονάδες που έχουν εγκατασταθεί από τους δήμους, σε ποσοστό 45.15% του συνόλου της δυναμικότητας που είναι εγκατεστημένη σε όλες τις ελληνικές μονάδες αφαλάτωσης. Ακολουθούν, οι μονάδες που έχουν εγκατασταθεί στην βιομηχανία σε ένα ποσοστό 30.56% και αυτές του τουριστικού τομέα με ποσοστό 19.83%. Επίσης, υπάρχει εγκατεστημένος ένας αριθμός σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίες παράγουν νερό που είναι υψηλής ποιότητας και χρησιμοποιείται για να τροφοδοτηθεί ο λέβητας. Οι μονάδες αυτές, στην συντριπτική τους πλειοψηφία τους, είναι τοποθετημένες στα νησιά (Global Water Intelligence, 2015).

2.6 Μοντέλα κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης μονάδων

Η κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση μονάδων αφαλάτωσης με σύμβαση παροχής υπηρεσιών με ιδιώτες, με σκοπό την κάλυψη υδρευτικών αναγκών είναι μια εξαιρετικά διαδεδομένη διεθνής πρακτική η οποία αναπτύσσεται ραγδαία και έχει κυριαρχήσει την τελευταία χρόνια. Στην Ελλάδα η πρώτη ιδιωτική επένδυση για παροχή νερού σε δήμο έγινε το 2007 στην Μήλο. Έτσι οι επενδύσεις σχετικά με την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων αφαλάτωσης, εκτός των δημόσιων (δημοτικών) εγκαταστάσεων, διακρίνονται σε τρεις υποκατηγορίες (Υφαντής, 2017)

- Η ιδιωτική επένδυση, όπου παρέχει νερό και δεν περιέρχεται στο δημόσιο μετά την συμβατική περίοδο (**BOO- Build Own and Operate**).
- Η ιδιωτική επένδυση που περιέρχεται στο δημόσιο μετά την συμβατική περίοδο (**BOOT- Build, Own, Operate and Transfer**).
- Η δημόσια επένδυση την οποία λειτουργεί ιδιώτης για συγκεκριμένη χρονική περίοδο (**BOT- Build Operate and Transfer**).

Η κατασκευή και λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης θεωρείται παροχή υπηρεσίας και όχι προμήθεια νερού ή έργο, με δεδομένο ότι το νερό αποτελεί δημόσιο αγαθό, που κάποιος μπορεί να επεξεργαστεί για να το κάνει κατάλληλο για πόση. Η επιλογή του μοντέλου κατασκευής κι λειτουργίας πρέπει να γίνεται με προσοχή, με βάση τις ανάγκες που υπάρχουν και πάντα συναρτήσει του κόστους.

2.6.1 Νομικό πλαίσιο διαχείρισης και επεξεργασία νερού από ιδιώτες

Το ισχύον νομικό πλαίσιο που ορίζει το καθεστώς των προκηρύξεων διαγωνισμών παροχής υπηρεσιών για την επεξεργασία νερού αποτυπώνεται στο Π.Δ 59/2007, το οποίο είναι η «Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στις διατάξεις της Οδηγίας 2004/17/EK περί συντονισμού των διαδικασιών σύναψης συμβάσεων στους τομείς του ύδατος, της ενέργειας, των μεταφορών και των ταχυδρομικών υπηρεσιών». Αναλυτικότερα, όπως αναφέρεται στο Π.Δ 59/2007: Ως «συμβάσεις προμηθειών», νοούνται συμβάσεις, οι οποίες έχουν ως αντικείμενο την αγορά, τη χρηματοδοτική μίσθωση, τη μίσθωση ή τη μίσθωση-πώληση, με ή χωρίς δικαίωμα αγοράς, προϊόντων. Σύμβαση, η οποία έχει ως αντικείμενο την προμήθεια προϊόντων και καλύπτει, παρεμπιπτόντως, εργασίες τοποθέτησης και εγκατάστασης, θεωρείται ως «σύμβαση

προμηθειών». Ως «συμβάσεις υπηρεσιών», νοούνται συμβάσεις πλην των συμβάσεων έργων ή προμηθειών, που έχουν ως αντικείμενο την παροχή των υπηρεσιών. Σύμβαση, η οποία έχει ως αντικείμενο ταυτοχρόνως προϊόντα και υπηρεσίες, θεωρείται ως «σύμβαση υπηρεσιών», εφόσον η αξία των συγκεκριμένων υπηρεσιών υπερβαίνει την αξία των προϊόντων που περιλαμβάνονται στη σύμβαση. Η κατασκευή και λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης νερού θεωρείται παροχή υπηρεσίας και όχι προμήθεια νερού ή έργο, με δεδομένο ουσιαστικά ότι το νερό είναι ένα δημόσιο αγαθό, που κάποιος μπορεί να το επεξεργαστεί για να το κάνει πόσιμο. Με αυτή την έννοια παρέχει υπηρεσία επεξεργασίας νερού.

Επιπρόσθετα, όπως αναφέρει και πάλι το ίδιο προεδρικό διάταγμα ως αναθέτοντες φορείς νοούνται οι κάτωθι: α) «αναθέτουσες αρχές»: το κράτος, οι αρχές, τοπικές ή περιφερειακές, οι οργανισμοί δημοσίου δικαίου και οι ενώσεις μιας ή περισσότερων από τις προαναφερόμενες αρχές ή οργανισμούς δημοσίου δικαίου β) «δημόσια επιχείρηση»: κάθε επιχείρηση στην οποία οι αναθέτουσες αρχές μπορούν να ασκούν άμεσα ή έμμεσα καθοριστική επιρροή, είτε επειδή έχουν κυριότητα ή χρηματοδοτική συμμετοχή είτε λόγω των κανόνων που διέπουν την επιχείρηση. Ως αναθέτοντες φορείς στους τομείς της παραγωγής, της μεταφοράς ή της διανομής ποσίμου ύδατος σύμφωνα με το Π.Δ. 59/2007 νοούνται στην Ελλάδα :

1. Η "Εταιρεία Ύδρευσεως και Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας Α.Ε." ("Ε.Υ.Δ.Α.Π. ή "Ε.Υ.Δ.Α.Π. Α.Ε.").
2. Η "Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε." ("Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.").
3. Η "Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Μείζονος Περιοχής Βόλου" ("ΔΕΥΑΜΒ").
4. Οι "Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης - Αποχέτευσης", οι οποίες παράγουν ή διανέμουν νερό δυνάμει του νόμου 1069/80 της 23ης Αυγούστου 1980.
5. Οι "Σύνδεσμοι Ύδρευσης", οι οποίοι λειτουργούν δυνάμει του Π.Δ. 410/1995, κατ' εφαρμογή του Κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων.
6. Οι "Δήμοι και Κοινότητες", οι οποίοι λειτουργούν δυνάμει του Π.Δ. 410/1995, κατ' εφαρμογή του Κώδικα Δήμων και Κοινοτήτων (Π.Δ 59/2007).

Άρα οι αναθέσεις κατασκευής ή και λειτουργίας ή και τα δύο μαζί μονάδων αφαλάτωσης διέπονται από τις διατάξεις του ΠΔ 59/2007 και του Νόμου 4281/2014 «Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας, οργανωτικά θέματα Υπουργείου Οικονομικών και άλλες διατάξεις. Μέρος Β΄ διατάξεις αρμοδιότητας υπουργείου ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας κανόνες σύναψης δημόσιων συμβάσεων έργων, προμηθειών και υπηρεσιών».

2.6.2 Παρακολούθηση, έλεγχος και συντήρηση εξοπλισμού

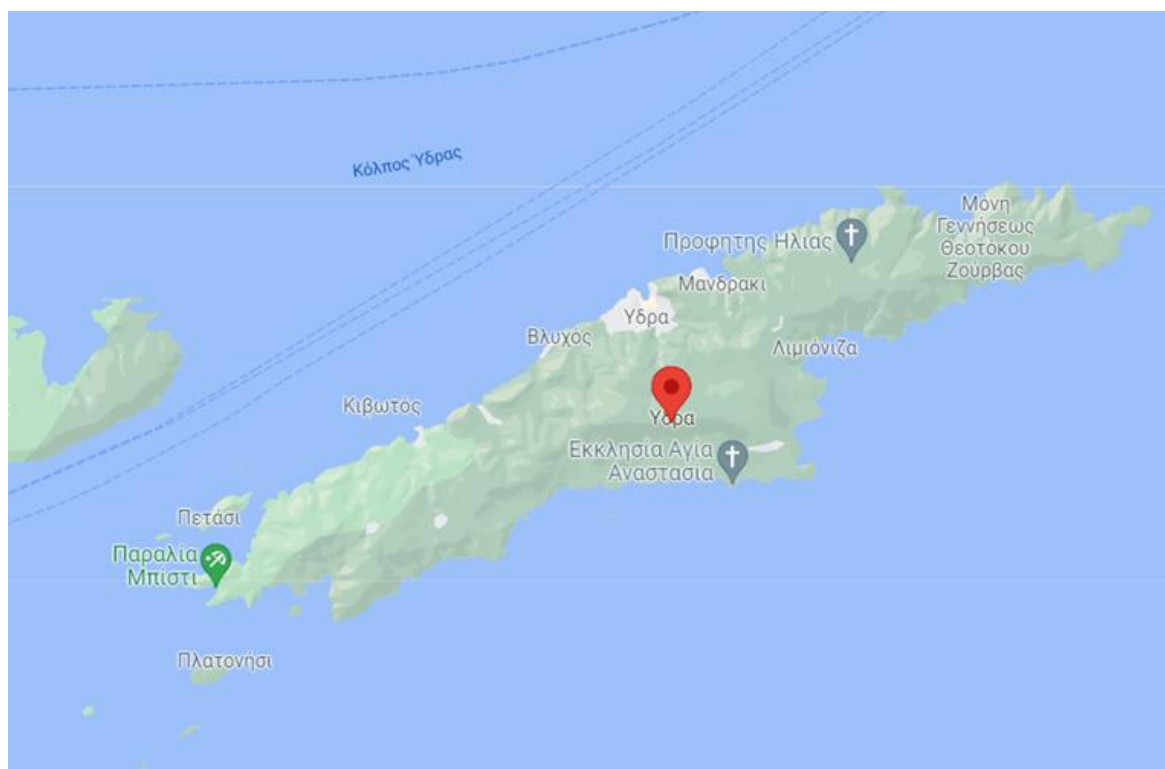
Σύμφωνα με τη σύμβαση, ο ανάδοχος, υποχρεούται να παρέχει τεχνογνωσία, το εργατικό δυναμικό, τα υλικά, τον εξοπλισμό και τις απαιτούμενες προμήθειες για την εκτέλεση των υπηρεσιών που το ανατίθενται με την σύμβαση. Επίσης υποχρεούται να παρέχει σταθερά καθ' όλη την διάρκεια της σύμβασης επεξεργασμένο – αφαλατωμένο νερό στις ποσότητες που ορίζει η διακήρυξη, άλλως σε περίπτωση βλάβης από οποιαδήποτε αιτία να παρέχει τις ίδιες ποσότητες νερό, με την ίδια ποιότητα, με οποιοδήποτε τρόπο κρίνει αυτός αναγκαίο. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας οφείλει να παρακολουθεί και να ελέγχει και τις διεργασίες που επιτελούνται στην εγκατάσταση, ώστε να τηρούνται πλήρως οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι και να εξασφαλίζεται η άρτια λειτουργία τους. Πιο αναλυτικά, σε καθημερινή βάση συμπληρώνονται δελτία παρακολούθησης στα οποία καταγράφονται οι ποιοτικές παράμετροι (οσμή, χρώμα) καθώς και ποσοτικές παράμετροι που μπορούν να μετρηθούν επί τόπου αλλά και παρατηρήσεις σχετικές με ασυνήθιστη συμπεριφορά του εξοπλισμού ή των διεργασιών. Ο υπεύθυνος λειτουργίας θα προβαίνει όταν είναι αναγκαίο σε διορθωτικές ενέργειες τις οποίες θα καταγράφει στα αντίστοιχα έντυπα του έργου. Σε εβδομαδιαίο επίπεδο θα λαμβάνονται δείγματα από τα καθορισμένα σημεία ελέγχου και θα γίνονται οι αντίστοιχες εργαστηριακές αναλύσεις. Μετά από την ανάλυση, τα αποτελέσματα καταγράφονται στο ημερήσιο δελτίο. Τέλος κάθε εξάμηνο θα πρέπει να πραγματοποιείται δειγματοληψία της εκροής, η οποία θα αποστέλλεται σε εξωτερικό εργαστήριο για εξειδικευμένες αναλύσεις. Ο ανάδοχος θα πρέπει να ενημερώνει τον κύριο της πράξης για τυχόν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον που διαπιστώνονται και να γίνονται οι αντίστοιχες επανορθώσεις. Θα πρέπει να πληρώνει για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και την κατανάλωση της, κατά την περίοδο που ορίζει η σύμβαση.

Επίσης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να εφαρμόζει ένα πρόγραμμα συντήρησης στη μονάδα και οφείλει να παραδώσει τις εγκαταστάσεις μετά το πέρας της σύμβασης στην ίδια κατάσταση που το παρέλαβε σε περίπτωση που δεν κατασκευάστηκε από τον ίδιο η μονάδα. Σε περίπτωση που ο πελάτης επιθυμεί, έχει το δικαίωμα να αποκτήσει την κυριότητα των μηχανημάτων που απαρτίζουν το σύνολο της εγκατάστασης και κάθε παρελκόμενου τους από τον ανάδοχο στο τέλος της σύμβασης έναντι μιας συμβολικής τιμής, που στην περίπτωση της Ύδρας ανέρχεται στο πόσο του 1 ευρώ, και μπορεί να συνεχίσει να την χρησιμοποιεί (Υφαντής, 2018) (Σύμβαση, 2013).

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Υδατικοί πόροι Ύδρας-Εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης

3.1 Περιοχή μελέτης

Το νησί της Ύδρας με τον ομώνυμο δήμο ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Νήσων της μεζονος Περιφέρειας Αττικής, σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση της Ελλάδας, όπως διαμορφώθηκε με το πρόγραμμα “Καλλικράτης”. Έδρα του δήμου είναι η πόλη της Ύδρας.



Εικόνα 3.1 Το νησί της Ύδρας στον χάρτη

Το νησί της Ύδρας εκτείνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά απέναντι από την νοτιοανατολική ακτή της Αργολίδας. Το σχηματιζόμενο στενό ονομάζεται Στενό της Ύδρας. Το σχήμα του νησιού είναι στενόμακρο μήκους 20 χλμ. το δε πλάτος του ποικίλει μεταξύ 5 και 1,5 χλμ. Η περίμετρος του νησιού είναι 49 χλμ. Είναι νησί ορεινό και τραχύ και το έδαφος του είναι πετρώδες, ανώμαλο και διαχωρισμένο σε λόφους και βουνά απόκρημνα σε πάρα πολλά σημεία, με έντονες κατωφέρειες. Το υψηλότερο σημείο του νησιού είναι η κορυφή του όρους Έρος (652 m). Τα κυριότερα ακρωτήρια της Ύδρας είναι η Ζούρβα στο ανατολικό και το Μπίστι στο δυτικό άκρο. Στα ανατολικά αυτού βρίσκεται μεγαλύτερος ασφαλής λιμένας το Μανδράκι, όπου βρίσκεται και η

μονάδα αφαλάτωσης. Ο Δήμος Ύδρας περιλαμβάνει το νησί της Ύδρας, το νησί Δοκός, το νησί Άγιος Γεώργιος το οποίο διαθέτει και ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 73,2 MW και άλλες μικρότερες νησίδες. Γενικά η Ύδρα χαρακτηρίζεται ως ένα νησί άνυδρο και άγονο. Η Ύδρα σήμερα αποτελεί ιστορικό μνημείο και έχει χαρακτηριστεί παραδοσιακός οικισμός με το Προεδρικό Διάταγμα της 19/10/1978.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της Ύδρας είναι το ότι δεν κυκλοφορούν καθόλου τροχοφόρα στο νησί, πέρα από μερικά ειδικά οχήματα, όπως απορριμματοφόρα, πυροσβεστικά οχήματα και μερικά οχήματα του δήμου, ενώ κάποιες μετακινήσεις όπως και πολλές μεταφορές προϊόντων γίνονται με την χρήση γαϊδουριών και μουλαριών. Στο νησί δεν υπάρχει καμία βιομηχανία ούτε βιοτεχνία. Η πρόσβαση στο νησί γίνεται με καθημερινή ακτοπλοϊκή σύνδεση με το λιμάνι του Πειραιά, αλλά και με ακτοπλοϊκά δρομολόγια από το Μετόχι και την Ερμιόνη. Το νησί απέχει 6 ναυτικά μίλια από την νοτιοανατολική ακτή της Αργολίδας και 35 ναυτικά μίλια από το λιμάνι του Πειραιά.

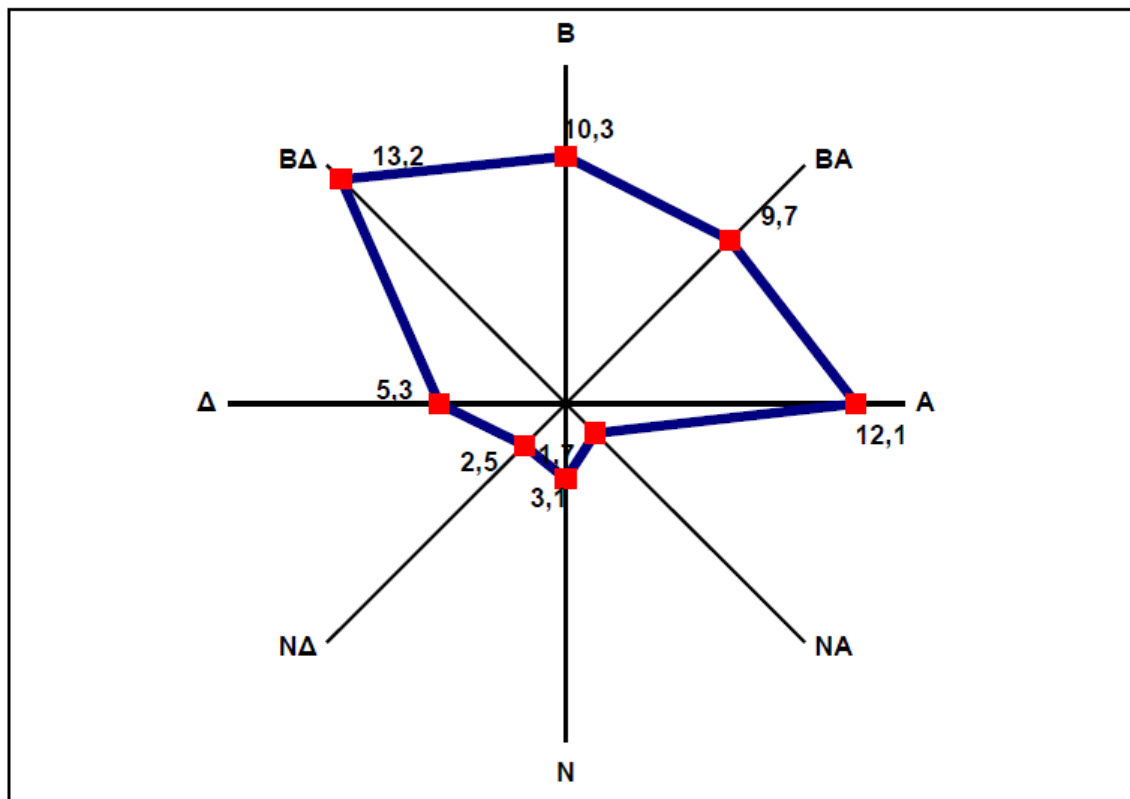
3.2 Φυσικό Περιβάλλον

Η γνώση των κλιματικών και γεωλογικών στοιχείων, οι επιδράσεις και οι αλληλοεπιδράσεις τους είναι απαραίτητα στην έρευνα των περιβαλλοντικών και οικολογικών συνθηκών μιας περιοχής, ενώ η διερεύνησή τους οδηγεί στην ορθολογικότερη διαχείριση και εκμετάλλευση του περιβάλλοντος, όπως και των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Το κλίμα του νησιού είναι τυπικά μεσογειακό, εύκρατο, ξηρό, ήπιο με δροσερά παρατεταμένα καλοκαίρια και μαλακούς χειμώνες. Οι βόρειοι κυρίως άνεμοι απομακρύνουν την αχλή της θάλασσας και δημιουργούν ένα λαμπρό και καθαρό ορίζοντα.

3.2.1 Ανεμολογικά δεδομένα

Ο άνεμος είναι ένα κλιματικός παράγοντας που εξαρτάται από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής και σε αρκετές περιπτώσεις καθορίζει τις τοπικές ιδιομορφίες των κλιματικών τύπων των διαφόρων περιοχών στις οποίες πνέει. Ένα χαρακτηριστικό των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής, είναι η κυριαρχία των βόρειων ανέμων (βόρειοι, βορειοδυτικοί και βορειοανατολικοί). Η ένταση των ανέμων, στη συντριπτική πλειοψηφία τους, δεν ξεπερνά τα όρια των μέτριων ανέμων αφού σε ποσοστό 98% κυμαίνεται μεταξύ 0 και 4 μποφόρ. Στο σχήμα που ακολουθεί

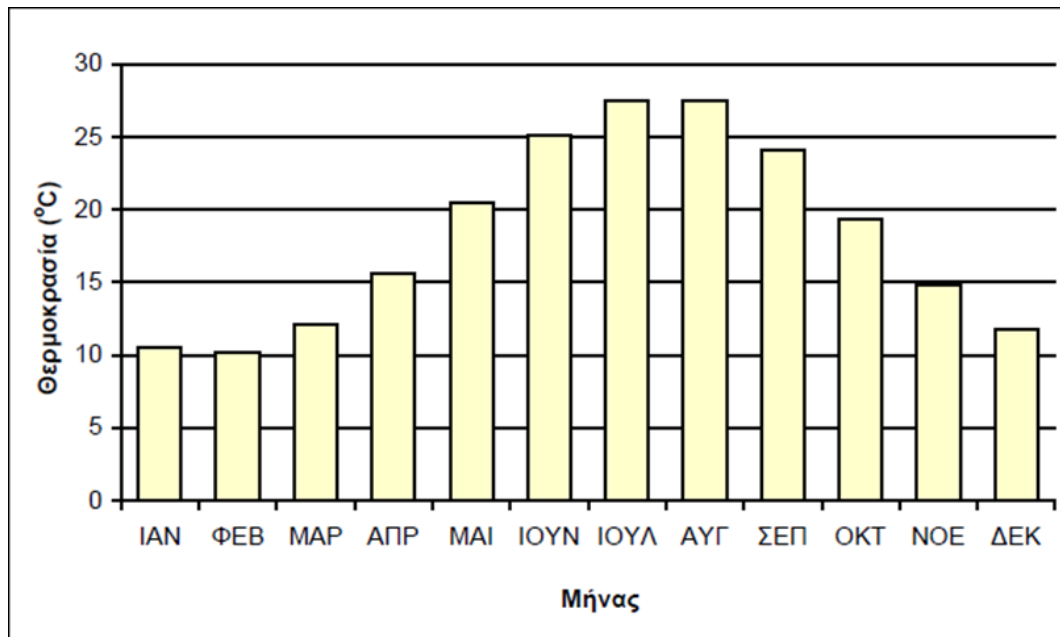
παρουσιάζεται η κατανομή συχνότητας διεύθυνσης των ανέμων για την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3.2 Ανεμόγραμμα κατανομής συχνότητας διεύθυνσης ανέμων

3.2.2 Θερμοκρασίες αέρα

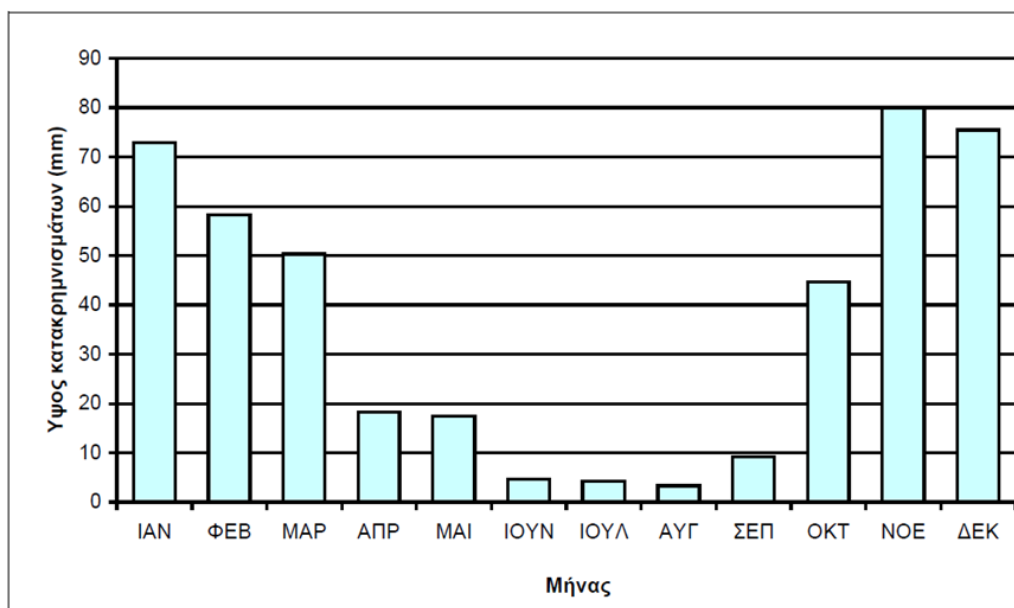
Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην περιοχή είναι 18,5 °C, ενώ ο πιο θερμός μήνας είναι ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 27,5°C και ψυχρότερος ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 10,5 °C. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 7,0°C τον Φεβρουάριο έως 21,9°C τον Ιούλιο ενώ η μέση μέγιστη κυμαίνεται μεταξύ 13,8°C τον Φεβρουάριο έως 31,6°C τον Αύγουστο. Τέλος, οι θερμοκρασίες σπανίως πέφτουν κάτω από το μηδέν. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρος των τελευταίων ετών.



Εικόνα 3.3 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα

3.2.3 Βροχοπτώσεις

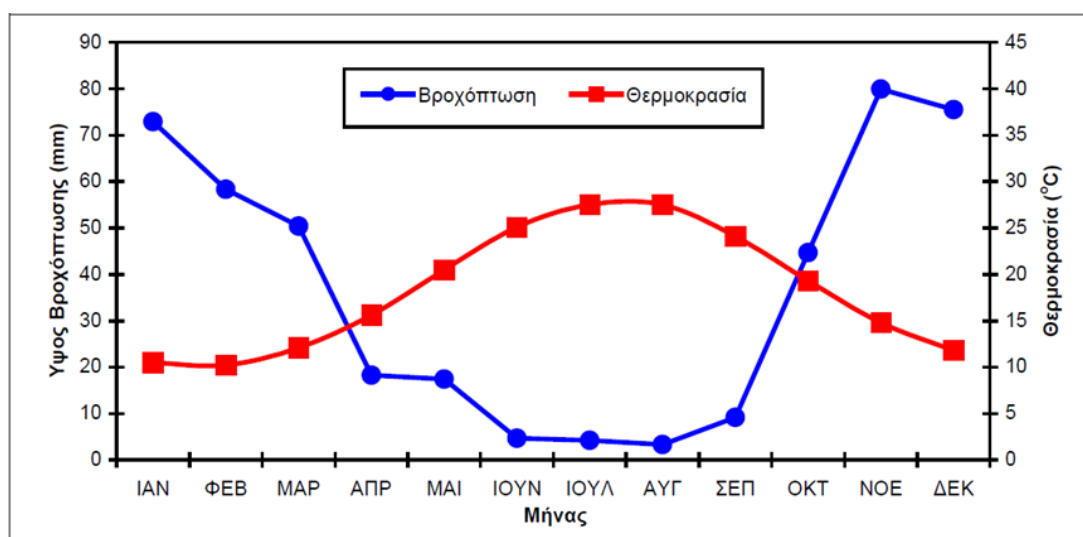
Το μέσο ετήσιο ύψος νετού ανέρχεται στα 438,8 mm. Ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι ο Νοέμβριος με 79,9 mm βροχόπτωσης και ξηρότερος ο μήνας Αύγουστος με 3,3 mm βροχόπτωσης. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται το μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων στο Μ.Σ. Λεωνιδίου, ο οποίος είναι ο πιο πλήρης και με τα περισσότερα δεδομένα μετεωρολογικός σταθμός την ευρύτερης περιοχής (Δήμος Ύδρας).



Εικόνα 3.4 Μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων στον Μ.Σ Λεωνιδίου

3.2.4 Ομβροθερμικό διάγραμμα

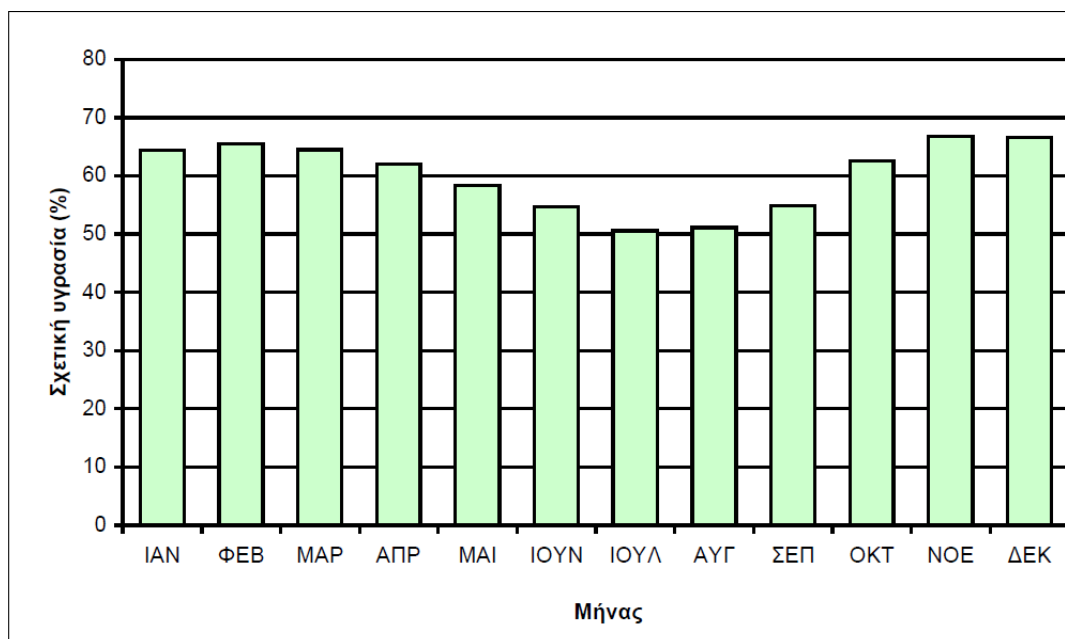
Το ομβροθερμικό διάγραμμα από τους Bagnouls – Gaussien είναι η γραφική απεικόνιση του συσχετισμού της βροχόπτωσης σε mm και της θερμοκρασίας σε C°. Σε αυτό διακρίνουμε δύο καμπύλες, η μία αντιπροσωπεύει τη βροχόπτωση και η άλλη τη θερμοκρασία. Όσο και αν φαίνεται απλό, το διάγραμμα αυτό αποτελεί σπουδαίο εργαλείο και αποτελεί κριτήριο για το χαρακτηρισμό του κλίματος στο πέρας του χρόνου. Επίσης είναι ενδεικτικό του κλίματος κάθε περιοχής, δηλαδή μπορεί να χαρακτηρίσει ένα οικοσύστημα ως εύκρατο, τροπικό κτλ. Η περίοδος κατά την οποία η καμπύλη του όμβρου βρίσκεται χαμηλότερα από την καμπύλη της θερμοκρασίας θεωρείται ως ξηρή (Βιοχημικός). Όσον αφορά την Ύδρα η ξηρή περίοδο ξεκινάει περίπου μέσα Απριλίου και τελειώνει αρχές Οκτωβρίου. Το κλίμα του νησιού είναι τυπικά μεσογειακό, εύκρατο, ξηρό (Τεχνική περιγραφή, 2017).



Εικόνα 3.5 Ομβροθερμικό διάγραμμα

3.2.5 Σχετική Υγρασία

Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή ανέρχεται στο 64,6%, με ξηρότερο μήνα τον Ιούλιο με 50,5% και υγρότερο το Νοέμβριο με 66,8%. Στο Σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το γράφημα της μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας του Μ.Σ. Λεωνιδίου (Δήμος Ύδρας).



Εικόνα 3.6 Γράφημα μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας από Μ.Σ. Λεωνιδίου

3.2.6 Θαλάσσια Ύδατα

Η θαλάσσια περιοχή της Ύδρας από τα νερά της οποίας αντλείται θαλασσινό νερό προς αφαλάτωση και συγκεκριμένα οι ακτές Σπηλιά, Μανδράκι, Καμίνια, Βλυχός και Αυλάκι έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα παρακολούθησης ποιότητας νερών κολύμβησης του ΥΠΕΝ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας) πρώην ΥΠΕΚΑ. Η παράκτια ζώνη της παραλίας στο Μανδράκι όσο και ο θαλάσσιος πυθμένας της, καλύπτονται από μικρό βότσαλο, τα πρώτα μέτρα είναι ρηγά, με ήπια κλίση πυθμένα. Πρόκειται για το παλιό πολεμικό λιμάνι του νησιού. Η ακτή βρίσκεται στο κεντρικό, περίπου, τμήμα ενός κλειστού κόλπου μήκους 1.200μ με βορειοδυτικό προσανατολισμό, ενώ το μήκος της ακτής είναι 200μ., το μέσο πλάτος της 20μ. Σημειώνεται ότι η ακτή, εξαιτίας του προσανατολισμού και της μορφολογίας της είναι προστατευμένη από τους επικρατέστερους ανέμους. Στην περιοχή δεν παρατηρούνται ισχυρά ρεύματα, ούτε έντονα φαινόμενα παλίρροιας. Στο πλαίσιο του προγράμματος του ΥΠΕΝ πραγματοποιούνται δειγματοληψίες από τα θαλάσσια ύδατα των περιοχών αυτών, και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα νερά κολύμβησης των εν λόγω περιοχών πληρούν τις επιθυμητές τιμές της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, και είναι κατάλληλα για κολύμβηση. Οι παράμετροι οι οποίες μετρήθηκαν είναι οι εξής:

- Ολικά Κολοβακτηρίδια (T.C)
- Κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προελεύσεως (F.C.)

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

- Φυσικοχημικές παράμετροι (Απορρυπαντικά, Ορυκτέλαια, Φαινόλες) μη εργαστηριακά εκτιμώμενες.



Εικόνα 3.7 Παρακολούθηση και η αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων στην περιοχή Μανδράκι (Μητρώο Ταυτοτήτων Ακτών Κολύμβησης www.bathingwaterprofiles.gr)

3.2.7 Χρήσεις γης

Η συνολική έκταση του νησιού της Ύδρας είναι 64,4 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Οι χρήσεις γης στο νησί και η κατανομή του εδάφους κατά κατηγορίες παρουσιάζεται ως εξής:

- καλλιεργήσιμη γη 1,8 τετραγωνικά χιλιόμετρα (2,8%)
- βοσκότοποι 19,6 τετραγωνικά χιλιόμετρα (30,5%)
- δάση 13,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα (20,9%)
- οικισμοί 4,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα (7,0%)
- άλλες εκτάσεις 25 τετραγωνικά χιλιόμετρα (38,8%).



Εικόνα 3.8 Διάγραμμα κατανομής χρήσεων γης

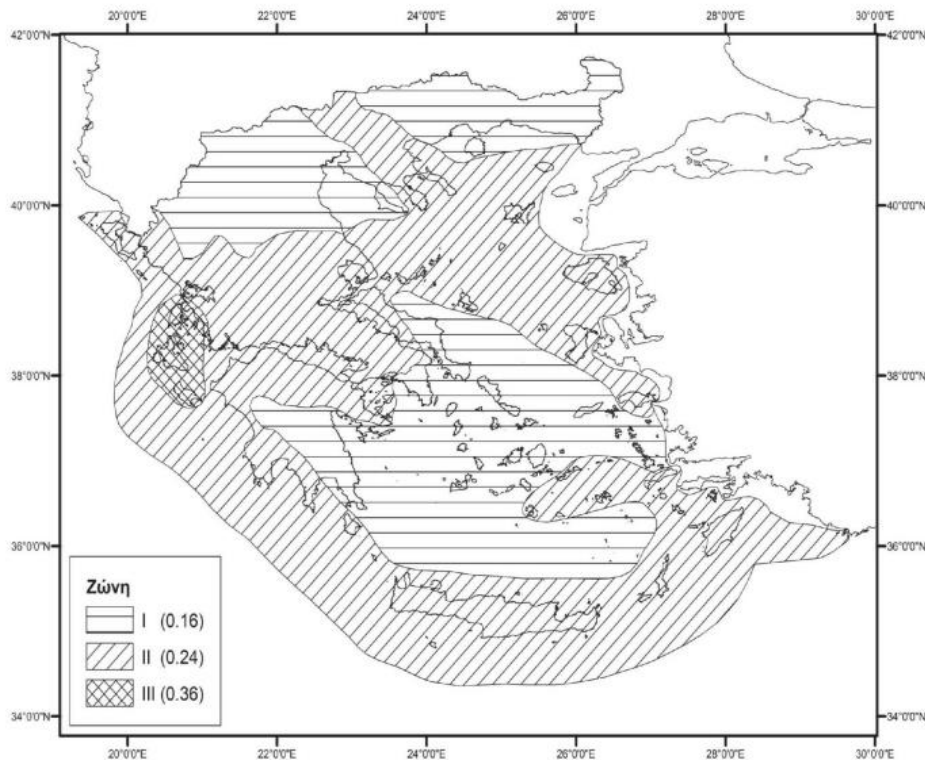
3.2.8 Γεωλογικά στοιχεία

Σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή (2017) για την «Προμήθεια, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία εξοπλισμού τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού για την ασφαλή επίβλεψη και λειτουργία του συστήματος υδροδότησης της νήσου Ύδρας, η γεωλογική δομή της Ύδρας είναι πολύ ενδιαφέρουσα. Από τα πολλαπλά ιζηματογενή πετρώματα, από τα οποία αποτελείται το νησί, τα αρχαιότερα είναι οι σχιστόλιθοι και οι γραουβάκοι μετά φουσουλινοφόρων και σβαγερινοφόρων, καθώς και βραγχιοποδοφόρων ασβεστολίθων της λιθανθρακοφόρου διαπλάσεως του παλαιοζωικού. Η λιθανθρακοφόρος διάπλαση καταλαμβάνει την τοποθεσία Κλιμάκι. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι μελανόφαιοι μετά λυττονιών της Περμίου διαπλάσεως του παλαιοζωικού, οι οποίοι απαντώνται στη θέση Επισκοπή. Μεγάλη έκταση του νησιού καταλαμβάνουν τα αποθέματα της τριασίου διαπλάσεως του μεσοζωικού. Αυτά είναι ερυθροί σχιστόλιθοι και ψαμμίτες, ερυθροί αμμωνιτοφόροι ασβεστόλιθοι, σκοτεινόχρωμοι πλακώδεις ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι μετά δαονελλών και αλοβιών, καθώς και φαιοί ογκώδεις ασβεστόλιθοι μετά κοραλλίων.

Στους αρχαιότερους σχηματισμούς της Ύδρας, ανήκουν οι πράσινοι κερατοφόροι τόφοι, διαπερνώντας σε ζώνη την πόλη της Ύδρας, τα μοναστήρια Αγίας Τριάδος και Αγίου Νικολάου μέχρι του όρμου Πύλας και οι οποίοι ανήκουν στο παλαιοζωικό. Στο ανατολικό άκρο του νησιού Ζούρβα συναντώνται μεταμορφωμένα σχιστολιθικά πετρώματα και κρυσταλλοπαγείς ασβεστόλιθοι αγνώστου ηλικίας» (Δήμος Ύδρας Τεχνική περιγραφή, 2017).

3.2.9 Σεισμικότητα

Με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2003), η χώρα υποδιαιρείται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II, και III, τα όρια των οποίων καθορίζονται στο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας. Σε κάθε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας αντιστοιχεί μία τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους $A=ag$ (g : επιτάχυνση βαρύτητας) σύμφωνα με τον κατωτέρω πίνακα.

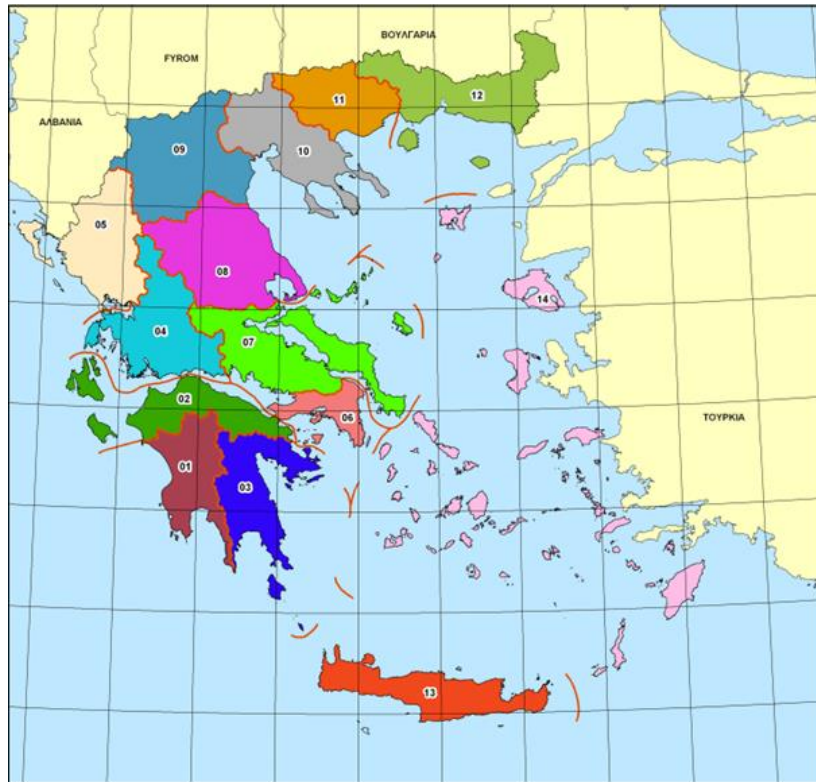


Εικόνα 3.9 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος (ΦΕΚ 1154B-2003)

Σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό, η περιοχή μελέτης, ανήκει στην ζώνη I. Η εδαφική επιτάχυνση ανηγμένη στην επιτάχυνση βαρύτητας για τη ζώνη αυτή είναι $\alpha=0,16$.

3.2.10 Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Πελοποννήσου με κωδικό ΥΔ03. Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου εκτείνεται γεωγραφικά στην ανατολική και νοτιοανατολική Πελοπόννησο. Εντός των ορίων του βρίσκονται, εκτός της περιοχής μελέτης, δηλαδή της Ύδρας επίσης, τα νησιά Πόρος, Σπέτσες, Σπετσοπούλα, Δοκός, Κύθηρα και Αντικύθηρα καθώς και η χερσόνησος των Μεθάνων. Η συνολική έκταση του Διαμερίσματος είναι 8.442 χλμ². Από διοικητικής άποψης, σε αυτή την έκταση περιλαμβάνονται, εξ ολοκλήρου ή εν μέρει, οι Περιφερειακές Ενότητες Αργολίδας, Αρκαδίας, Κορινθίας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και Νήσων. (Τεχνική περιγραφή, 2017).



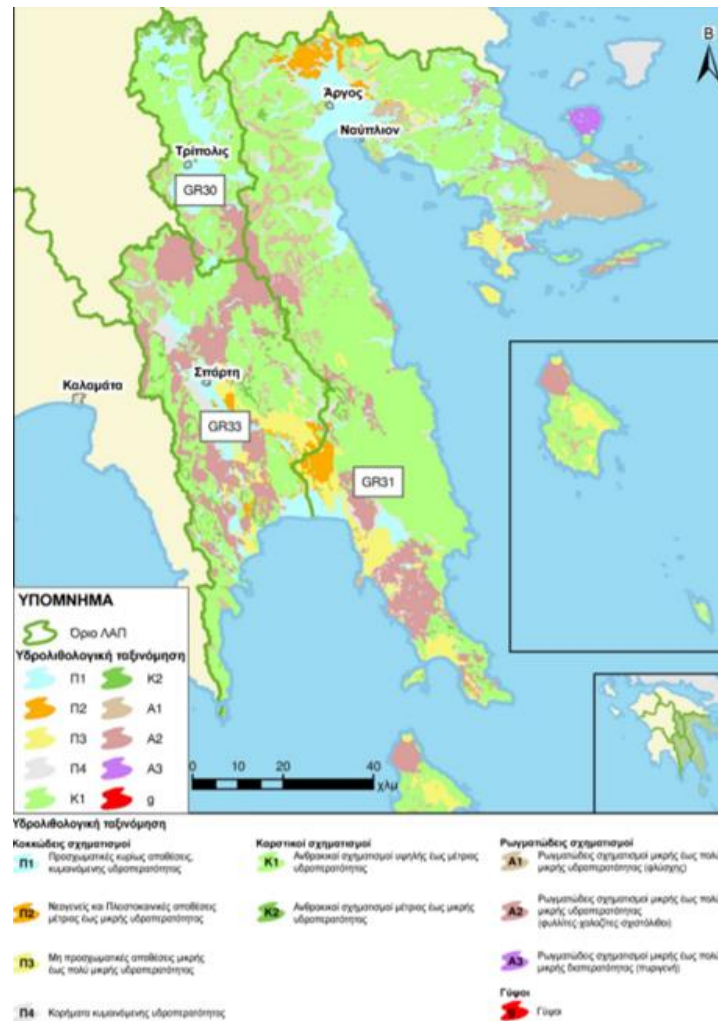
Εικόνα 3.10 Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας

3.2.11 Υδρογεωλογία

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την ευρύτερη περιοχή, είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης, του βαθμού διαγένεσης και της τεκτονικής καταπόνησης που έχουν υποστεί. Η αξιολόγηση των διαφόρων πετρωμάτων και σχηματισμών που δομούν την περιοχή για τη διαπίστωση της υδρολιθολογικής τους συμπεριφοράς, γίνεται με βάση στοιχεία που αφορούν το πορώδες και την περατότητα τους, όταν πρόκειται για χαλαρούς πορώδεις σχηματισμούς και το ρωγμάδες (τεκτονική καταπόνηση) και το βαθμό αποσάθρωσης και διαρρήξεως όταν πρόκειται για βραχώδεις σχηματισμούς. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης, από υδρολιθολογικής άποψης διακρίνονται σε υδροπερατούς (συντελεστής διαπερατότητας $k > 105$ m/sec), ημιπερατούς ($107k < 105$) και πρακτικά υδατοστεγείς ή αδιαπέρατους σχηματισμούς ($k < 107$ m/sec) (Σούλιος, 1981, Δημόπουλος, 1983, Καλλέργης, 1986).

Πιο συγκεκριμένα, στο νησί της Ύδρας όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.11 κυρίαρχο πέτρωμα είναι ο ασβεστόλιθος, ο οποίος ανήκει στην κατηγορία των καρστικών ανθρακικών σχηματισμών και είναι υψηλής έως μέτριας διαπερατότητας πέτρωμα. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται εδώ μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές,

καρστικά κενά) που προέρχεται κυρίως από τη διάλυση των ανθρακικών σχηματισμών και αναπτύσσονται υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες. Οι ανθρακικοί σχηματισμοί, εξαπλώνονται επιφανειακώς και κυρίως υπογείως σε μεγάλη έκταση, εκτεινόμενοι και κάτω από τα όρια της υδρολογικής λεκάνης. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι είναι έντονα καρστικοποιημένα πετρώματα, με την καρστικοποίηση (η διαδικασία αποσάθρωσης και διάβρωσης πετρωμάτων από το νερό και άλλους παράγοντες) να είναι καλύτερα αναπτυγμένη στους ασβεστόλιθους παρά στους δολομίτες και κυρίως στα ανώτερα μέλη. Τα ρήγματα, οι διακλάσεις, οι επιφάνειες στρώσεων είναι τα εκλεκτικά σημεία στα οποία η καρστική διάβρωση διευκολύνεται, ενώ οι κάθε είδους ασυνέχειες καθορίζουν τη διαπερατότητα των πετρωμάτων αυτών. Το δευτερογενές πορώδες των πετρωμάτων ανθρακικής σύστασης ενισχύεται σημαντικά από την διαλυτική ικανότητα του νερού, το οποίο κινούμενο υπόγεια κατά μήκος των ζωνών αδυναμίας προκαλεί την διεύρυνσή τους και την δημιουργία συστημάτων υπογείων οχετών, σπηλαίων, εγκοίλων, σπηλαίων και άλλων διανοίξεων. Διαπιστωμένα στην περιοχή, παρουσιάζονται δευτερογενείς ενδοκαρστικές μορφές (καρστικές κοιλότητες, καρστικοί αγωγοί). Η ύπαρξη των αναφερθέντων σημείων αδυναμίας, παίζει βασικό ρόλο στον σχηματισμό του καρστικού δικτύου και συμβάλει καθοριστικά στην κυκλοφορία του υπόγειου νερού. Τα βασικά φυσικά μεγέθη που αλλάζουν ανάλογα με τη φύση των ασυνεχειών, είναι η υδραυλική αγωγιμότητα αλλά και το ενεργό πορώδες. Και τα δύο αυτά μεγέθη αυξάνουν όσο η δευτερογενής διαπερατότητα αυξάνεται, δηλαδή όσο οι διαστάσεις και η συχνότητα των αγωγών του συστήματος μεγαλώνουν. Τέλος, στην περιοχή του Βλυχού υπάρχει αργιλικό χώμα, που το χρησιμοποιούσαν στην οικοδομική (Δήμος Ύδρας Τεχνική περιγραφή, 2017).



Εικόνα 3.11 Υδρολιθολογική ταξινόμηση

3.3 Δημογραφικά στοιχεία

Σύμφωνα με τις απόγραφες που πραγματοποίησε η Ελληνική Στατιστική Αρχή τις τελευταίες δεκαετίες ο πληθυσμός στην Ύδρα παρουσίασε τις μεταβολές που φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

	1991		2001		2011	
	ΜΟΝΙΜΟΣ	DE FACTO	ΜΟΝΙΜΟΣ	DE FACTO	ΜΟΝΙΜΟΣ	DE FACTO
ΔΗΜΟΣ ΥΔΡΑΣ	2437	2387	2646	2719	1966	1978

Πίνακας 3.1 Απογραφή πληθυσμού (1991-2011) (www.statistics.gr)

Ως de facto πληθυσμό ή σύμφωνα με την ορολογία μέχρι την απογραφή του 2001 πραγματικό πληθυσμό ενός τόπου ορίζουν οι στατιστικές υπηρεσίες το συνολικό πληθυσμό που βρέθηκε και απογράφηκε κατά την απογραφή στο συγκεκριμένο αυτό τόπο, ανεξάρτητα από το αν διαμένει μόνιμα στον τόπο αυτό, ή αν είναι προσωρινός ή περαστικός. Ως μόνιμος πληθυσμός ορίζεται ο συνολικός πληθυσμός που δήλωσε ως μόνιμη κατοικία του κατά την απογραφή του τον συγκεκριμένο τόπο, ανεξάρτητα από το πού βρέθηκε και απογράφηκε στην επικράτεια της χώρας. Ο πληθυσμός της Ύδρας ασχολείται πλέον αποκλειστικά με τον τουρισμό και τις συναφείς δραστηριότητες.

Όσον αφορά τον εποχικό πληθυσμό, τα τελευταία χρόνια η περιοχή παρουσιάζει αυξημένη τουριστική κίνηση ιδίως κατά τους θερινούς μήνες, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι στην Ύδρα έχουν ανεγερθεί τα τελευταία χρόνια πολλές κατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους κατόχους τους κατά την περίοδο των θερινών διακοπών.

3.4 Υδροδότηση περιοχής μελέτης

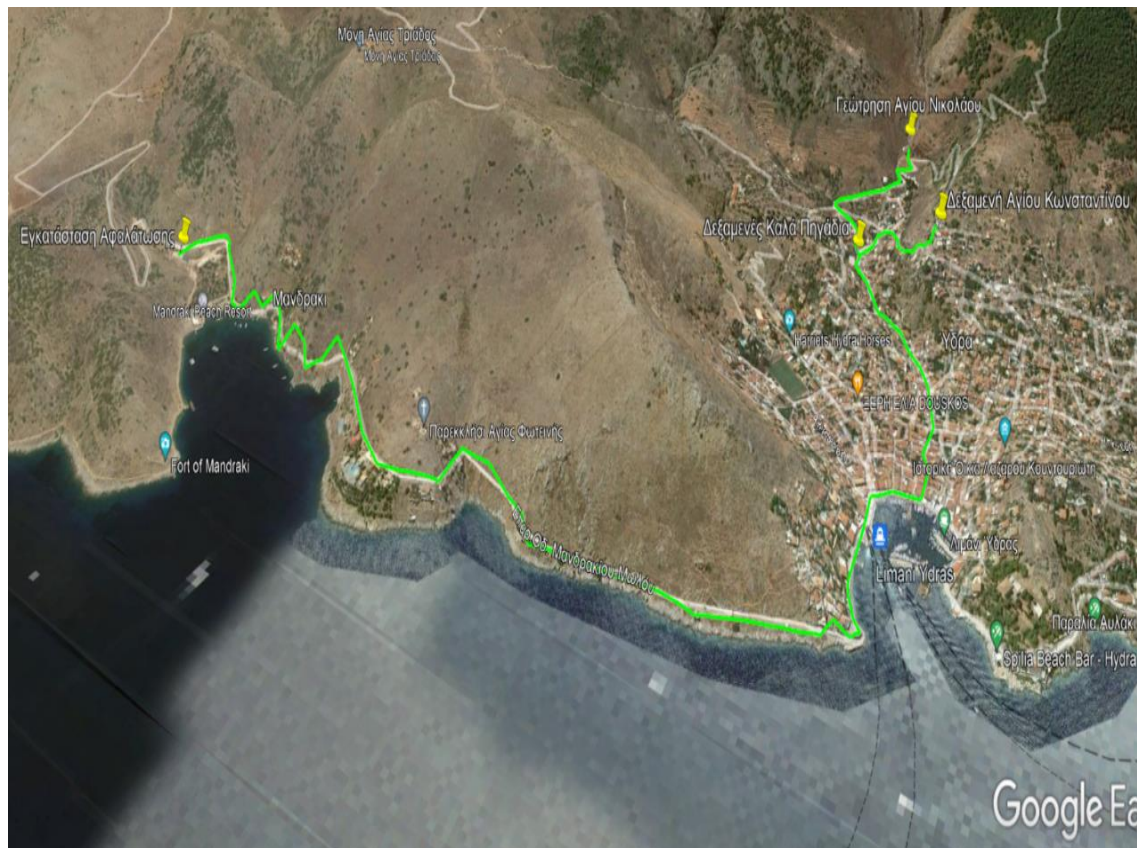
Πριν από την εγκατάσταση του εργοστασίου αφαλάτωσης, τον Αύγουστο του 2014, η κύρια τροφοδοσία του δικτύου του νησιού γινόταν μέσω υδροφόρου πλοίου από το Βίδι Τροιζηνίας με ποσότητες που ξεπερνούσαν τα 300.000 m³ ετησίως και το οποίο μέσω αντλητικού συγκροτήματος μεταφερόταν στην κεντρική δεξαμενή Καλά Πηγάδια από όπου και διοχετευόταν στη δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου, συνολικής χωρητικότητας 600m³, και από εκεί στο εσωτερικό δίκτυο. Το μεταφερόμενο νερό, πέρα από το υψηλό κόστος το οποίο ανερχόταν στα 3,19 ευρώ ανά κυβικό μέτρο, παρουσίαζε και μεγάλη συγκέντρωση σε άλατα γεγονός που δεν το έκανε πόσιμο από τους κατοίκους, αλλά και δημιουργούσε σημαντικά προβλήματα στο ήδη πεπαλαιωμένο δίκτυο διανομής του νησιού- έργο της δεκαετίας του 1960-του οποίου οι απώλειες ξεπερνούσαν το 40% της διανεμόμενης ποσότητας.

Σήμερα, η υδροδότηση του νησιού γίνεται μέσω της εγκατάστασης αφαλάτωσης, της οποίας η λειτουργία ξεκίνησε τον Αύγουστο 2014 στην περιοχή Μανδράκι, με ανώτατο όριο ημερήσιας παραγωγής τα 1.800 m³ τα οποία διοχετεύονται σχεδόν αποκλειστικά στο υφιστάμενο δίκτυο υδροδότησης του νησιού. Το παραγόμενο νερό συγκεντρώνεται σε δύο δεξαμενές στο Μανδράκι, συνολικής χωρητικότητας 1200 m³, και από εκεί μέσω αγωγού από PVC μήκους περίπου 2,2 χιλιομέτρων και διατομής Φ280 μεταφέρεται στην κεντρική δεξαμενή στα Καλά Πηγάδια (υψόμετρο +44m από την επιφάνεια της θάλασσας). Η δεξαμενή έχει δύο θαλάμους που επικοινωνούν εξωτερικά, συνολικής

χωρητικότητας 1.200 m³, από όπου στη συνέχεια διανέμεται στη δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου (υψόμετρο +124m από την επιφάνεια της θάλασσας) μέσω καταθλιπτικού αγωγού διατομής Φ140 (2 αντλίες 75kW). Η δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου είναι συνδεδεμένη με το εσωτερικό δίκτυο της πόλης της Ύδρας. Σε περιόδους αιχμής- περιόδους καλοκαιριού- αξιοποιούνται και τα ύδατα της γεώτρησης στην περιοχή του Αγίου Νικολάου, η οποία με μια υποβρύχια αντλία 30kW τροφοδοτεί τη δεξαμενή Καλά Πηγάδια μέσω καταθλιπτικού αγωγού, διατομής Φ110, με ανώτατο ημερήσιο όριο παραγωγής 400 m³. Επίσης είναι κατασκευασμένη και λειτουργική γεώτρηση στην θέση Παλαμίδα με ανώτατο ημερήσιο όριο παραγωγής τα 500 m³, η οποία, όμως, δεν είναι ακόμη συνδεδεμένη με το δίκτυο και αναμένεται η σύνδεσή της.

Την τελευταία δεκαετία γίνονται τμηματικές αντικαταστάσεις και επεκτάσεις αγωγών, όπου υπάρχουν προβλήματα λόγω παλαιότητας του δικτύου ή ανάγκη υδροδότησης νέων περιοχών αντίστοιχα. Σημαντικό πρόβλημα στις αντικαταστάσεις δικτύων αποτελούν οι ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες με την ύπαρξη πλακόστρωτου στο μεγαλύτερο μέρος του Δήμου και η απαγόρευση τροχοφόρων στο νησί. Οι περισσότεροι αγωγοί του εσωτερικού δικτύου είναι κατασκευασμένοι από σιδηροσωλήνες και σωλήνες αμιαντοτσιμέντου (AC) διαμέτρων από Φ60 έως και Φ280. Στον χάρτη που ακολουθεί, εικόνα 3.12, διακρίνονται οι θέσεις των υποδομών που βρίσκονται σε λειτουργία.

Επίσης, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε κάποια χαρακτηριστικά των δεξαμενών. Οι δεξαμενές πρέπει να είναι όσο το δυνατό εγγύτερα στον οικισμό και σε κατάλληλο υψόμετρο. Έτσι και στην Ύδρα οι δεξαμενές βρίσκονται ουσιαστικά ανάντι του οικισμού της Ύδρας. Επειδή λειτουργεί ως έργο ημερήσιας ρύθμισης, η διαστασιολόγηση της βασίζεται στις συνθήκες της δυσμενέστερης ημέρας του έτους σχεδιασμού. Η δεξαμενή στα Καλά Πηγάδια έχει διαστάσεις 12,80x15,70 και εσωτερικό ύψος 4,60m, ενώ η δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου έχει διαστάσεις 13,20x11,70 (Δήμος Ύδρας).



Εικόνα 3.12 Τοποθεσία δεξαμενών, γεώτρησης Αγίου Νικολάου και εγκατάστασης αφαλάτωσης στο Google Earth.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε, ότι ένα πρόβλημα που μπορεί να σταματήσει την παραγωγή και τη διανομή του νερού στο νησί είναι η διακοπή ρεύματος, όπως συνέβη τον Αύγουστο του 2018, που έχει ως αποτέλεσμα την διακοπή λειτουργίας τόσο της εγκατάστασης αφαλάτωσης, όσο των αντλιοστασίων και της γεώτρησης του νησιού. Γι' αυτό κρίθηκε αναγκαίο από την δημοτική αρχή η προμήθεια μιας γεννήτριας, ύστερα από ανοιχτό διαγωνισμό, που ολοκληρώθηκε με την παραλαβή της γεννήτριας 630 Kw και κόστους 108.624 ευρώ τον Φεβρουάριο του 2022 και έρχεται να καλύψει τις έκτακτες ανάγκες της εγκατάστασης αφαλάτωσης σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος.



Εικόνα 3.13 Γεννήτρια για την μονάδα αφαλάτωσης

3.5 Υδατικές ανάγκες Ύδρας

Το πιο κρίσιμο μέγεθος στην διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η εκτίμηση των αναγκών σε νερό για τους διάφορους τομείς των δραστηριοτήτων. Οι διάφορες χρήσεις νερού εξυπηρετούνται με προκαθορισμένη προτεραιοποίηση, με πρώτη και πιο σημαντική τις ανάγκες ύδρευσης, διότι το νερό αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιβίωση, αλλά και επιπλέον είναι απαραίτητο για την συντήρηση του βασικότερου τομέα της οικονομίας των νησιών, όπως ισχύει και για την περιοχή μελέτης μας, που είναι ο τουρισμός. Δεύτερη αξιολογικά χρήση είναι η κάλυψη των αρδευτικών και κτηνοτροφικών αναγκών, επειδή για πολλές περιοχές της χώρας ο πρωτογενής τομέας της οικονομίας είναι ο βασικός πυλώνας της οικονομίας τους και, τέλος, τρίτος στη σειρά αξιολόγησης ακολουθεί ο βιομηχανικός τομέας. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι στην Ύδρα το δίκτυο ύδρευσης δεν καλύπτει τις ούτως ή άλλως πολύ περιορισμένες

ανάγκες για άρδευση- οι λίγοι καλλιεργητές χρησιμοποιούν στέρνες με βρόχινο νερό- ενώ δεν υπάρχει καθόλου βιομηχανία ή βιοτεχνία, και συνεπώς οι δύο αυτές δραστηριότητες- γεωργία και βιομηχανία- δεν επηρεάζουν την εκτίμηση των υδατικών αναγκών που έχει η Ύδρα.

3.5.1 Υπολογισμός καταναλώσεων Ύδρας

Η εκτίμηση των αναγκών σε νερό των κατοίκων μιας περιοχής γίνεται συνήθως, είτε με βάση τον πραγματικό πληθυσμό, είτε με δεδομένα κατανάλωσης από τους μετρητές, στοιχεία τα οποία διαθέτουν οι εκάστοτε δήμοι ή οι δημοτικές εταιρίες ύδρευσης. Η μέση ημερήσια ζήτηση των καταναλωτών για οικιακή χρήση κυμαίνεται για τις ελληνικές συνθήκες από 200 μέχρι 350 l/κάτοικο/ημέρα. Οι μελέτες ύδρευσης χρησιμοποιούν αρκετές φορές σαν βάση, μέσες ημερήσιες καταναλώσεις νερού 200 - 250 l/κάτοικο/ημέρα. Για τουριστική χρήση η ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται από 250 έως 350 l/άτομο/ημέρα. Η χρήση αυτών των αυξημένων τιμών, γίνεται διότι το δίκτυο ύδρευσης σχεδιάζεται για έναν χρονικό ορίζοντα 40 ετών, και υπάρχει ο κίνδυνος υποδιαστασολόγησης για σχεδιάσεις με μεγάλο χρονικό ορίζοντα.

Μια άλλη συνισταμένη για τη εκτίμηση των αναγκών των κατοίκων μιας περιοχής είναι οι διαρροές. Στα δίκτυα διανομής σημαντικό ποσοστό νερού της τάξεως 20-30% φαίνεται ότι χάνεται κατά τη μεταφορά από τη μονάδα επεξεργασίας ως την κατανάλωση, ενώ για δίκτυα παλιά ή κακά συντηρημένα οι απώλειες μπορεί αν ξεπερνούν και το 50%. Στην εκτίμηση των υδρευτικών αναγκών, η αθροιστική ζήτηση όλων των χρήσεων προσαυξάνεται κατά έναν συντελεστή 10-20%, ώστε να ληφθούν υπόψη οι συνολικές φυσικές απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού. Αυτές οι απώλειες νερού διακρίνονται σε «φαινομενικές» και πραγματικές, και μαζί με τη «μη τιμολογούμενη κατανάλωση» συνιστούν το μη αποδοτικό νερό. Ειδικότερα, οι πραγματικές ή φυσικές απώλειες, οφείλονται σε διαρροές στις δεξαμενές, τις συνδέσεις των αγωγών, ιδιαίτερα στις οικιακές εγκαταστάσεις αλλά και στις θραύσεις αγωγών λόγω καταπόνησης από φορτία οχημάτων, έντονες διακυμάνσεις της πίεσης, παγετό, υδραυλικά πλήγματα, αλλά και εξαιτίας και της παλαιότητας των δικτύων. Ενώ, οι φαινομενικές ή πλασματικές απώλειες αναφέρονται στο νερό που καταναλώνεται χωρίς να τιμολογηθεί, εξαιτίας της πλημμελούς καταμέτρησης, σφαλμάτων μετρητών και παράνομων συνδέσεων κτλ (Ευστρατιάδης Α., Κοσσιέρης Π. & Μακρόπουλος Χ., 2019). Το δίκτυο ύδρευσης στην περιοχή μελέτης μας είναι μικτό. Το εξωτερικό δίκτυο της σύνδεσης της μονάδας αφαλάτωσης με τις δεξαμενές είναι σχετικά καινούργιο, από

PVC υλικό και δεν εμφανίζει ιδιαίτερες φθορές και απώλειες. Αντιθέτως, το υφιστάμενο δίκτυο στον οικισμό είναι παλιό, κατασκευασμένο από σιδηροσωλήνες, αμιαντοτσιμεντοσωλήνες καθώς και πλαστικούς αγωγούς PVC. Με την πάροδο των ετών στους σιδηροσωλήνες έχει καταστραφεί η εσωτερική επίστρωση με αποτέλεσμα τη συσσώρευση ιζημάτων οξείδωσης στον πυθμένα των αγωγών, με συνέπεια μέρος των ιζημάτων να αιωρούνται στο πόσιμο νερό με αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητά του. Το πρόβλημα είναι εντονότερο για του τσιμεντοσωλήνες εφόσον οι συνδέσεις με ελαστικούς δακτυλίους δεν εξασφαλίζουν πλήρη στεγανότητα. Σύμφωνα με το τιμολογούμενο νερό από το Δήμο αλλά και τις χρεώσεις από την ιδιωτική εταιρεία διαχείρισης και λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης, οι απώλειες ξεπερνούσαν το 50%, ποσοστό το οποίο μειώθηκε αισθητά με την τοποθέτηση ολοκληρωμένου συστήματος τηλεμετρίας και αυτοματισμού των δεξαμενών του νερού. Ακόμη μεγαλύτερη μείωση θα επιτευχθεί με την αντικατάσταση των παλαιών αμιαντοτσιμεντοσωλήνων του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης.

Όσον αφορά την περιοχή μελέτης μας, η μέση ημερήσια κατανάλωση σε νερό, με βάση πρόσφατη μελέτη που έγινε για λογαριασμό του δήμου Ύδρας για την αντικατάσταση του δικτύου ύδρευσης, ανέρχεται σε 240 l/κάτοικο/ημέρα. Για την εκτίμηση των υδατικών αναγκών του εποχικού πληθυσμού (παραθεριστές), συμπεριλαμβάνονται αυτοί οι οποίοι διαθέτουν «εξοχική» κατοικία (717 εξοχικές κατοικίες, απογραφή 2011), επισκέπτες οι οποίοι διαμένουν σε πιστοποιημένα καταλύματα, αλλά και επισκέπτες οι οποίοι δεν διαμένουν σε πιστοποιημένα από το ΕΟΤ καταλύματα (το νησί διαθέτει συνολικά 591 πιστοποιημένες κλίνες). Επιπλέον, στην Ύδρα ελλιμενίζονται περίπου 25 σκάφη αναψυχής την ημέρα. Για την ίδια περίοδο τις ημέρες Παρασκευή, Σάββατο και Κυριακή προστίθενται δεκαπέντε (15) σκάφη αναψυχής επιπλέον.

Για να γίνει εκτίμηση των υδατικών αναγκών των μόνιμων και εποχικών κατοίκων αξιοποιήθηκαν πληθυσμιακά δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), όπως και δεδομένα κρατήσεων και επισκεπτών στο νησί. Για τον υπολογισμό των αναγκών τις περιόδους αιχμής έχει χρησιμοποιηθεί συντελεστής εποχικής αιχμής ίσος με **1.50**. Η χρονική διάρκεια της τουριστικής περιόδου θεωρείται κατ' αρχήν το τετράμηνο Μαΐου – Αυγούστου.

Η Ύδρα είναι νησί δίχως κτηνοτροφία, αλλά με έναν σημαντικό αριθμό ζώων, για την μεταφορά ανθρώπων και εμπορευμάτων. Αυτά τα ζώα είναι συνήθως γαϊδουράκια, μουλάρια και άλογα. Ο αριθμός των ζώων στο νησί ανέρχεται περίπου στα πεντακόσια (500) σύμφωνα με τον συλλόγου των αγωγιατών.

ΜΗΝΑΣ	Πληθυσμός 2011			Υδατικές Ατομικές Ανάγκες			Συνολικές Υδατικές Ανάγκες	
	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ	ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ	ΜΗΝΙΑΙΕΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1978	61	500	0,24	0,36	0,035	514	15940
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1978	49	500	0,24	0,36	0,035	510	14276
ΜΑΡΤΙΟΣ	1978	1156	500	0,24	0,36	0,035	908	28160
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1978	1512	500	0,24	0,36	0,035	1037	31096
ΜΑΙΟΣ	1978	1876	500	0,36	0,36	0,035	1405	43553
ΙΟΥΝΙΟΣ	1978	3714	500	0,36	0,36	0,035	2067	61999
ΙΟΥΛΙΟΣ	1978	4036	500	0,36	0,36	0,035	2183	67659
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1978	4102	500	0,36	0,36	0,035	2206	68395
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1978	1769	500	0,24	0,36	0,035	1129	33872
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1978	485	500	0,24	0,36	0,035	667	20671
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1978	58	500	0,24	0,36	0,035	513	15393
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1978	83	500	0,24	0,36	0,035	492	15259

Πίνακας 3.2 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.

3.5.2 Αρδευτικές ανάγκες

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση της Ύδρας είναι 2,8% της συνολικής έκτασης του νησιού, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν απαιτούνται υπολογίσιμες ποσότητες νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών στην Ύδρα γίνεται με στέρνες που υπάρχουν κοντά στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και έχουν επαρκή ποσότητα για την κάλυψη αυτών των αναγκών.

3.6 Εγκατάσταση αφαλάτωσης Ύδρας

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η Ύδρα κάλυπτε τις ανάγκες τις με νερό που μεταφερόταν με υδροφόρα πλοία. Μια κατάσταση με ιδιαίτερα υψηλό κόστος αλλά χωρίς να αποτελεί οριστική λύση στο πρόβλημα υδροδότησης του νησιού. Η Εγκατάσταση Αφαλάτωσης στο Μανδράκι, κατόπιν δοκιμαστικών κύκλων λειτουργίας, τέθηκε σε πλήρη παραγωγή στις 11 Αυγούστου 2014, και αποτελείται από δύο μονάδες αφαλάτωσης με αρχική δυναμικότητα 800 m³ η κάθε μια. Στην συνέχεια και με βάση τις ανάγκες η δυναμικότητα των μονάδων αυξήθηκε σε 900 m³ έκαστος. Για να μπορέσει να τεθεί σε πλήρη λειτουργία η εγκατάσταση της Ύδρας χρειάστηκαν 2,5

χρόνια. Κατά την διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος έγινε όλος ο τεχνικός και οικονομικός σχεδιασμός του έργου και διεξήχθη διεθνής διαγωνισμός προκειμένου να επιλεγεί ο ανάδοχος. Αφού υπογράφηκε η σύμβαση, στις 20 Σεπτεμβρίου 2013, με την ανάδοχο εταιρία ΤΕΜΑΚ Α.Ε. η οποία μειοδότησε στο σχετικό διαγωνισμό, πραγματοποιήθηκαν τα βήματα που ήταν απαραίτητα ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες εγκρίσεις, γνωμοδοτήσεις και άδειες που απαιτούνταν για την λειτουργία της εγκατάστασης. Οι δύο μονάδες αντίστροφης ώσμωσης προ συναρμολογήθηκαν μέσα σε δύο εμπορευματοκιβώτια (κοντέινερ) σε μία διαδικασία που διήρκησε 2 μήνες στην Αθήνα και μεταφέρθηκαν με πλοίο που έδωσε στο Μανδράκι. Από πλευράς του ο Δήμος δεν κατέβαλε κάποιο πόσο για αυτή την επένδυση και η μόνη παραχώρηση που έκανε ήταν αυτή του οικοπέδου για την δημιουργία της μονάδας αλλά και τις απαραίτητες γραφειοκρατικές διαδικασίες.



Εικόνα 3.14 Εργασίες κατά την κατασκευή της εγκατάστασης στο Μανδράκι



Εικόνα 3.15 Εμπορευματοκιβώτιο μονάδων αντίστροφης ώσμωσης

Ταυτόχρονα με την έναρξη της πλήρους λειτουργίας της εγκατάστασης, λειτούργησε και ένα σύστημα αυτοματισμού, μέσω του οποίου γίνεται έλεγχος της πληρότητας των δεξαμενών, προκειμένου, με αυτόματο τρόπο, να λειτουργούν οι αντλίες που προωθούν το πόσιμο νερό από τις δεξαμενές του Μανδρακίου σε αυτήν στα Καλά Πηγάδια και στη συνέχεια στον Άγιο Κωνσταντίνο. Σύμφωνα με την σύμβαση μεταξύ του Δήμου Ύδρας και της εταιρείας αφαλάτωσης, η οποία έχει διάρκεια μέχρι το 2025, η εγγυημένη ποσότητα νερού η οποία υποχρεούται να αγοράζει ο Δήμος Ύδρας ετησίως ανέρχεται στα 300.000 m³, έναντι 1,19 ευρώ συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α.

3.6.1 Λεπτομέρειες της εγκατάστασης αφαλάτωσης της Ύδρας – Το μοντέλο της ιδιωτικής αφαλάτωσης

Η εγκατάσταση αφαλάτωσης της Ύδρας, όπως και αρκετές άλλες μονάδες στον ελλαδικό χώρο, έγινε στο πλαίσιο ενός σχεδίου για την κατασκευή και τη λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης από ιδιώτες στις περιοχές όπου υπάρχει σημαντικό πρόβλημα νερού. Στόχος αυτού του πλαισίου που δημιουργήθηκε από την ελληνική πολιτεία είναι η άμβλυνση του προβλήματος, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα της ζωής των κατοίκων, ιδιαίτερα αυτών που κατοικούν στα νησιά, αλλά και τον τουρισμό. Ένα από τα πλεονεκτήματα του σχεδίου είναι ότι απαιτεί ελάχιστους οικονομικούς πόρους που προέρχονται από το κράτος. Η εγκατάσταση αφαλάτωσης της Ύδρας, κατά συνέπεια, αποτελεί οδηγό για την εφαρμογή του ως άνω σχεδίου και θα λειτουργεί υπό ιδιωτικό καθεστώς για 12 έτη (Λιάλιος, 2014).

Η δυναμικότητα της μονάδας αφαλάτωσης της Ύδρας αντιστοιχεί στα 1.800 κυβικά νερού σε ημερήσια βάση. Βέβαια η μονάδα μπορεί να παράγει 1000 m³ συμπληρωματικά σε περιόδους που υπάρχει ανάγκη. Η εταιρεία ΤΕΜΑΚ, όπως προαναφέρθηκε, ήταν υπεύθυνη της μελέτης, της κατασκευής και της λειτουργίας της μονάδας, κατόπιν διεξαγωγής διεθνούς διαγωνισμού. Το κόστος αυτής της μεταφοράς ύδατος στο νησί αντιστοιχούσε στο ποσό των 3,19 ευρώ ανά κυβικό νερού, ενώ με την λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης έπεσε στο πόσο των 1,19 ευρώ συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α (0,96 πλέον Φ.Π.Α). Οι υπεύθυνοι της εταιρείας ελέγχουν την μονάδα μέσω απομακρυσμένου ελέγχου ζωντανά, ώστε να έχουν τον πλήρη έλεγχο της μονάδας. Επίσης έχουν ένα μόνιμο υδραυλικό στο νησί για την παρακολούθηση της μονάδας, ο οποίος εκπαιδεύτηκε από την εταιρεία για την αντικατάσταση κάποιων αναλώσιμων αλλά και για περιπτώσεις που χρειάζεται άμεση επιδιόρθωση και επέμβαση σε κάποια αντιμετώπισιμη από αυτόν βλάβη που θα επηρεάσει την λειτουργία της μονάδας. Επιπλέον πραγματοποιούνται μία φορά το μήνα γενικός ποιοτικός και μικροβιολογικός έλεγχος του παραγόμενου νερού, αλλά και καθημερινός έλεγχος του pH και της αγωγιμότητας του νερού. Τέλος, οι υπεύθυνοι μηχανικοί της μονάδας μεταβαίνουν στο νησί της Ύδρας κάθε δύο εβδομάδες για να ελέγξουν από κοντά την λειτουργία.



Εικόνα 3.16 Αντλίες τροφοδοσίας της μονάδας με θαλασσινό νερό

Η διαδικασία της αφαλάτωσης στην Ύδρα ακολουθεί τα ακόλουθα στάδια: το θαλασσινό νερό εισέρχεται σε φρεάτιο, μέσω ενός κυλινδρικού αγωγού ο οποίος βρίσκεται σε βάθος 10 μέτρων, όπου φιλτράρεται μέσω τριών (3) φίλτρων, τα οποία συγκρατούν και στη συνέχεια απομακρύνουν διάφορα μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, φυτά, ψάρια, ανθρωπογενείς ρύπους κ.α.).



Εικόνα 3.17 Φρεάτιο συλλογής θαλασσινού νερού και φιλτράρισμα ευμεγεθών αντικειμένων

Στην συνέχεια το νερό αυτό οδηγείται σε μια δεξαμενή 25 m³. Μέσω της μηχανικής δράσης δύο εκ των τριών αντλιών (η μια είναι εφεδρική) το νερό διοχετεύεται στα έξι (6) πολυστρωματικά φίλτρα άμμου, όπου πραγματοποιείται η διύλιση του, συγκρατούνται οι φερτές ύλες και τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια πριν το νερό εισέλθει στις κύριες μονάδες αφαλάτωσης.



Εικόνα 3.18 Πολυπροπυλικά φίλτρα άμμου (Προ-κατεργασία) (TEMAK Α.Ε)

Στη συνέχεια το φιλτραρισμένο νερό οδηγείται στα φίλτρα πολλαπλών φυσιγγίων με σκοπό την απομάκρυνση των λοιπών ρύπων. Αυτή η διαδικασία αποτελεί την προκατεργασία . Μετά την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης το νερό περνά στα φίλτρα πρόσδοσης σκληρότητας προκειμένου να εμπλουτίσουμε τη σκληρότητα στο νερό για να γίνει πιο εύγευστο.



Εικόνα 3.19 Φίλτρα πολλαπλών φυσιγγίων



Εικόνα 3.20 Στάδιο εξαέρωσης πολλαπλών φυσιγγίων

Στη συνέχεια μετά τα φίλτρα πρόσδοσης σκληρότητας προστίθεται χλώριο στο νερό για την απολύμανση του, καθώς και σόδα για να ανέβει το pH του. Το παραγόμενο νερό οδηγείται στις δύο δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 1200 m³. Μετά από τη συλλογή του μέσω διπλού αντλητικού συστήματος το νερό προωθείται στη δεξαμενή του δήμου που βρίσκεται στη περιοχή Καλά πηγάδια και τροφοδοτεί την Ύδρα με νερό. Η μονάδα αφαλάτωσης της Ύδρας διαθέτει και σύστημα ανάκτησης ενέργειας, και γι' αυτό το ενεργειακό κόστος ανά m³ παραγόμενου νερού ανέρχεται σε 3kWh. Το υποπροϊόν της αφαλάτωσης, δηλαδή η άλμη, απορρίπτεται σε απόσταση 200 μέτρων από τις ακτές και σε βάθος 40 μέτρων, έτσι ώστε να μην επιβαρυνθεί ο κόλπος Μανδρακίου.



Εικόνα 3.21 Συστοιχία αντίστροφης ώσμωσης

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Επιτόπια έρευνα με χρήση ερωτηματολογίων στο νησί της Ύδρας, σε μόνιμους και εποχικούς κατοίκους.

Το ερωτηματολόγιο είναι σημαντικό εργαλείο για τη συλλογή πρωτογενών πληροφοριών. Είναι σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή, και περιέχει μια σειρά ερωτήσεων στις οποίες καλείται να απαντήσει ο ερωτώμενος. Στο πλαίσιο της ερευνητικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε στην Ύδρα, διεξήχθη επιτόπια έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίων, με στόχο της εξέταση του βαθμού αποδοχής της μονάδας αφαλάτωσης.

Ο τρόπος διεξαγωγής της έρευνας πεδίου που θα επιλεγθεί, είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την αποτελεσματικότητά της, σε σχέση πάντα με το θέμα και το περιβάλλον που πρόκειται να εφαρμοστεί. Υπάρχουν δύο τύποι ερωτήσεων στα ερωτηματολόγια, οι ανοιχτές ερωτήσεις και οι κλειστές ερωτήσεις και οι υποκατηγορίες τους.

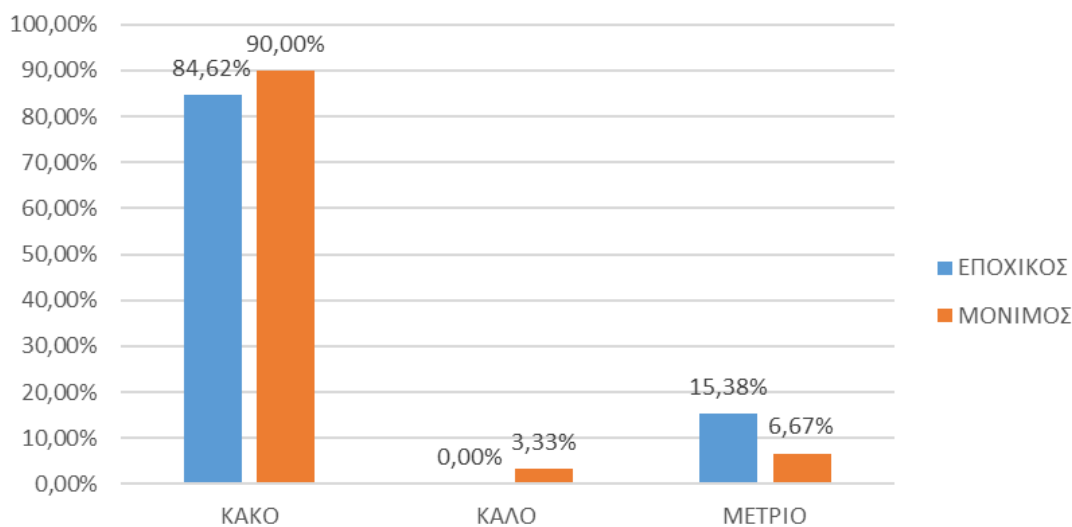
Στην περίπτωση της δικής μας έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια με κλειστές ερωτήσεις, τα οποία διανεμήθηκαν σε άτομα που συναντήσαμε κατά την επίσκεψή μας στο νησί το Μάρτιο του 2017. Συμπληρώθηκαν 43 ερωτηματολόγια από ισάριθμα άτομα, εκ των οποίων οι 30 ήταν μόνιμοι κάτοικοι Ύδρας, ενώ οι υπόλοιποι 13 εποχικοί, οι οποίοι όμως διαθέτουν εξοχική κατοικία στο νησί, και έρχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για επίσκεψη. Το δείγμα των 43 ατόμων που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, ήταν τυχαίο και όχι απαραίτητα αντιπροσωπευτικό δείγμα των μόνιμων και μη κατοίκων του νησιού, και επιτρέπει μια πρώτη αποτίμηση των απόψεων μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων για την εγκατάσταση αφαλάτωσης.

Η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων έγινε με την χρήση του προγράμματος Excel Microsoft Office 2019. Από τα αποτελέσματα της απλής ανάλυσης των απαντήσεων στα διάφορα ερωτήματα, μπορούν να εξαχθούν ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με το βαθμό αποδοχής της μονάδας αφαλάτωσης από τους μόνιμους ή εποχικούς κατοίκους του νησιού της Ύδρας (το ερωτηματολόγιο βρίσκεται στο Παράρτημα Α).

4.1 Ανάλυση ερωτηματολογίων

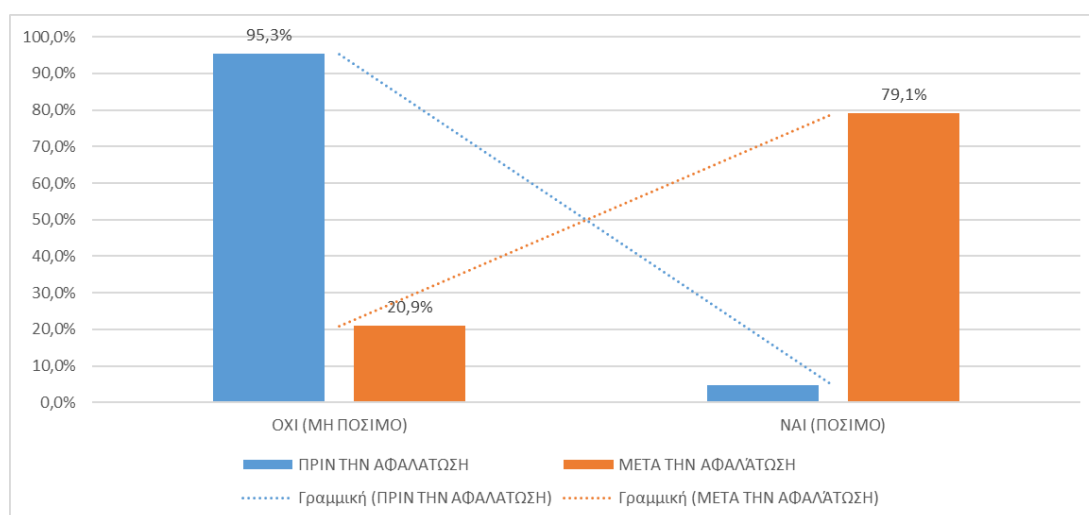
Το ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε για το νερό της Ύδρας περιλαμβάνει δεκατρείς (13) ερωτήσεις συνολικά, όλες κλειστού τύπου. Διανεμήθηκε, όπως προαναφέρθηκε, σε σαράντα τρία (43) άτομα που έδειξαν ενδιαφέρον για να συμμετάσχουν στην έρευνα.

Στην ερώτηση 4 το πλήθος ερωτήθηκε για την ποιότητα του νερού κατά την περίοδο της μεταφοράς του νερού με υδροφόρα πλοία.



Εικόνα 4.1 Ποιότητα μεταφερόμενου νερού με υδροφόρα σύμφωνα με την άποψη των ερωτηθέντων

Παρατηρούμε ότι πάνω από το 85% του συνόλου των ερωτηθέντων κατοίκων έχουν την άποψη ότι το νερό που μεταφερόταν μέχρι και το 2014 με υδροφόρα πλοία ήταν κακής ποιότητας. Υπάρχει ένα ποσοστό γύρω στο 14% που το χαρακτηρίζει μέτριο, ενώ βρέθηκε και ένας (1) ο οποίος το χαρακτήρισε καλό. Είναι φανερό ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων χαρακτηρίζει το νερό προ του 2014 κακό.

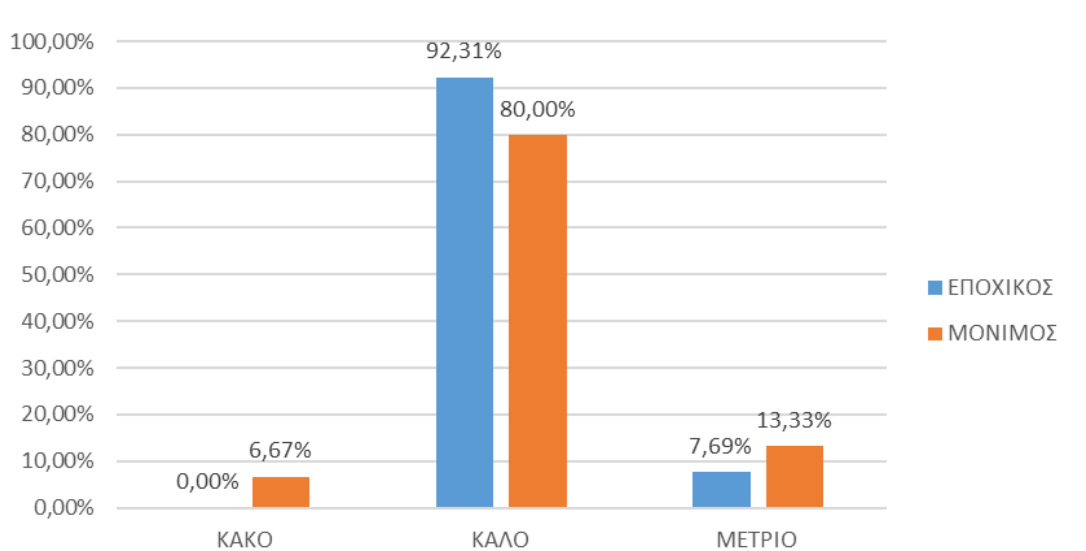


Εικόνα 4.2 Χρήση νερού ως πόσιμο πριν και μετά την αφαλάτωση

Στις ερωτήσεις 2 και 3 το πλήθος ερωτήθηκε σε ποιες καθημερινές του ανάγκες χρησιμοποιεί το νερό του δικτύου. Οι ανάγκες αυτές κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι επιλογές με πλέον κρίσιμη την επιλογή ΠΟΣΙΜΟ, η οποία εν πολλοίς καθορίζει και την ΠΑΔΑ, Τμήμα ΠΟΛ.ΜΗΧ., Διπλωματική Εργασία, Διγενάκης Γεώργιος, Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος

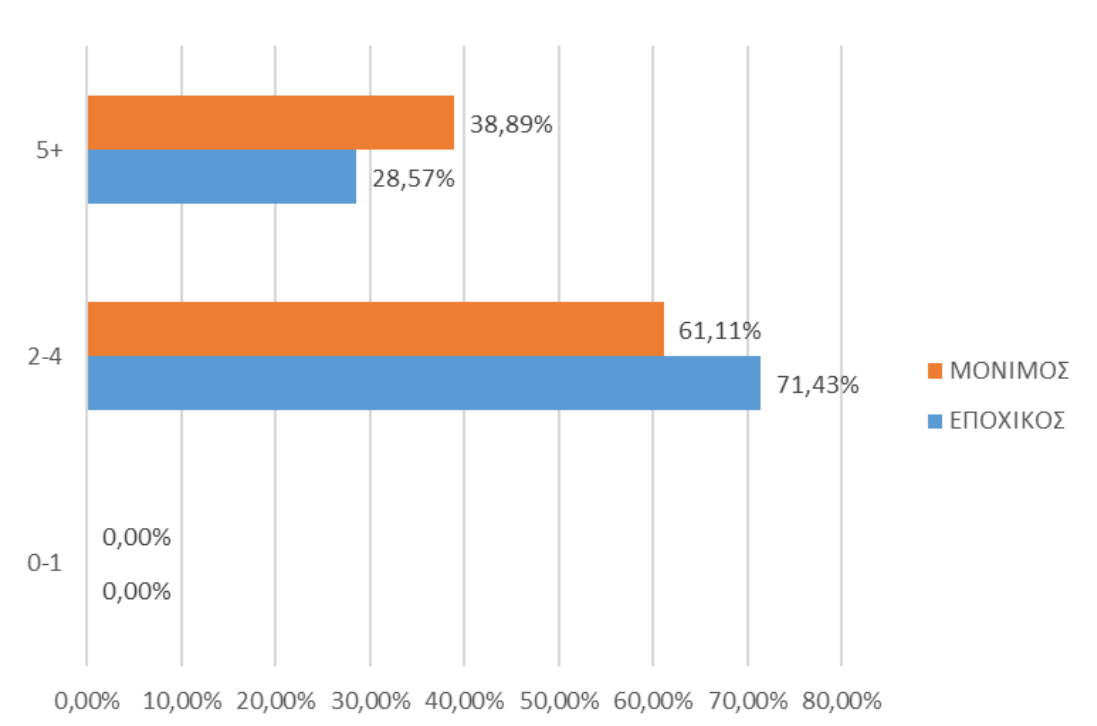
ποιότητα του νερού. Πριν τη λειτουργία του εργοστασίου αφαλάτωσης (ερώτηση 2) σαράντα ένας (41) δήλωσαν πως δεν χρησιμοποιούσαν το νερό ως πόσιμο, ενώ μετά τη λειτουργία του εργοστασίου (ερώτηση 3) ένα ποσοστό κοντά στο 80% δήλωσε ότι χρησιμοποιεί το νερό που προέρχεται από τη μονάδα αφαλάτωσης ως πόσιμο. Για τις υπόλοιπες επιλογές χρήσης σχεδόν όλοι δήλωσαν πως χρησιμοποιούσαν το νερό και πριν και μετά την αφαλάτωση, σχεδόν χωρίς κανένα περιορισμό (εκτός από το μαγείρεμα).

Στην ερώτηση 5 το πλήθος ερωτήθηκε για την ποιότητα του νερού αφότου ξεκίνησε τη λειτουργία της η μονάδα αφαλάτωσης, για το αν το χαρακτηρίζουν καλό, μέτριο ή κακό.



Εικόνα 4.3 Ποιότητα παραγόμενου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης σύμφωνα με την άποψη των ερωτηθέντων

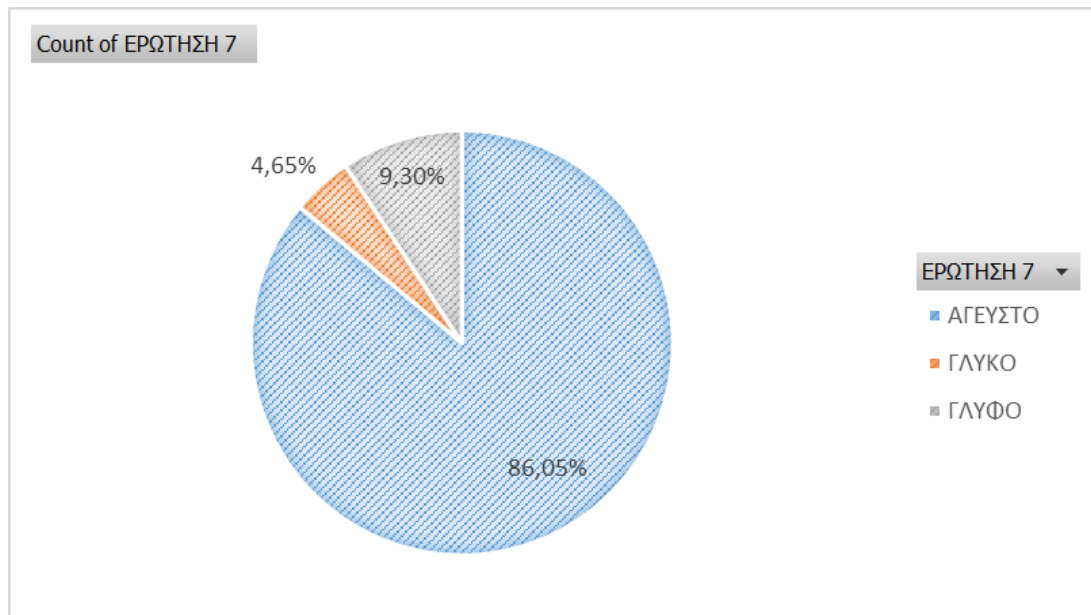
Παρατηρείται ότι μετά την αφαλάτωση το ίδιο περίπου ποσοστό, περίπου το 80% μόνιμων και εποχικών κατοίκων, που δήλωνε ότι το νερό της υδροφόρας ήταν κακό τώρα δηλώνει ότι το νερό της αφαλάτωσης είναι καλό και πόσιμο (Εικόνα 4.2). Άρα η αφαλάτωση ως τρόπος ύδρευσης έχει ευρεία αποδοχή από τους κατοίκους του νησιού.



Εικόνα 4.4 Ραβδόγραμμα αποτύπωσης διακοπών υδροδότησης

Στην ερώτηση 6 το πλήθος ερωτήθηκε για τη συχνότητα των διακοπών της υδροδότησης σε μηνιαία βάση, διότι το δίκτυο ύδρευσης του νησιού είναι αρκετά παλιό, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, και χρειάζεται να εξεταστεί η συχνότητα των διακοπών υδροδότησης που παρατηρούνται. Όπως φαίνεται από την παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 4.4), το 67% των ερωτηθέντων δήλωσε 2-4 διακοπές της υδροδότησης τον μήνα, ενώ ένα ποσοστό γύρω στο 33% δήλωσε πάνω από 5 διακοπές τον μήνα. Το να μην εμφανιστεί καμία διακοπή μέσα στο μήνα δεν είναι κάτι το οποίο φαίνεται να συμβαίνει. Παρατηρείται ότι το ποσοστό των εποχικών κατοίκων που δήλωσαν 2-4 διακοπές κατά μέσο όρο το μήνα είναι 71,43% έναντι των μόνιμων που είναι 61,11%. Αυτό συμβαίνει διότι ότι οι εποχικοί κάτοικοι, μπορεί να προέρχονται από περιοχή στην οποία δεν εμφανίζονται διακοπές ύδρευσης, και γι' αυτό το λόγο να μεγεθύνουν το πρόβλημα. Επειδή είναι εποχικοί μπορεί να μην έχουν πάει σε περίοδο στο νησί που να εμφανίζονται συχνές διακοπές, πάνω από 5 φορές το μήνα.

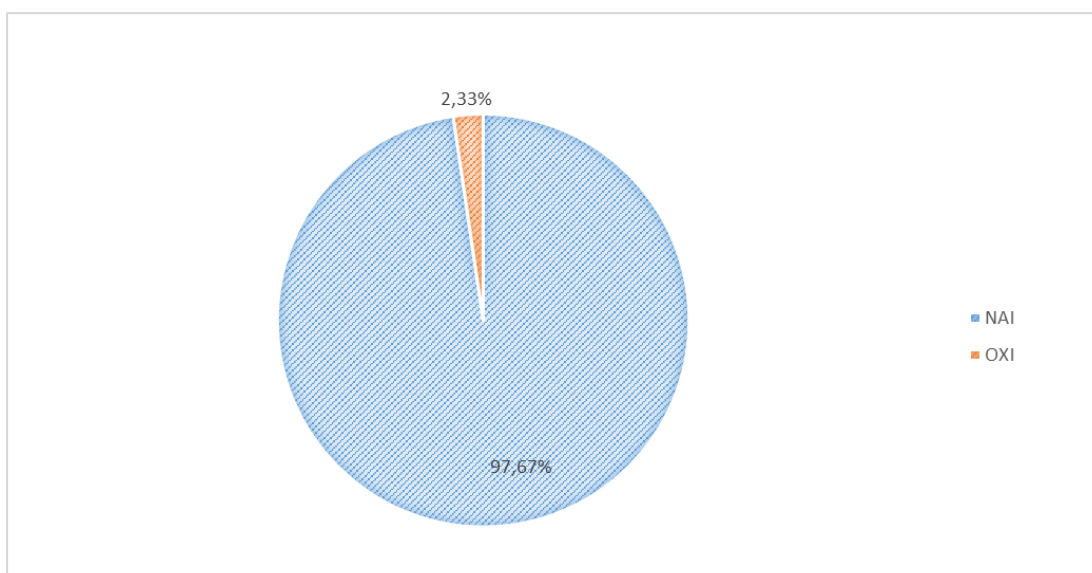
Οι 43 συμμετέχοντες στην έρευνα διατύπωσαν και τη γνώμη τους σχετικά με τη γεύση του νερού που προέρχεται από το εργοστάσιο αφαλάτωσης (ερώτηση 7).



Εικόνα 4.5 Διάγραμμα άποψης ερωτηθέντων για τη γεύση του νερού της αφαλάτωσης

Παρατηρείται ότι το ποσοστό το οποίο το χαρακτηρίζει ως άγευστο ανέρχεται στο 86%. Βέβαια αυτή η ερώτηση είναι σε γενικές γραμμές υποκειμενική, διότι η γεύση είναι μια αίσθηση, και ο κάθε άνθρωπος έχει διαφορετική γευστική αντίληψη.

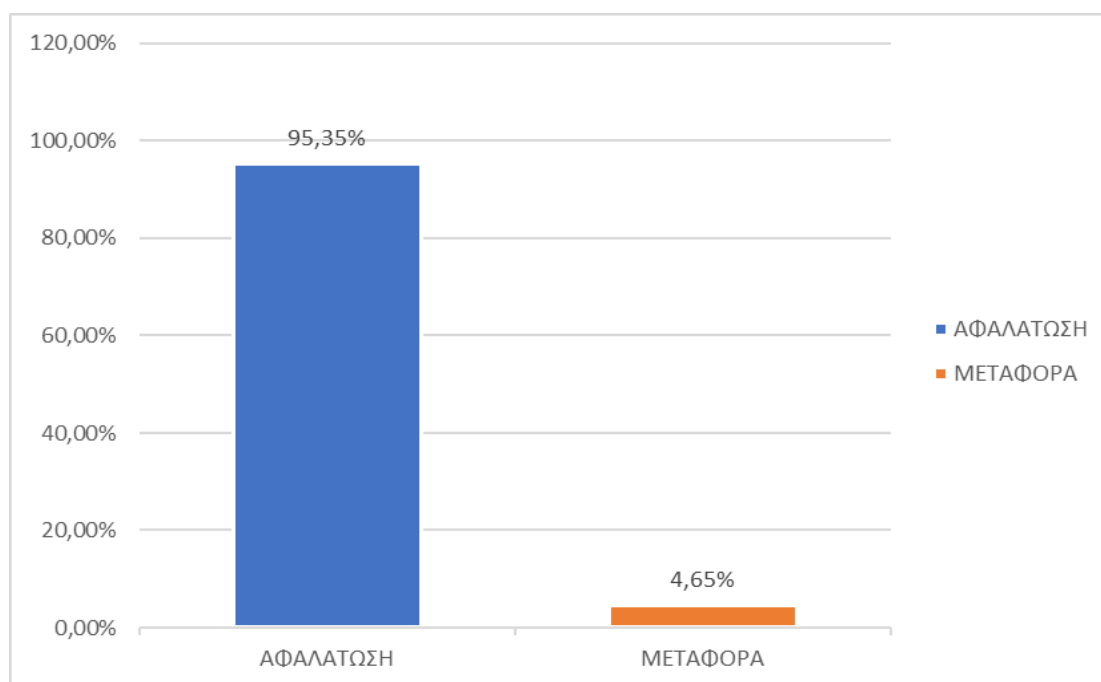
Η επόμενη ερώτηση (ερώτηση 8) σκοπό είχε να εξετάσει αν υπάρχει οικονομικό όφελος σε σύγκριση με το προηγούμενο μοντέλο υδροδότησης, δηλαδή με τη μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία.



Εικόνα 4.6 Άποψη ερωτηθέντων σχετικά με το οικονομικό όφελος, από την έναρξη λειτουργίας της μονάδα αφαλάτωσης

Παρατηρείται ότι σχεδόν όλοι οι ερωτηθέντες εκτός από έναν, δηλαδή 42 από τους 43 έχουν παρατηρήσει οικονομικό όφελος με την αλλαγή την μεθόδου ύδρευσης στο νησί.

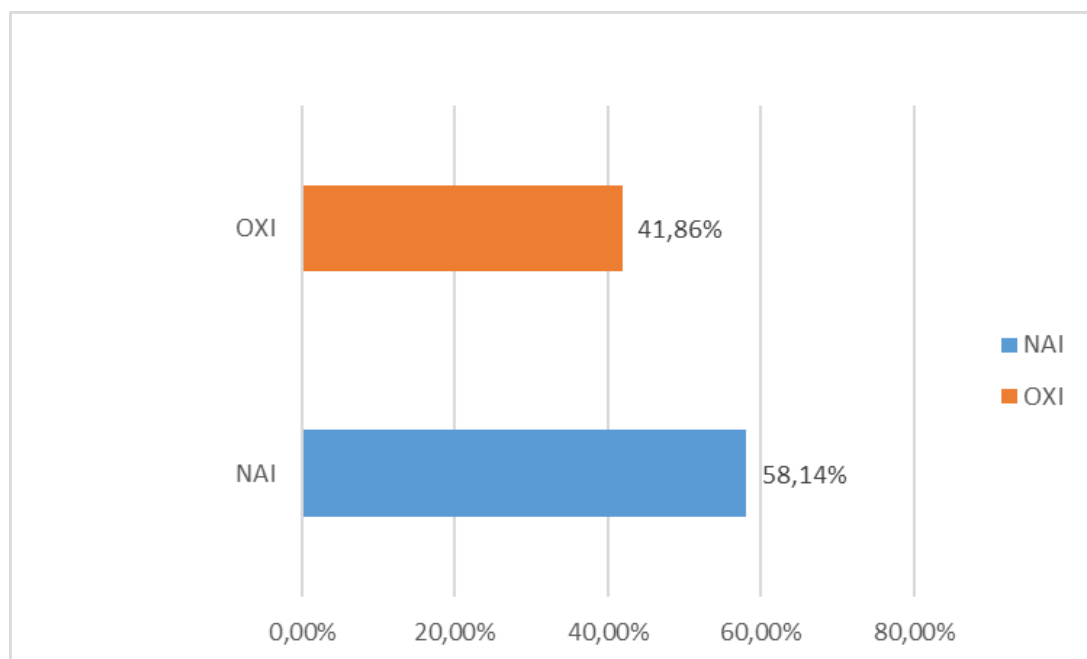
Στην ερώτηση 9, το πλήθος κλήθηκε να επιλέξει ποια μέθοδο ύδρευσης προτιμάει ανάμεσα στην αφαλάτωση και τη μεταφορά νερού με υδροφόρες.



Εικόνα 4.7 Διάγραμμα προτίμησης μεθόδου ύδρευσης

Είναι φανερό ότι οι κάτοικοι της Ύδρας επιλέγουν την μέθοδο της αφαλάτωσης, γιατί όπως έχουμε δει και συνδυαστικά με τις προηγούμενες ερωτήσεις, πέρα από το οικονομικό όφελος που αναφέρουν ότι έχουν σε σχέση με το μεταφερόμενο νερό, καταναλώνουν το νερό από τη μονάδα αφαλάτωσης. Άρα είναι αναμενόμενο αποτέλεσμα, η επιλογή της αφαλάτωσης.

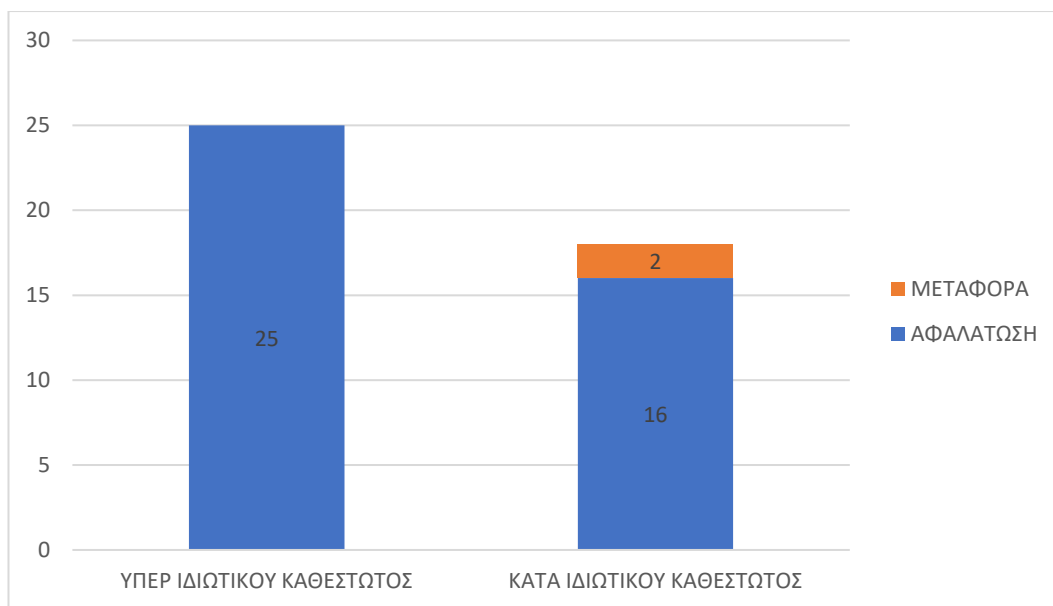
Εν συνεχεία (Ερώτηση 10), οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να απαντήσουν σχετικά με το καθεστώς λειτουργίας, που απασχολεί συχνά την κοινή γνώμη σχετικά με τη διαχείριση αγαθών όπως το νερό, από ιδιώτες. Γι' αυτό ερωτήθηκαν αν είναι υπέρ του υπάρχοντος ιδιωτικού καθεστώτος λειτουργίας.



Εικόνα 4.8 Ραβδόγραμμα προτίμησης ιδιωτικού καθεστώτος λειτουργίας

Τα αποτελέσματα από αυτή την ερώτηση δείχνουν έναν διχασμό στο πλήθος των ερωτηθέντων για το καθεστώς λειτουργίας. Παρατηρείται ότι το 58% των ερωτηθέντων επιθυμούν το ιδιωτικό καθεστώς, ενώ το 42% δεν το επιθυμεί. Το αποτέλεσμα αν και οριακό, μπορεί να οφείλεται εν μέρει στα οφέλη που έχουν παρατηρηθεί από τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

Έγινε μια περαιτέρω σύγκριση μεταξύ των παραπάνω ερωτήσεων 9 και 10, με σκοπό να έχουμε μια καλύτερη εικόνα του πλήθους που ενώ προτιμάει την αφαλάτωση, δεν θέλει να λειτουργεί υπό ιδιωτικό καθεστώς.



Εικόνα 4.9 Διάγραμμα τύπου συσσωρευμένης στήλης σύγκρισης ερωτήσεων 9 & 10

Παρατηρείται ένα σημαντικό πλήθος των ερωτηθέντων (16 άτομα) που ενώ θέλουν την αφαλάτωση σαν μέθοδο ύδρευσης, παράλληλα δεν επιθυμούν το ιδιωτικό καθεστώς λειτουργίας της μονάδας. Άλλη μια αξιοσημείωτη παρατήρηση, είναι ότι τα δύο άτομα από το δείγμα που έχουμε πάρει, οι οποίοι δεν επιθυμούν την αφαλάτωση, είναι και αρνητικοί στο ιδιωτικό καθεστώς.

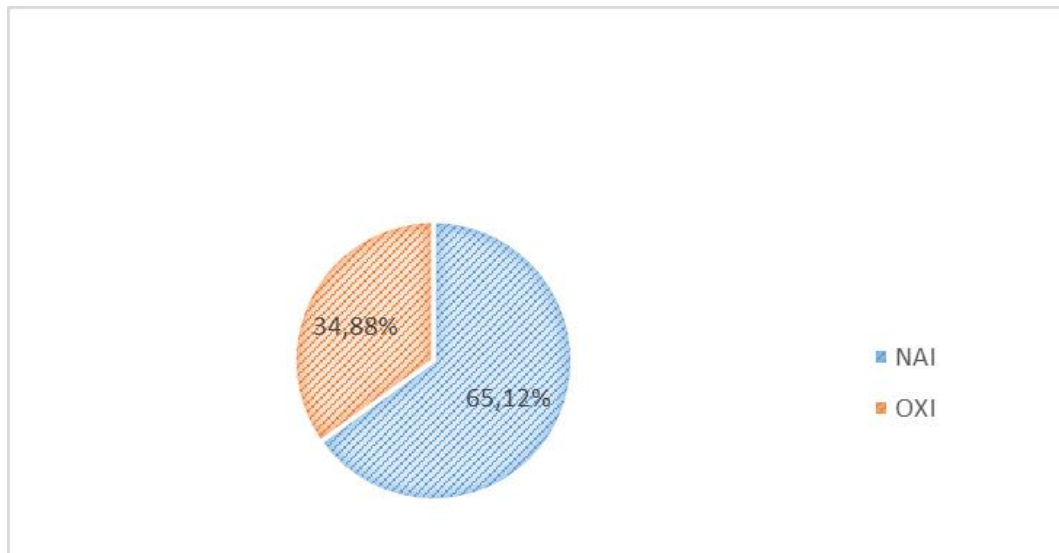
Προκειμένου να διευκρινιστούν τα αρνητικά του έργου της αφαλάτωσης, οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να απαντήσουν (ερώτηση 11) σε 3 συγκεκριμένες επιλογές ή και σε όλες συν την δυνατότητα επεξήγησης μέσω ελεύθερου κειμένου έως 5 λέξεων.

ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΕΡΓΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΚΟΣΤΟΣ	7,0%
ΠΟΙΟΤΗΤΑ	18,6%
ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ	37,2%
ΑΛΛΟ	16,3%

Πίνακας 4.1 Αποψη ερωτηθέντων σχετικά με τα αρνητικά του έργου

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι το 37,2% ερωτηθέντων θεωρούν αρνητικό το ιδιωτικό καθεστώς λειτουργίας, κάτι το οποίο δικαιολογεί το ποσοστό της ερώτησης 10. Επιπροσθέτως αναφέρεται ότι, ολόκληρο το ποσοστό των ερωτηθέντων που επέλεξε την απάντηση ΑΛΛΟ, και επειδή δινόταν η δυνατότητα απάντησης με σύντομο κείμενο, περιέγραφε στα αρνητικά του έργου το υπάρχον δίκτυο ύδρευσης.

Οι κάτοικοι προκειμένου να έχουν πόσιμο νερό, κατά την περίοδο που το νησί τροφοδοτούνταν ακόμη από υδροφόρα πλοία, αγόραζαν εμφιαλωμένο νερό. Γι' αυτό στην ερώτηση 12 ρωτήθηκαν αν εξακολουθούν και σήμερα να χρησιμοποιούν εμφιαλωμένο νερό.



Εικόνα 4.10 Διάγραμμα πίτας χρήσης εμφιαλωμένου νερού

Παρατηρείται, ότι ένα αρκετά υψηλό ποσοστό εξακολουθεί να χρησιμοποιεί εμφιαλωμένο νερό, παρόλο που χρησιμοποιούν και το νερό βρύσης για να καλύπτουν τις καθημερινές τους ανάγκες. Αυτό ίσως θα μπορούσε να οφείλεται στη συνήθεια που είχαν από τα προηγούμενα χρόνια.

4.2 Αποτελέσματα ανάλυσης ερωτηματολογίων

Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Το μεταφερόμενο νερό ήταν μη πόσιμο και κακής ποιότητας, με συνέπεια να προκαλούνται φθορές στο δίκτυο ύδρευσης.
- Το νερό της μονάδας αφαλάτωσης χαρακτηρίζεται ποιοτικά ως ένα καλό νερό, το οποίο ένα μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιεί ως πόσιμο.
- Παρόλο που υπάρχει πλέον η μονάδα αφαλάτωσης που παράγει καλό ποιοτικά νερό και πόσιμο, εξακολουθεί να χρησιμοποιείται από πολλούς κατοίκους εμφιαλωμένο νερό.
- Το ποσοστό των ερωτηθέντων, που χρησιμοποιεί φίλτρο νερού στην βρύση ανέρχεται λίγο πάνω από 65%

- Έχει παρατηρηθεί οικονομικό όφελος από τους καταναλωτές σε σύγκριση με το κόστος του νερού την εποχή που μεταφερόταν με υδροφόρα πλοία, και αυτό είναι κάτι που επιβεβαιώνεται από το κόστος ανά κυβικό που πλήρωναν οι καταναλωτές πριν και μετά την αφαλάτωση.

ΚΛΙΜΑΚΑ (m³)	ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (€)	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (€)
0-5	1,5	1,15
6-50	3,6	2,77
50+	4,5	4,12

Πίνακας 4.2 Πίνακας τιμολόγησης νερού στον Δήμο Ύδρας

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Σχηματοποίηση-Προσομοίωση

Υδροσυστήματος Ύδρας με το πρόγραμμα Υδρονομέας

Η σύγχρονη αντίληψη για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων προϋποθέτει μια ολιστική προσέγγιση, με στόχο την ποσοτικά αξιόπιστη, ποιοτικά και περιβαλλοντικά ασφαλή, όπως και οικονομικά πρόσφορη κάλυψη των υδατικών αναγκών, με κατάλληλη αξιοποίηση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού. Οι επιζητούμενοι τρόποι διαχείρισης πρέπει να χαρακτηρίζονται από ορθολογικότητα, δηλαδή να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι, αποδοτικότητα, δηλαδή να αξιοποιούν τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο δυνατό βαθμό, και βιωσιμότητα, δηλαδή να μην δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των σημερινών αναγκών.

Η βασική μεθοδολογική προσέγγιση στη διαχείριση υδατικών πόρων είναι η συστημική ανάλυση. Κύριο χαρακτηριστικό της διεργασίας αυτής είναι η διαδικασία αποδόμησης ενός συστήματος σε μικρότερα-απλούστερα μέρη. Μελετώντας τις σχέσεις και τον τρόπο αλληλεπίδρασης των επιμέρους στοιχείων μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους, αποσκοπεί στην αναγνώριση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος χωρίς λεπτομερειακή θεώρηση των σχέσεων και φυσικών διεργασιών που το διέπουν. (Μακρόπουλος 2012, Grigg 1996). Ως σύστημα ορίζεται το σύνολο ανεξάρτητων μεταξύ τους στοιχείων, το οποίο χαρακτηρίζεται από α) την ύπαρξη συνόρου, το οποίο καθορίζει αν ένα στοιχείο ανήκει στο σύστημα ή στο περιβάλλον, β) αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον της μορφής εισόδων και εξόδων (inputs - outputs) και, γ) ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και των εισόδων – εξόδων (Mays and Tung, 1992).

Ως υδροσύστημα (hydrosystem) νοείται ένα σύστημα αποτελούμενο από φυσικά υδάτινα σώματα και τεχνικά έργα, που συνεργαζόμενα εξυπηρετούν έναν ή περισσότερους σκοπούς, που αναφέρονται τόσο στην αξιοποίηση του νερού ως φυσικού πόρου, όσο και στην προστασία από την καταστροφική δράση του νερού ως φυσικού κινδύνου, τηρώντας παράλληλα μία σειρά από περιορισμούς (Ευστρατιάδης, κ.α. 2007). Τα γεωγραφικά όρια της περιοχής μελέτης αποτελούν το σύνορο του υπό εξέταση υδροσυστήματος.

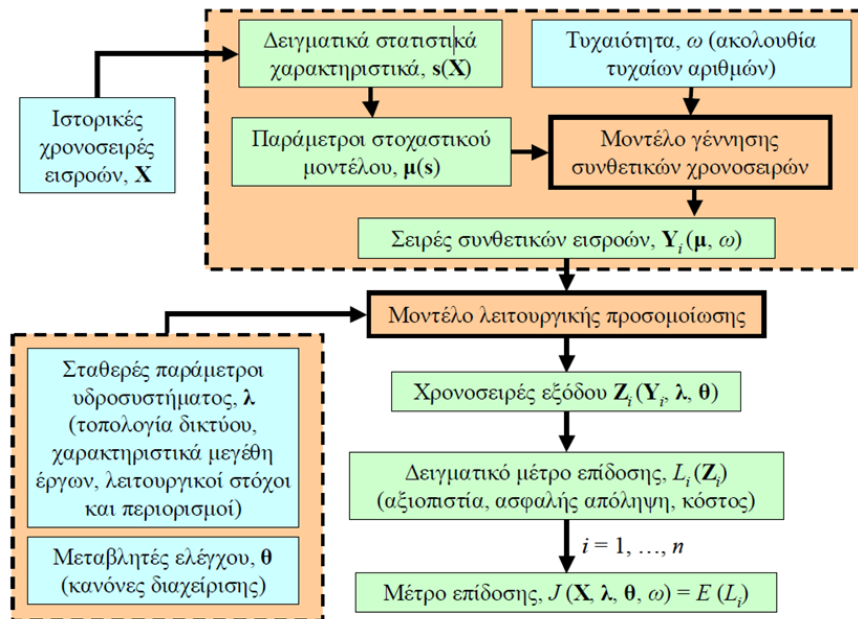
Η συνθετότητα των διαχειριστικών προβλημάτων οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων, όπως η μη γραμμική δυναμική των φυσικών διεργασιών, η ανάγκη ταυτόχρονης ικανοποίησης πολλαπλών και, συχνά, αντικρουόμενων στόχων και περιορισμών, που επιβάλλονται από ομάδες με διαφορετικά συμφέροντα, η αβεβαιότητα στην πρόβλεψη των υδρολογικών εισροών και, σε μικρότερο βαθμό, της ζήτησης, καθώς και η ανάγκη συγκερασμού της οικονομικότητας και του ρίσκου, και μάλιστα σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Τα παραπάνω επιβάλλουν μια συστημική προσέγγιση στη λήψη των αποφάσεων (Grigg, 1996), που επιτυγχάνεται με τη χρήση εξελιγμένων εργαλείων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Η προσομοίωση (simulation) ορίζεται ως η τεχνική μίμησης ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο (Winston, 1994). Καθώς η προσομοίωση δεν γίνεται ποτέ στο πρωτότυπο σύστημα, έμμεση απόρροια της διαδικασίας είναι η διαμόρφωση, ενός μοντέλου προσομοίωσης (simulation model). Τα μοντέλα μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: (α) ντετερμινιστικά και (β) στοχαστικά. Η διαφοροποίηση αυτή βασίζεται στο χαρακτήρα των παραμέτρων του μοντέλου, αλλά και των μεγεθών εισόδου ή απόκρισης. Στα μεν ντετερμινιστικά οι παράμετροι και οι εισοδοί (inputs) του μοντέλου είναι συγκεκριμένες, αυστηρά ορισμένες τιμές. Στα δε στοχαστικά, όλα τα μεγέθη που υπεισέρχονται στην ανάλυση είναι τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν ένα φάσμα κατανομών πιθανοτήτων. Η στοχαστική προσομοίωση είναι συγκριτικά περισσότερο ασφαλής μιας και μας κατευθύνει στη διερεύνηση ζητημάτων όπως η διαχείριση της αβεβαιότητας και η αποτίμηση του ρίσκου (ως μη δυνατότητα κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης) (Σ. Μίχας κ.α, 2017).

Το μοντέλο προσομοίωσης αποτελεί ένα σύνολο υποθέσεων για τη λειτουργία του συστήματος, εκφρασμένων υπό μορφή μαθηματικών ή/και λογικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος και συνήθως είναι κωδικοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού (Κουτσογιάννης, 2000). Θεωρητικά, ένα τέλειο μοντέλο, δεχόμενο τις διεγέρσεις του πραγματικού συστήματος, οφείλει να παράγει παρόμοια απόκριση με αυτό. Στην πραγματικότητα όμως τέλεια μοντέλα δεν υφίστανται, με την έννοια της τέλει απόκρισης στην πραγματικότητα. Ένα μοντέλο είναι εξ ορισμού ελλιπές (αρχής της ελλιπούς γνώσης) όπως αυτό συνεπάγεται από την αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg από την οποία απορρέει ότι η πληροφορία που μπορεί να λάβει ένα σύστημα ελέγχου είναι απαραίτητως ημιτελής (Μακρόπουλος, 2012). Η προσομοίωση εφαρμόζεται για την πιστή αναπαράσταση των διεργασιών. Ειδικότερα, αντιστοιχεί

πραγματικά οικονομικά μεγέθη καθώς και εικονικά κόστη στις συνιστώσες του δικτύου ώστε να τηρήσει τους φυσικούς περιορισμούς και τις προτεραιότητες των υδατικών χρήσεων, καθώς και να εξασφαλίσει τη μεταφορά του νερού από τις πηγές στην κατανάλωση από τη διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος. Επειδή, όπως, προαναφέραμε το μοντέλο προσομοίωσης δεν είναι τέλειο, έτσι είναι απόλυτα βέβαιο πως θα παρεισφρήσει πληθώρα σφαλμάτων και αβεβαιοτήτων στην κατασκευή ενός μοντέλου, γι' αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η διαδικασία της σχηματοποίησης για τον περιορισμό αυτών των σφαλμάτων.

Με τον όρο σχηματοποίηση (schematisation) εννοούμε τη διαδικασία μετασχηματισμού των συνιστωσών ενός φυσικού συστήματος σε συνιστώσες του μαθηματικού μοντέλου που αναπαριστά το εν λόγω σύστημα. Λόγω της δικτυακής δομής τους, η σχηματική διάταξη των συστημάτων υδατικών πόρων έχει συνήθως τη μορφή γράφου (graph), αποτελείται δηλαδή από κόμβους και κλάδους. Η σχηματοποίηση είναι μία διαδικασία, που αποτελεί ευθύνη του μηχανικού ή αναλυτή και πρέπει να γίνει πριν την κατάστρωση των εξισώσεων του μαθηματικού μοντέλου, και περιλαμβάνει τα εξής στάδια: την αφαίρεση, την τυποποίηση και την απλοποίηση (Karavokiros et al., 2002). Μέσα από αυτά τα στάδια περιορίζεται η πολυπλοκότητα του φυσικού συστήματος, επιτυγχάνεται η ενοποίηση στοιχείων με παρόμοια χαρακτηριστικά σε εννοιολογικά αντικείμενα (συνιστώσες) του μαθηματικού μοντέλου, αλλά και η σύμπτυξη περισσότερων συνιστωσών του συστήματος σε μία, εφόσον οι επιμέρους διαφορές στα χαρακτηριστικά τους δεν επηρεάζουν την λειτουργία του μοντέλου, ούτε τη διαχειριστική πρακτική. Μια επιτυχής σχηματοποίηση παρέχει την απαιτούμενη εποπτεία για την κατανόηση των διεργασιών και τη λήψη των αποφάσεων στο υδροσύστημα, ενώ εξοικονομεί σημαντικούς πόρους, τόσο όσον αφορά στον όγκο των δεδομένων που καλείται να εισάγει ο χρήστης όσο και όσον αφορά στον φόρτο των υπολογισμών.



Εικόνα 5.1 Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών ενός σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης (Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»)

Η υπολογιστική διαδικασία περιλαμβάνει δύο βασικά μοντέλα, τα οποία απεικονίζονται σε πλαίσιο με παχιά μαύρη γραμμή. Το πρώτο είναι το στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιείται για την γέννηση συνθετικών χρονοσειρών. Η δεύτερη συνιστώσα του σχήματος στοχαστικής προσομοίωσης είναι το μοντέλο λειτουργικής προσομοίωσης του υδροσυστήματος. Ο Υδρονομέας χρησιμοποιεί ως στοιχεία εισόδου τις παραμέτρους του συστήματος και τις συνθετικές χρονοσειρές εισροών που παράγονται από το στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο. Όσον αφορά στο στοχαστικό υδρολογικό μοντέλο, που γεννά τις συνθετικές χρονοσειρές, υλοποιείται από το πακέτο ΚΑΣΤΑΛΙΑ (Ευστρατιάδης κ.ά., 2005) (Ευστρατιάδης Α., Καραβοκυρός Γ, Κουτσογιάννης Δ. (2007)).










5.1 Το μοντέλο Υδρονομέας

Σύμφωνα με το τεύχος θεωρητικής τεκμηρίωσης του μοντέλου, «Ο Υδρονομέας αποτελεί ένα επιχειρησιακό εργαλείο για την διαχείριση σύνθετων συστημάτων υδατικών πόρων, που μπορεί να βρει εφαρμογή σε πληθώρα υδροσυστημάτων που περιλαμβάνουν ποτάμια, ταμιευτήρες, γεωτρήσεις, αντλιοστάσια, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δίκτυα υδραγωγείων, σημεία ζήτησης κ.α. Είναι εξελιγμένο εργαλείο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων, που ενσωματώνει πλήθος φυσικών, λειτουργικών, οικονομικών, διοικητικών και

περιβαλλοντικών πτυχών του νερού και δίνει σημαντικά συμπεράσματα για την απόκριση του συστήματος στους στόχους και στις ανάγκες του, εξετάζοντας διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Το πρόγραμμα προτείνει πολιτικές διαχείρισης, έχοντας ως βασικό κανόνα λειτουργίας την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας του υδροσυστήματος, αλλά και της διακινδύνευσης, όσον αφορά την ποσοτική και ποιοτική επάρκεια του νερού για κάθε χρήση. Η θεμελιώδης αρχή του Υδρονομέα είναι ότι συνδυάζει τις τεχνικές της προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης σε ένα ενιαίο πλαίσιο. Στην προσέγγιση που υιοθετείται στον Υδρονομέα η προσομοίωση εντάσσεται στη βελτιστοποίηση, καθώς τα αποτελέσματά της χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση του μέτρου επίδοσης του υδροσυστήματος, που αντιστοιχεί στη στοχική συνάρτηση του προβλήματος βελτιστοποίησης».

Επίσης στον Υδρονομέα, παρέχεται η δυνατότητα περιγραφής όλων των σημαντικών φυσικών και τεχνητών συνιστωσών ενός υδροσυστήματος, χωρίς περιορισμούς στην κλίμακα των έργων και τη γενική τους διάταξη. Έτσι αυτή η ευελιξία ως προς τη σχηματοποίηση επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων γραφικών εργαλείων, και δίνεται η δυνατότητα διαμόρφωσης δικτύων υδατικών πόρων οσοδήποτε σύνθετης τοπολογίας, που περιλαμβάνουν πολλαπλά σημεία προσφοράς και ζήτησης νερού και πολλαπλές διαδρομές μεταφοράς. Τέλος, υιοθετεί μια στοχαστική προσέγγιση, παρέχοντας προγνώσεις όλων των μεταβλητών του υδροσυστήματος (αποθέματα, παροχές, απολήψεις) στη βάση σεναρίων συνθετικών εισροών.

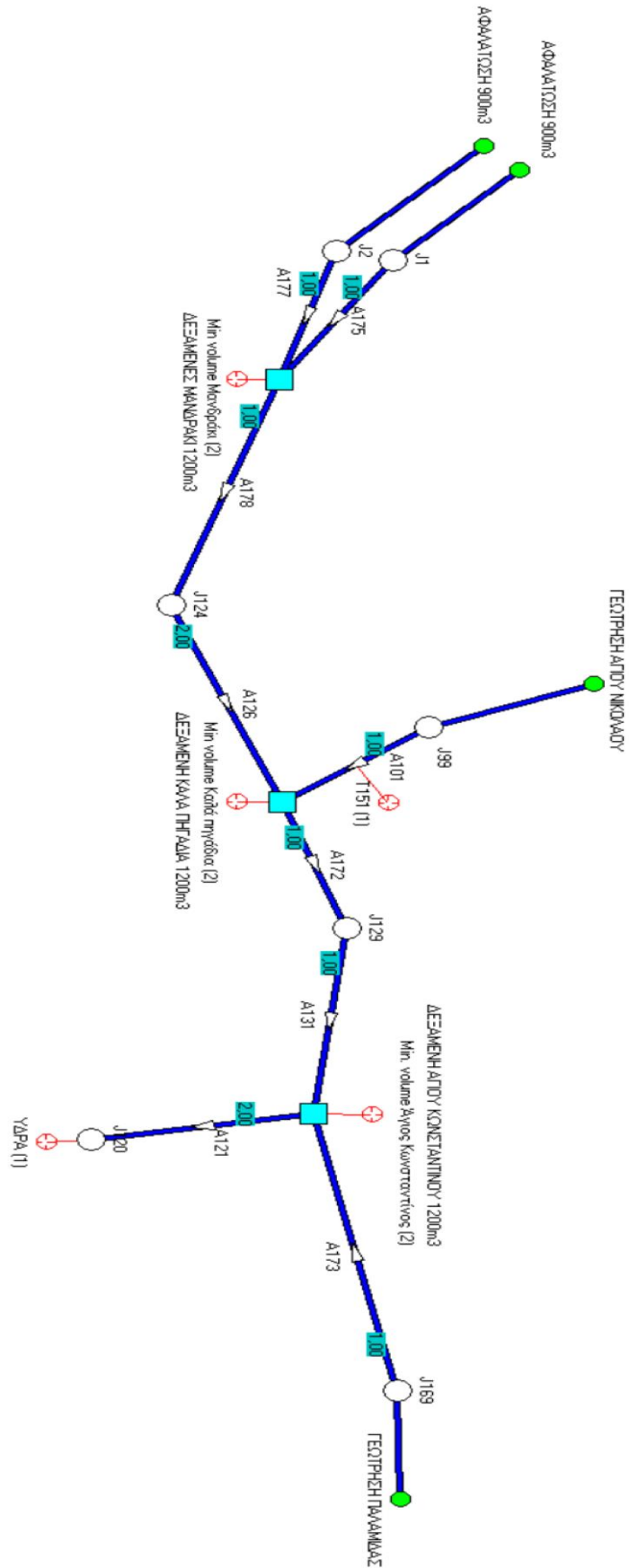
Το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι συνήθως ο σχεδιασμός του δικτύου και ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του. Γι' αυτό το λογισμικό μας δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής συνιστωσών, οι οποίες διακρίνονται σε αυτόνομες δηλαδή που μπορούν να υφίστανται ανεξάρτητα από την παρουσία άλλων και εξαρτημένες δηλαδή αυτές που συνδέονται απαραίτητα με κάποια ή κάποιες άλλες συνιστώσες (Ευστρατιάδης Α., Καραβοκυρός Γ, Κουτσογιάννης Δ., 2007).

Συνιστώσα	Κατηγορία	Συνιστώσες σύνδεσης
Υδατορεύματος (River) 	Εξαρτημένη	κόμβος υδατορεύματος ή ταμιευτήρας (ανάντη και κατάντη)
Στροβίλου (Turbine) 	Εξαρτημένη	Κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάντη και κατάντη)
Υδραγωγείου (Aqueduct) 	Εξαρτημένη	Κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάντη και κατάντη)
Αντλιοστασίου (Pump) 	Εξαρτημένη	Κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάντη και κατάντη)
Κόμβου (Junction) 	Αυτόνομη	-
Ταμιευτήρα (Reservoir) 	Αυτόνομη	-
Γεώτρηση (Borehole) 	Εξαρτημένη	κόμβος ή ταμιευτήρας
Εισροή στο δίκτυο (Inflow) 	Εξαρτημένη	κόμβος υδατορεύματος ή ταμιευτήρας
Στόχος (Target) 	Εξαρτημένη	κόμβος ή ταμιευτήρας ή υδραγωγείο ή υδατόρευμα ή στρόβιλος

Πίνακας 5.1 Συνιστώσες δικτύου του προγράμματος Υδρονομείας

5.2 Σχηματοποίηση συστήματος - Εισαγωγή δεδομένων

Μετά τον καθορισμό της τοπολογίας σε μορφή δικτύου, που αποτελεί το πρώτο στάδιο της σχηματοποίησης, ακολουθεί η εκτίμηση η οποία έγινε στο 3^ο κεφάλαιο και αμέσως εισαγωγή των δεδομένων της προσφοράς και ζήτησης νερού και η κατανομή τους στους κόμβους.



Εικόνα 5.2 Σχηματοποίηση 1^{ου} σεναρίου

Μια βασική συνιστώσα για το μοντέλο προσομοίωσης είναι ο ταμιευτήρας. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι ο ταμιευτήρας αντιπροσωπεύει ένα τεχνικό έργο αποθήκευσης επιφανειακών υδατικών πόρων, που οφείλει να έχει επαρκή χωρητικότητα, ώστε να επιτυγχάνεται ρύθμιση της ροής για χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο του μήνα. Για την περίπτωση της Ύδρας, όμως δεν ισχύει κάτι τέτοιο, μιας και έχουμε δεξαμενές που οι δυνατότητες τους είναι να καλύπτουν ημερήσιες υδατικές ανάγκες. Στη φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα, πρώτα πρέπει να συμπληρωθεί το βασικό φύλλο δεδομένων (Main), το οποίο αφορά στις διαστάσεις του ταμιευτήρα. Εν συνεχεία, εισάγονται τα στοιχεία για να δημιουργηθεί η καμπύλη στάθμης-όγκου-επιφάνειας, μέσα από την οποία θα πάρουμε τα φυσικά χαρακτηριστικά του/της ταμιευτήρα/δεξαμενής. Επόμενο στάδιο είναι η εκτίμηση των υδρολογικών δεδομένων εισόδου του μοντέλου (χρονοσειρές απορροών, βροχοπτώσεων και εξατμίσεων) και η εισαγωγή τους στο μοντέλο προσομοίωσης. Αυτά τα δεδομένα εισάγονται στο πεδίο χρονοσειρές (timeseries) στον ταμιευτήρα (reservoir) (Καραβοκυρός Γ, Ευστρατιάδης Α., Βαζίμας Ι., 2007).

	Code	Name	Start date	End date	Hydr. scenarios
Runoff [mm]	0		1/1/2014	1/12/2025	1
Rainfall [mm]	0		1/1/2014	1/12/2025	1
Evaporation [mm]	0		1/1/2014	1/12/2025	1

Εικόνα 5.3 Φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα, Χρονοσειρές

	Section: 1
2014/01	0,00
2014/02	0,00
2014/03	0,00
2014/04	0,00
2014/05	0,00
2014/06	0,00
2014/07	0,00
2014/08	0,00
2014/09	0,00
2014/10	0,00
2014/11	0,00
2014/12	0,00
2015/01	0,00
2015/02	0,00
2015/03	0,00
2015/04	0,00
2015/05	0,00
2015/06	0,00
2015/07	0,00

Εικόνα 5.4 Χρονοσειρά βροχοπτώσεων

Στην περίπτωση της Ύδρας αυτές οι χρονοσειρές είναι μηδενικές, διότι έχουμε κλειστές δεξαμενές και δεν έχουμε εισροές ή εκροές, αλλά και δεν επηρεάζονται από βροχοπτώσεις είτε από υπόγειες διαφυγές, και συνεπώς δεν έχουμε κάποια διαφοροποίηση που να επηρεάζει το σύστημά μας. Είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι η αξιοποίηση υδρολογικής πληροφορίας είναι μια διαδικασία περίπλοκη και χρησιμοποιούνται και άλλα υπολογιστικά εργαλεία (Υδρογνώμων, Κασταλία).

Δεξαμενές Αποθήκευσης Νερού	Χωρητικότητα
ΜΑΝΔΡΑΚΙ	2 x 600 m³
ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ	2 x 600 m³
ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	600 m³

Πίνακας 5.2 Δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού

Στη συνέχεια εισάγουμε τα δεδομένα των κόμβων προσφοράς, τα οποία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα. Για την ακριβέστερη προσομοίωση του συστήματος, επιλέχθηκε η μονάδα αφαλάτωσης των 1800 m³ να χωριστεί σε 2 μονάδες αφαλάτωσης των 900 m³. Άλλωστε και στην πραγματικότητα, υπάρχουν δύο μονάδες αντίστροφης

ώσμωσης. Επίσης η γεώτρηση Παλαμίδας, είναι ενεργή αλλά ακόμη δεν έχει συνδεθεί ακόμη με το υπόλοιπο δίκτυο (έχει προκηρυχθεί διαγωνισμός για την υλοποίηση του έργου σύνδεσης με το υπόλοιπο δίκτυο).

Κόμβος Προσφοράς Νερού	Κατηγορία	Ημερήσια Δυναμικότητα
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΟΝΑΔΑ 1 ^Η	Water supply	900 m ³
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΟΝΑΔΑ 2 ^Η	Water supply	900 m ³
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	Water supply	400 m ³
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑΣ	Water supply	500 m ³

Πίνακας 5.3 Κόμβοι προσφοράς νερού στο νησί της Ύδρας

Επόμενη συνιστώσα του μοντέλου προσομοίωσης είναι ο κύριος κόμβος προσφοράς του συστήματος, οι μονάδες αφαλάτωσης. Επειδή το πρόγραμμα δεν έχει σαν συνιστώσα μονάδα αφαλάτωσης, για την ακριβέστερη προσομοίωση στο μοντέλο, οι μονάδες αφαλάτωσης απεικονίζονται ως γεωτρήσεις.

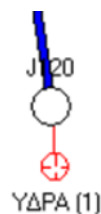


Εικόνα 5.5 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου μονάδας αφαλάτωσης

Ένας άλλο κόμβος προσφοράς του συστήματος είναι οι γεωτρήσεις Αγίου Νικολάου και Παλαμίδας, ημερήσιας δυναμικότητας 400 m³ και 500 m³ αντίστοιχα.

Εικόνα 5.6 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου γεώτρησης Αγίου Νικολάου

Τελευταίο στάδιο και πιο σημαντικό της διαδικασίας σχηματοποίησης είναι ο καθορισμός των στόχων και περιορισμών του συστήματος και των κανόνων λειτουργίας του. Οι στόχοι εντάσσονται σε ένα σύστημα προτεραιοτήτων που ορίζονται από τον χρήστη του προγράμματος, προκειμένου να εξυπηρετούνται οι στόχοι με σειρά προτεραιότητας.



Εικόνα 5.7 Απεικόνιση στόχου ύδρευσης Ύδρας

Στόχοι	Κατηγορία	Προτεραιότητα Στόχου
Λειτουργία Γεωτρήσεων	Max flow	1
Ύδρευση νησιού	Water supply	1
Βλάβη	Max flow	1
Στάθμη δεξαμενών	Min volume	2

Πίνακας 5.4 Συνοπτικός πίνακας στόχων προσομοίωσης

Πιο συγκεκριμένα, 1^η σειρά προτεραιότητας έχουν η ύδρευση (water supply) του νησιού, αλλά και η λειτουργία βοηθητικών στόχων, όπως η λειτουργία των γεωτρήσεων και η βλάβη των σεναρίων 3 και 4. Η χρήση αυτών των στόχων έγινε για την

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

ακριβέστερη αποτύπωση της λειτουργίας του συστήματος, αλλά και την εξυπηρέτηση των σεναρίων 3 και 4. Τέλος, τέθηκε στόχος ελάχιστης στάθμης στις δεξαμενές, με σειρά προτεραιότητας 2.

Target

General | Data

Name (Show) YΔΡΑ

Category Water supply

Node J120

Return node None

Description

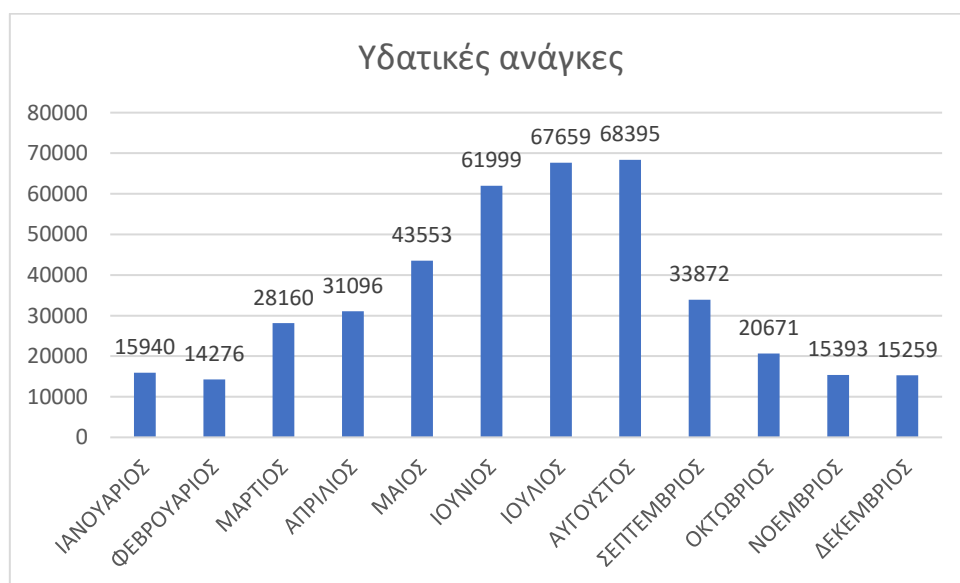
Constant target value 0,000972 hm3/Month

Target priority 1

Return ratio 0

OK Cancel

Εικόνα 5.8 Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων στόχου Ύδρευσης



Εικόνα 5.9 Μηνιαίες Υδατικές ανάγκες Ύδρας (σε m³)

Initial values												
Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm3	0,01593951	0,01427604	0,02815971	0,0310962	0,0435531	0,0619986	0,0676587	0,0683953	0,0338718	0,0206714	0,015393	0,0152588

Specific values												
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

Εικόνα 5.10 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων στόχου ύδρευσης Ύδρας

Επίσης, ο Υδρονομέας προσφέρει τη δυνατότητα χρονικής διαφοροποίησης ενός στόχου, έτσι ώστε η προσομοίωση να ανταποκρίνεται σε διάφορες καταστάσεις, όπως προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησης νερού, εποχιακή διαφοροποίηση του επιθυμητού εύρους διακύμανσης στάθμης ταμιευτήρων κ.ά. Γι' αυτό και στον στόχο ύδρευσης, εισήχθησαν τα δεδομένα που υπολογίστηκαν στο 3^ο κεφάλαιο, ανά μήνα, και δεν υπάρχει σταθερός στόχος. Από το παραπάνω γράφημα (εικόνα 5.9) βλέπουμε την αύξηση των υδατικών αναγκών την καλοκαιρινή περίοδο.

5.3 Προσομοίωση συστήματος με χρήση του Υδρονομέα

Σε αυτή την υποενότητα θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση του υδροσυστήματος της Ύδρας σε διάφορες συνθήκες, προκειμένου να γίνει έλεγχος αν οι υπάρχοντες κόμβοι προσφοράς, δηλαδή η εγκατάσταση αφαλάτωσης και οι γεωτρήσεις εξυπηρετούν τις ανάγκες του νησιού, αλλά και ποιες συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν το σύστημα. Οι προσομοιώσεις στα σενάρια 1 έως και 4 θα πραγματοποιηθούν σε ένα χρονικό πλαίσιο 12-ετίας και συγκεκριμένα στα έτη 2014-2025, όταν και ολοκληρώνεται η σύμβαση με την ιδιωτική εταιρεία. Τα σενάρια 5 και 6 θα έχουν χρονικό ορίζοντα 10-ετίας. Παρακάτω, ακολουθεί η παρουσίαση των σεναρίων:

1^ο Σενάριο: Θα εξεταστεί το σύστημα σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Δηλαδή θα λειτουργεί όλο το χρόνο η αφαλάτωση και τους μήνες αιχμής (Ιούνιος έως και Αύγουστος) και η γεώτρηση του Αγίου Νικολάου.

2° Σενάριο: Στο σενάριο αυτό θα τεθεί σε διακοπή η λειτουργία των γεωτρήσεων, προκειμένου να δούμε αν η λειτουργία και μόνο της εγκατάστασης αφαλάτωσης μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του νησιού.

3° Σενάριο: Θα εξεταστεί το σύστημα, σε περίπτωση που προκύψει κάποια βλάβη σε μία από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης, σε περίοδο αιχμής (π.χ μήνα Ιούνιο) ώστε να δούμε αν μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες από την άλλη μονάδα αφαλάτωσης και την γεώτρηση Αγίου Νικολάου.

4° Σενάριο: Εναλλακτικό σενάριο του 3ου. Θα δημιουργήσουμε μια πιθανή βλάβη σε μία από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης τον μήνα Φεβρουάριο, που δεν είναι μήνας αιχμής.

5° Σενάριο: Αν σε μια μελλοντική αύξηση του πληθυσμού κατά 1,3% το χρόνο σε βάθος δεκαετίας, θα μπορούν να καλυφθούν με την υπάρχουσα γεώτρηση και την εγκατάσταση αφαλάτωσης οι ανάγκες του νησιού.

6° Σενάριο: Εναλλακτικό σενάριο του 5ου. Αν σε μια μελλοντική αύξηση του πληθυσμού κατά 1,3% το χρόνο σε βάθος δεκαετίας, θα μπορούν να καλυφθούν με την έναρξη λειτουργίας της γεώτρησης Παλαμίδας.

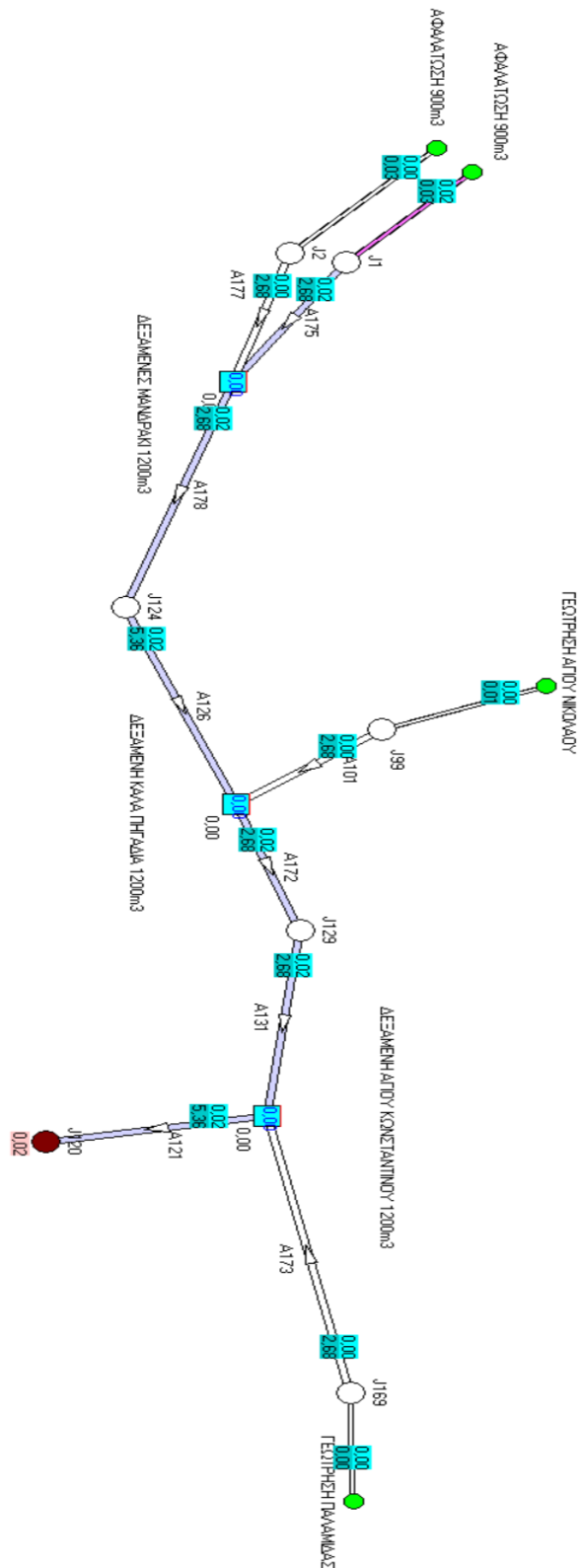
7° Σενάριο: Σε αυτό το σενάριο το σύστημα θα εξεταστεί αν μπορεί να επιτύχει τους στόχους που έχουν τεθεί με μείωση κατά 5% της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Ο πληθυσμός θα είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε στα σενάρια 5 και 6, ενώ τίθεται και εκτός λειτουργίας η γεώτρηση της Παλαμίδας.

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΜΗΝΕΣ (ΒΗΜΑΤΑ)	1 ^η ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	2 ^η ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ (ΜΗΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΙΟΥΝΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ)	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑΣ
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	144	✓	✓	✓	-
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	144	✓	✓	-	-
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΒΛΑΒΗ 1 ^{ης} ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΤΟΝ ΙΟΥΝΙΟ ΤΟΥ 2022	144	-	✓	✓	-
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	ΒΛΑΒΗ 1 ^{ης} ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΤΟΝ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ ΤΟΥ 2022	144	-	✓	✓	-
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΚΑΤΑ 1,3% ΚΑΘΕ ΕΤΟΣ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 10ΕΤΙΑΣ	120	✓	✓	✓	-
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	ΣΥΝΔΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΠΑΛΑΜΙΔΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	120	✓	✓	✓	✓
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑ 5% ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	120	✓	✓	✓	-

Πίνακας 5.5 Επεξηγηματικός πίνακας σεναρίων προσομοίωσης

5.3.1 Σενάριο 1ο



Εικόνα 5.11 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης

Σε αυτό το σενάριο, το σύστημα λειτουργεί με τις πραγματικές συνθήκες, δηλαδή οι μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν κανονικά όλο τον χρόνο, ενώ η γεώτρηση του Αγίου Νικολάου λειτουργεί την περίοδο αιχμής. Στα δεδομένα εισαγωγής χρησιμοποιούνται τα δεδομένα που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3 όσον αφορά τους κόμβους προσφοράς αλλά και τις ανάγκες της ζήτησης.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000
3) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	1.000	1.000	12	0.000	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΑ 1200m ³ - N	0.000	0.000	0	0.000	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m ³ - Min	0.000	0.000	0	0.000	-	-

Εικόνα 5.12 Στιγμιότυπο αποτελεσμάτων στόχων Σεναρίου 1

Προτού συνεχίσουμε την περαιτέρω ανάλυση των σεναρίων, πρέπει να επεξηγήσουμε το τι δείχνουν οι στήλες και οι γραμμές στον παραπάνω πίνακα ή αλλιώς φόρμα αστοχίας (εικόνα 5.12), ο οποίος αποτελεί την πρώτη ένδειξη για το εάν το σύστημα μας αστοχεί. Με τον όρο αστοχία νοείται η μη ικανοποίηση της ζητούμενης ποσότητας, σε κάποιο χρονικό βήμα (τα χρονικά βήματα είναι μηνιαία). Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, το μοντέλο καταμετρά τα χρονικά βήματα στα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή κάθε στόχου, και υπολογίζει το αντίστοιχο έλλειμμα (στην περίπτωση στόχων κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας, και περιορισμών ελάχιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και ελάχιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα) ή υπέρβαση (στην περίπτωση περιορισμών μέγιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και μέγιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατορεύμα). Παρακάτω αναφέρονται τα περιεχόμενα τις κάθε στήλης του πίνακα αστοχιών:

1η στήλη (Target): Η ονομασία του στόχου/περιορισμού.

2η στήλη (Mean annual failure): Εκφράζει την μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας, δηλαδή το ποσοστό των χρονικών περιόδων (ετών) κατά τις οποίες δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου ως προς το σύνολο των

προσομοιωμένων περιόδων, δηλαδή το συνολικό μήκος της προσομοίωσης σε έτη.

3η στήλη (Max. annual failure): Εκφράζει την μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος το αντίστοιχο ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων στα οποία δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου. Η πιθανότητα αυτή είναι εξ ορισμού μεγαλύτερη ή ίση σε σχέση με την αντίστοιχη μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας. Ο δείκτης μέγιστης ετήσιας αστοχίας χρησιμεύει στην περίπτωση που εξετάζονται περισσότερα υδρολογικά σενάρια (καταληκτική προσομοίωση), διαφορετικά, στην προσομοίωση μόνιμης κατάστασης, παίρνει τιμές 0 ή 1.

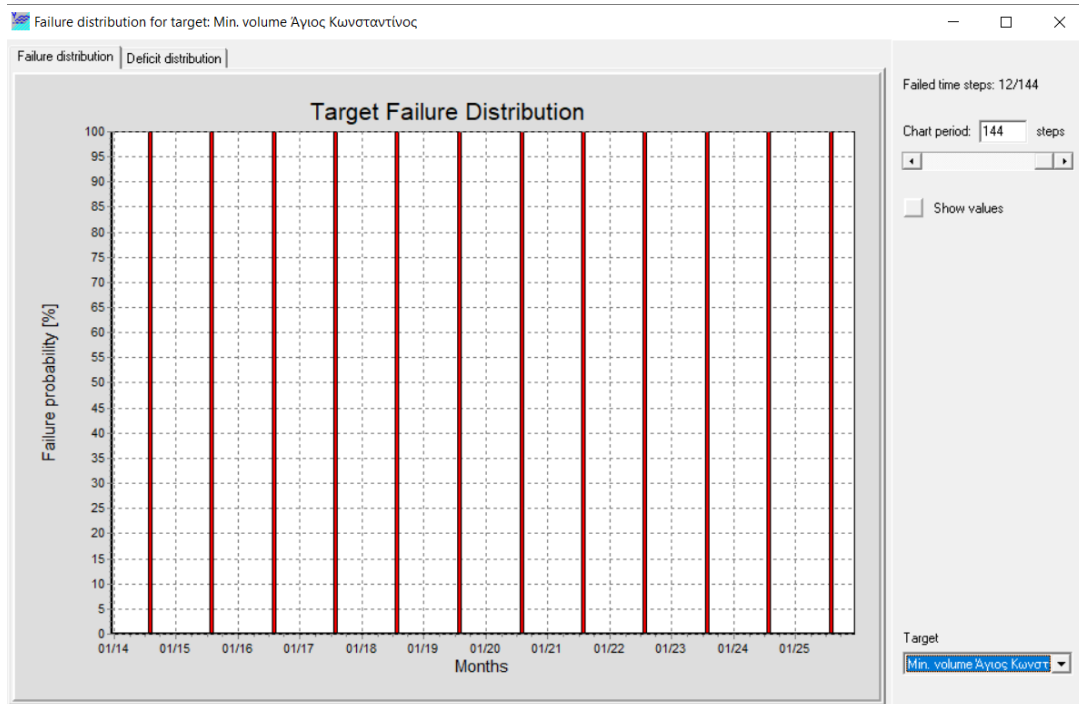
4η στήλη (Failed time steps): Εκφράζει τον αριθμό άστοχων χρονικών βημάτων, δηλαδή τον αριθμό των μηνών κατά τους οποίους δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου.

5η στήλη (Mean annual deficit): Εκφράζει το μέσο ετήσιο έλλειμμα, δηλαδή την μέση απόκλιση από την ετήσια τιμή-στόχο καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

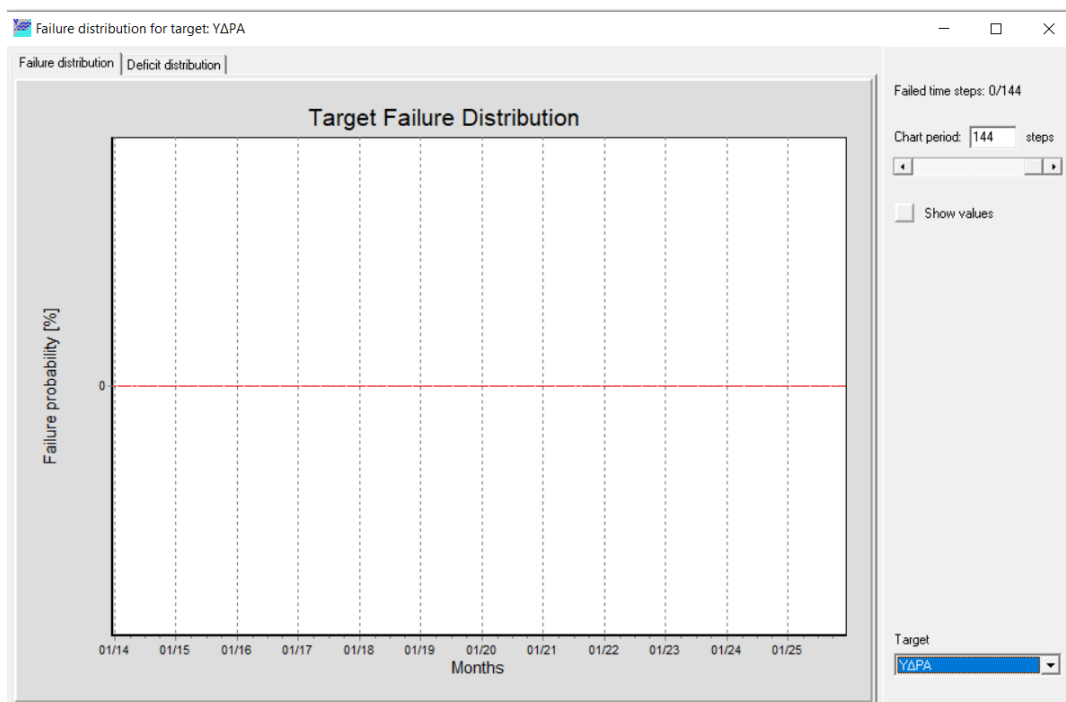
6η στήλη (Max. annual deficit): Εκφράζει το μέγιστο ετήσιο έλλειμμα, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος την μέση απόκλιση από την αντίστοιχη ετήσια τιμή-στόχο του συνόλου των υδρολογικών σεναρίων.

Όπως φαίνεται από την εικόνα 5.12, ο μοναδικός στόχος που αστοχεί είναι αυτός της ελάχιστης στάθμης στην δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου, ο οποίος δεν ικανοποιείται συνολικά σε 12 βήματα από τα 144 που έγινε η προσομοίωση. Η αστοχία παρουσιάζεται τον μήνα Αύγουστο, που είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη ζήτηση, όπως φαίνεται στην φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (εικόνα 5.13). Ο βασικός στόχος που είναι ο ύδρευση του νησιού, επιτυγχάνεται απόλυτα.

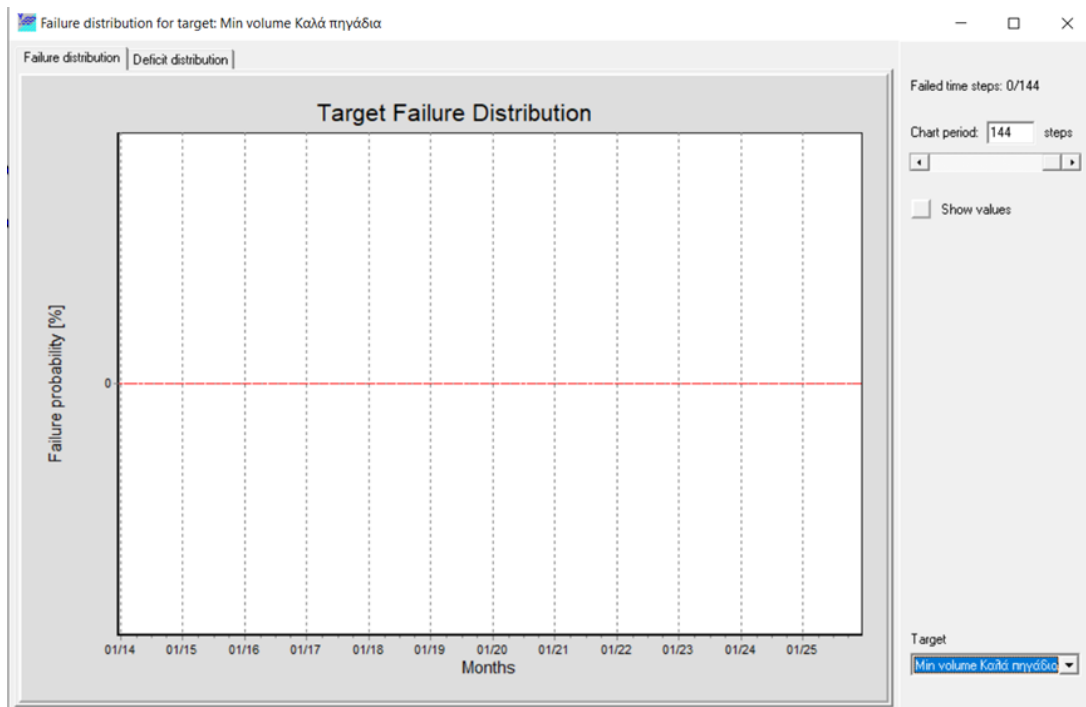
Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022



Εικόνα 5.13 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος min. Volume Άγιος Κωνσταντίνος)



Εικόνα 5.14 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητα αστοχίας στόχων (Στόχος ύδρευσης Ύδρα)



Εικόνα 5.15 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Καλά πηγάδια)

Σε αντίθεση με τη φόρμα συνολικής αστοχίας, η πρόγνωση της χρονικής κατανομής της πιθανότητας αστοχίας δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να εντοπίσει τα χρονικά πλαίσια πιθανής ανεπάρκειας του συστήματος. Η φόρμα δίνει σε μορφή γραφήματος την πρόγνωση πιθανότητας αστοχίας για κάθε μήνα της προσομοιωμένης περιόδου και κάθε στόχο που έχει θέσει ο χρήστης. Η πιθανότητα αστοχίας υπολογίζεται εμπειρικά, ως το ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων για τα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή του στόχου. Στο κάτω δεξί μέρος της φόρμας ο χρήστης επιλέγει από το πτυσσόμενο μενού (Target) τον στόχο, ενώ με τη μπάρα κύλισης μπορεί να περιορίσει τον χρονικό ορίζοντα του γραφήματος (Chart period). Στην εικόνα 5.14 παρουσιάζεται η φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχιών στόχων για το στόχο ύδρευσης της Ύδρας, ενώ ίδια εικόνα (εικόνα 5.15) παρουσιάζουν και οι αντίστοιχες φόρμες πρόγνωσης για τους υπόλοιπους στόχους που δεν παρουσιάζουν αστοχία.

Η φόρμα ισοζυγίων (εικόνα 5.16) αποτελείται από τέσσερα φύλλα και τέσσερις αντίστοιχους πίνακες ισοζυγίων, το υδατικό ισοζύγιο ταμιευτήρων (reservoirs) που συνοψίζει όλες τις εισόδους και εξόδους των ταμιευτήρων, το υδατικό ισοζύγιο κόμβων (Nodes) το οποίο αφορά τις εισόδους και εξόδους των κόμβων υδραγωγείων και υδατορευμάτων, το υδατικό ισοζύγιο υδραγωγείων και υδατορευμάτων (Conduits) και τέλος το ενεργειακό ισοζύγιο (Energy) που αναφέρεται στην κατανάλωση και παραγωγή

ενέργειας κατά τη μεταφορά νερού από τους πόρους στα σημεία χρήσης νερού. Τα ισοζύγια αφορούν στους μέσους όρους χρονικών βημάτων (μηνών) κατά την προσομοίωση με τον πλέον πρόσφατο κανόνα λειτουργίας.

Balance sheets

Reservoirs | Nodes | Conduits | Energy

	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3	TOTAL
Subcatchment runoff				0.000
Rainfall				0.000
Aqueduct inflow	0.035 (0.020)	0.035 (0.020)	0.032 (0.015)	0.101
River inflow				0.000
Aquifer inflow				0.000
External inflow				0.000
Returned water				0.000
Leakage				0.000
Evaporation				0.000
Aqueduct outflow	0.035 (0.020)	0.035 (0.020)	0.032 (0.015)	0.101
River outflow				0.000
Water supply				0.000
Irrigation				0.000
Spill				0.000
System loss				0.000
Storage usage		0.000		0.000
Verification	0.000	0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	4.600	3.898 (0.341)	4.600	
Mean storage [hm3]	0.001	0.001	0.001	

Εικόνα 5.16 Φόρμα ισοζυγίου ταμιευτήρων-δεξαμενών (Σενάριο 1)

Στο 1ο φύλλο της φόρμας ισοζυγίων αναλύεται το υδατικό ισοζύγιο κάθε ταμιευτήρα. Όλες οι τιμές πλην της στάθμης αναφέρονται σε εκ. κυβικά μέτρα και αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις. Συγκεκριμένα, ο πίνακας περιλαμβάνει στην πρώτη σειρά τους ταμιευτήρες του υδροσυστήματος, ενώ στις επόμενες σειρές αναγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία:

Είσοδοι

- Subcatchment runoff: Εισροή στον ταμιευτήρα από την λεκάνη απορροής του.
- Rainfall: Επιφανειακή βροχόπτωση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- Aqueduct inflow: Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδραγωγεία.
- River inflow: Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδατορεύματα.
- Aquifer inflow: Συνολικές εισροές από γεωτρήσεις.
- External inflow: Συνολικές εισροές από άλλες εξωτερικές πηγές.
- Returned water: Συνολική επιστροφή νερού στο υδροσύστημα μέσω του ταμιευτήρα ύστερα από χρήση για την εξυπηρέτηση στόχων κατανάλωσης νερού.

Εξοδοι (σε γκρι φόντο)

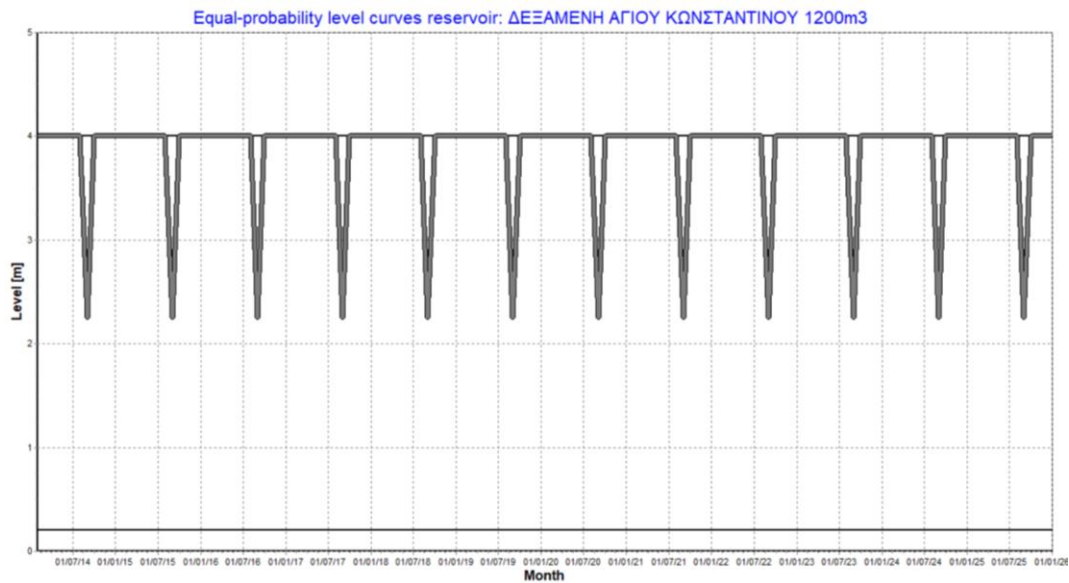
- Leakage: Υπόγειες διαφυγές.

- Evaporation: Επιφανειακή εξάτμιση.
- Aqueduct outflow: Συνολικές εκροές σε κατάντη υδραγωγεία.
- River outflow: Συνολικές εκροές σε κατάντη υδατορεύματα.
- Water supply: Συνολική κατανάλωση νερού για ύδρευση.
- Irrigation: Συνολική κατανάλωση νερού για άρδευση.
- Spill: Υπερχειλίσσεις από τον ταμιευτήρα.
- System loss: Απώλειες από το σύστημα.
- Storage usage: Το ισοζύγιο κλείνει η (θετική ή αρνητική) διαφορά όγκου μεταξύ έναρξης και λήξης της προσομοίωσης

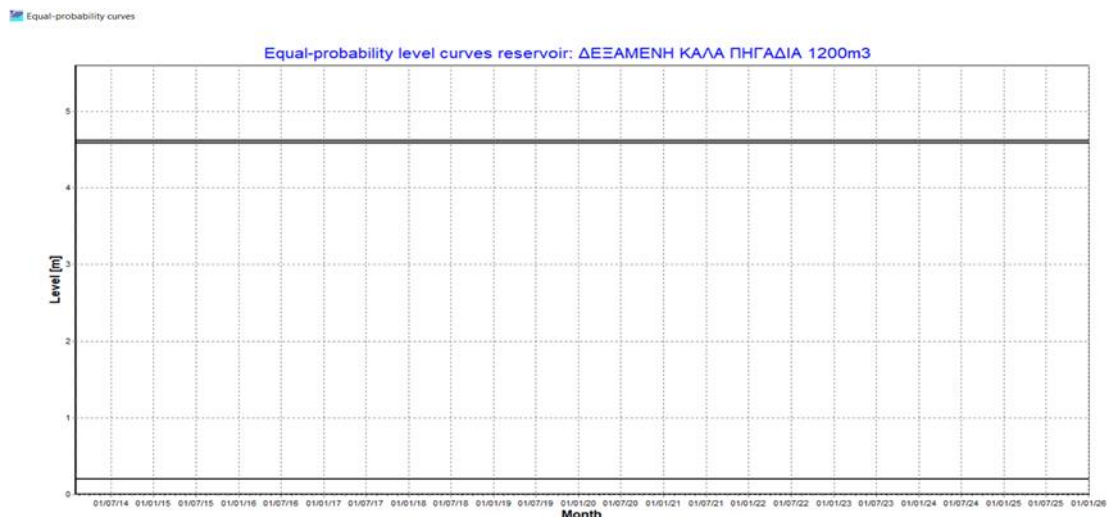
Στο κάτω μέρος του πίνακα ισοζυγίων δίνεται το μέσο απόθεμα και η μέση στάθμη των ταμιευτήρων (σε μέτρα) κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, επειδή η Ύδρα έχει δεξαμενές που οι εισροές και οι εκροές είναι συγκεκριμένες και δεν επηρεάζονται από τις βροχοπτώσεις, υπόγειες διαρροές ή την εξάτμιση.

Στο 4ο και τελευταίο φύλλο της φόρμας που μας ενδιαφέρει αναλύεται η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας κατά την λειτουργία του υδροσυστήματος. Συγκεκριμένα ο πίνακας διακρίνεται σε τρία μέρη: α) στους στροβίλους (Turbines), β) στα αντλιοστάσια (Pumps) και γ) στις γεωτρήσεις/ομάδες γεωτρήσεων (Borehole groups). Οι δύο τελευταίες κατηγορίες αποτελούν καταναλωτές ενέργειας, ενώ η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στην παραγωγή της. Όλες οι τιμές αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις.

Στην εικόνα 5.17 βρίσκεται η πρόγνωση στάθμης της δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου. Η διακύμανση που παρατηρείται οφείλεται στο γεγονός, ότι δεν επιτυγχάνεται ο στόχος που έχει τεθεί για τη δεξαμενή. Στην Ύδρα οι δεξαμενές έχουν σαν στόχο να εξυπηρετούν τις ημερήσιες ανάγκες του νησιού και δεν υπάρχει κάποια διακύμανση. Παράλληλα όμως, υπάρχει σύστημα τηλεμετρίας για τον έλεγχο της στάθμης των δεξαμενών, ώστε να γεμίζουν και να έχουν μια σταθερή στάθμη. Η καμπύλη στο διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης αποτυπώνει το ύψος της στάθμης στη δεξαμενή, και όταν είναι επίπεδη, δείχνει ότι δεν μεταβάλλεται η στάθμη στη δεξαμενή. Τέτοια εικόνα παρατηρείται στις δεξαμενές στα Καλά πηγάδια και στο Μανδράκι, στις όποιες κατά την προσομοίωση δεν παρατηρείται κάποια αστοχία (Καραβοκυρός Γ, Ευστρατιάδης Α., Βαζίμας Ι., 2007) (εικόνα 5.18).



Εικόνα 5.17 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου



Εικόνα 5.18 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια

Στη φόρμα της εικόνα 5.19 παρουσιάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο. Στη φόρμα αυτή παρατίθενται οι κόμβοι προσφοράς νερού, η ποσότητα νερού που πρόσφερε ο κάθε κόμβος, πόση ενέργεια καταναλώθηκε για την παραγωγή αυτής της ποσότητας νερού από το σύστημα, αλλά και το πόσο κόστισε για να παροχετευθεί ο κάθε κόμβος το νερό που χρειάστηκε στο σύστημα. Στο πεδίο Specific energy η ειδική ενέργεια έχει μονάδα μέτρησης kWh/m³ για τις γεωτρήσεις και GWh/hm⁴ για τους στροβίλους και τα αντλιοστάσια. Στο τέλος αναφέρεται η συνολική ποσότητα νερού που παρείχε το σύστημα, η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε αλλά και το συνολικό κόστος που χρειάστηκε προκειμένου να παροχετευθεί το νερό στο σύστημα. Όπως και στους ταμειωτήρες, έτσι και εδώ οι τιμές αναφέρονται στις μέσες μηνιαίες τιμές, ενώ η

παρεχόμενη ποσότητα νερού μετριέται σε hm³ και η κατανάλωση ενέργειας σε GWh (Καραβοκυρός Γ, Ευστρατιάδης Α., Βαζίμας Ι., 2007). Σημαντικό να αναφερθεί ότι το κόστος στις μονάδες αφαλάτωσης δεν αναφέρεται στο κόστος πώλησης του νερού στον Δήμο από την ιδιωτική εταιρεία, αλλά το ενεργειακό κόστος. Το αφαλατωμένο νερό πωλείται στον Δήμο Ύδρας στην τιμή των 1,19 ευρώ πλέον Φ.Π.Α.

Balance sheets

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy			
	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Activation perc.
TURBINES						
SUB TOTAL		0.000		0.000		
PUMPING STATIONS						
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000	
BOREHOLE GROUPS						
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m ³	3.000	0.015 (0.010)	0.046 (0.030)		1.311 (0.853)	0.806
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m ³	3.000	0.016 (0.012)	0.049 (0.037)		1.375 (1.053)	0.694
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚ	1.600	0.003 (0.005)	0.005 (0.009)		0.261 (0.453)	0.250
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑ	1.600					
SUB TOTAL		0.035	0.100		2.947	
TOTAL		0.035	0.100	0.000	2.947	

Εικόνα 5.19 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου (Σενάριο 1)

Το κόστος της ενέργειας για την λειτουργία όλων των κόμβων προσφοράς νερού ανέρχεται στα 2947 ευρώ το μήνα κατά μέσο όρο, ενώ η κατανάλωση ενέργειας φτάνει τα 0.100GWh.

5.3.2 Σενάριο 2

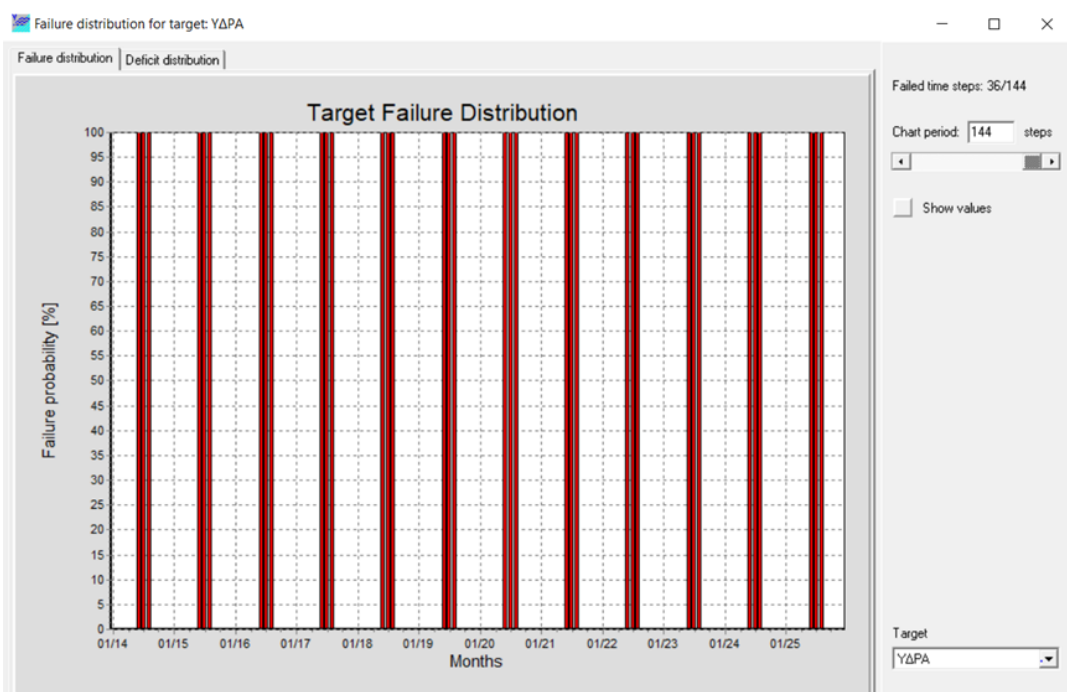
Σε αυτό το σενάριο αξιοποιήθηκε το λογισμικό Υδρονομέας, για να εξεταστεί η συμμετοχή της γεώτρησης κατά την περίοδο αιχμής στην υδροδότηση του Ύδρας, δηλαδή αν επιτυγχάνεται ο πρωταρχικός στόχος που είναι η ύδρευση. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διακοπή, προστέθηκε ένας στόχος (Target) στην παροχτευτικότητα με τιμή μηδέν (0) του αγωγού, που συνδέει την γεώτρηση με την δεξαμενή στα Καλά πηγάδια, προκειμένου να μπλοκαριστεί η λειτουργία της γεώτρησης του Αγίου Νικολάου, χωρίς να γίνει επέμβαση στην αρχική σχηματοποίηση.

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	1.000	1.000	36	0.030	0.030	0.013
3) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	1.000	1.000	36	0.002	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m ³ - Η	1.000	1.000	36	0.003	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m ³ - Min.	1.000	1.000	36	0.003	-	-

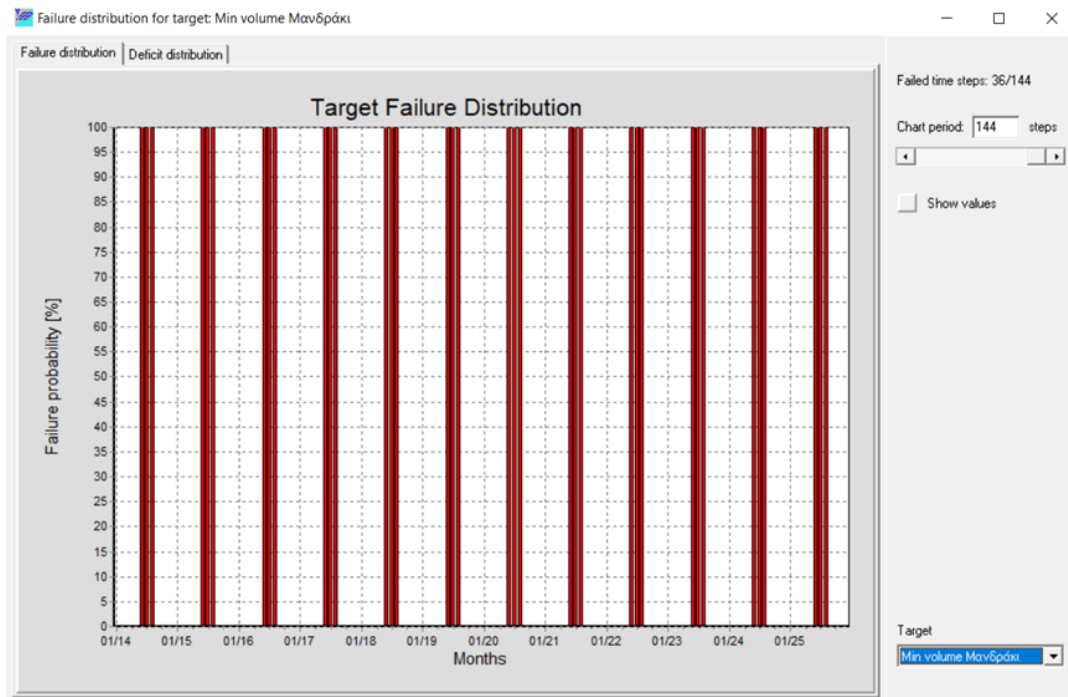
Εικόνα 5.20 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 2^ο Σεναρίου

Όπως φαίνεται από την εικόνα 5.20 που αναγράφονται τα αποτελέσματα των στόχων, ο στόχος ύδρευσης της Ύδρας αλλά και της ελάχιστης στάθμης των ταμιευτήρων-δεξαμενών δεν επιτυγχάνεται συνολικά 36 φορές στην διάρκεια της προσομοίωσης του συστήματος. Αυτό αποδεικνύει, ότι είναι απαραίτητη η λειτουργία της γεώτρησης του Αγίου Νικολάου, προκειμένου να μην αστοχεί το σύστημα.



Εικόνα 5.21 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 2^ο Σεναρίου (Στόχος ύδρευσης Ύδρα)

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022



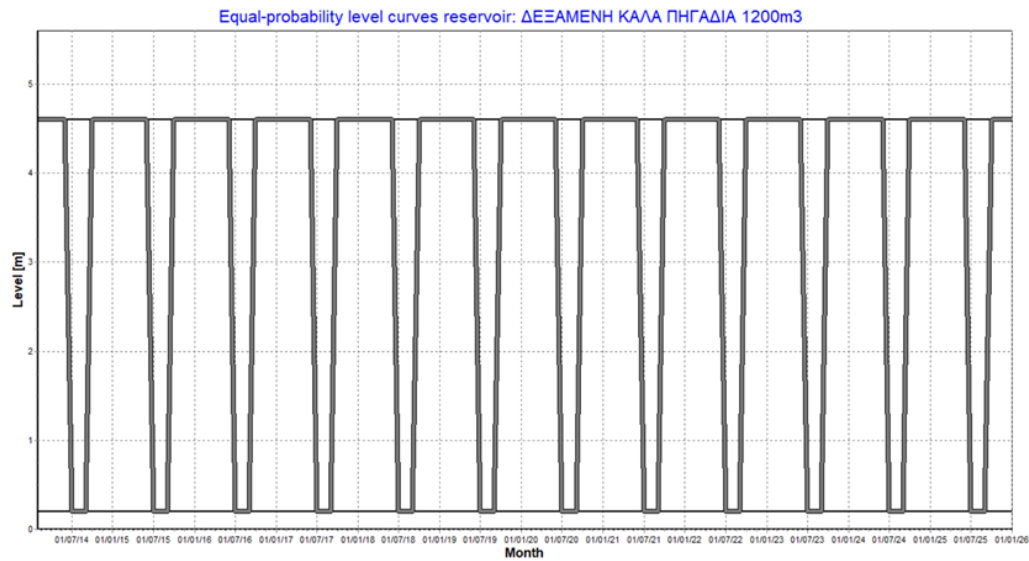
Εικόνα 5.22 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 2^{ου} Σεναρίου (Στόχος Min. Volume Μανδράκι)

Balance sheets				
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy	
	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 1	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3	TOTAL
Subcatchment runoff				0.000
Rainfall				0.000
Aqueduct inflow	0.032 (0.016)	0.032 (0.016)	0.032 (0.016)	0.096
River inflow				0.000
Aquifer inflow				0.000
External inflow				0.000
Returned water				0.000
Leakage				0.000
Evaporation				0.000
Aqueduct outflow	0.032 (0.016)	0.032 (0.016)	0.032 (0.016)	0.096
River outflow				0.000
Water supply				0.000
Irrigation				0.000
Spill				0.000
System loss				0.000
Storage usage	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000
Verification	0.000	-0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	3.500 (1.912)	3.050 (1.651)	3.500 (1.912)	
Mean storage [hm3]	0.001 (0.001)	0.000 (0.000)	0.001 (0.001)	

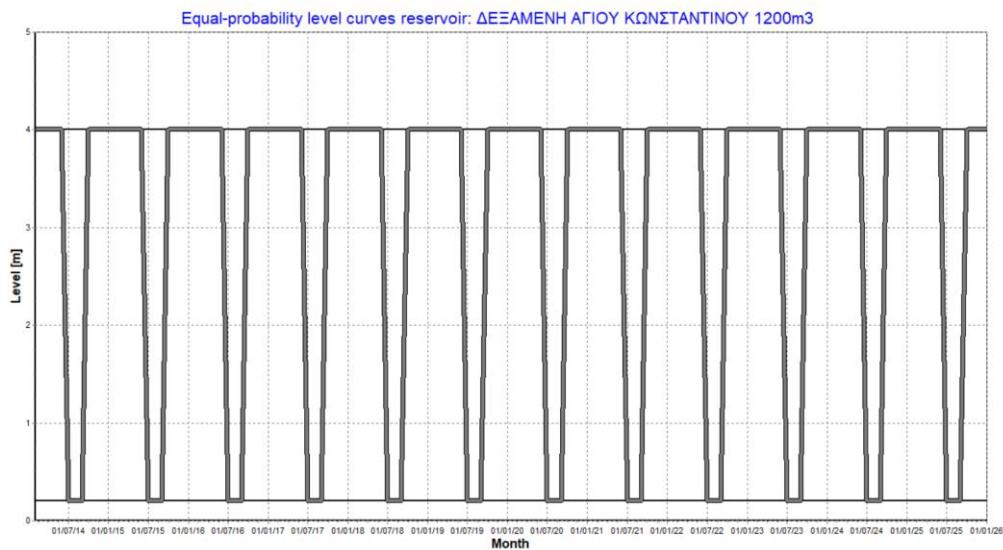
Εικόνα 5.23 Φόρμα ισοζυγίου ταμειωτήρων-δεξαμενών 2^{ου} Σεναρίου

Όπως φαίνεται και από την εικόνα 5.24 η οποία εμφανίζεται και για τις υπόλοιπες δεξαμενές, η στάθμη τους πέφτει στο μηδέν κατά την περίοδο αιχμής, μιας και το σύστημα χάνει έναν κόμβο προσφοράς εκείνη την περίοδο. Τους υπόλοιπους μήνες που εξυπηρετούνται και οι στόχοι που έχουμε θέσει για το υδροσύστημα μας για την διαδικασία της προσομοίωσης, παρατηρούμε ότι η στάθμη των δεξαμενών είναι στα μέγιστα επίπεδα. Βέβαια η μέση στάθμη των δεξαμενών μειώνεται σε σχέση με το πρώτο σενάριο (εικόνα 5.23).

Equal-probability curves



Εικόνα 5.24 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης Καλά Πηγιάδια (2^ο Σενάριο)



Εικόνα 5.25 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου (2^ο Σενάριο)

5.3.3 Σενάριο 3

Με τη βοήθεια του προγράμματος Υδρονομείας, σκοπός του 3ου σεναρίου, είναι να εξεταστεί αν το σύστημα μπορεί να επιτύχει τους στόχους που έχουν τεθεί, στην περίπτωση βλάβης διάρκειας ενός μήνα αιχμής μιας εκ των δύο μονάδων αφαλάτωσης. Οι βλάβες ή οι δυσλειτουργίες που μπορεί να προκύπτουν σε μονάδες αφαλατώσεις, συνήθως δεν έχουν μεγάλη διάρκεια, και εξαιτίας του πλήρους αυτοματισμού αυτών

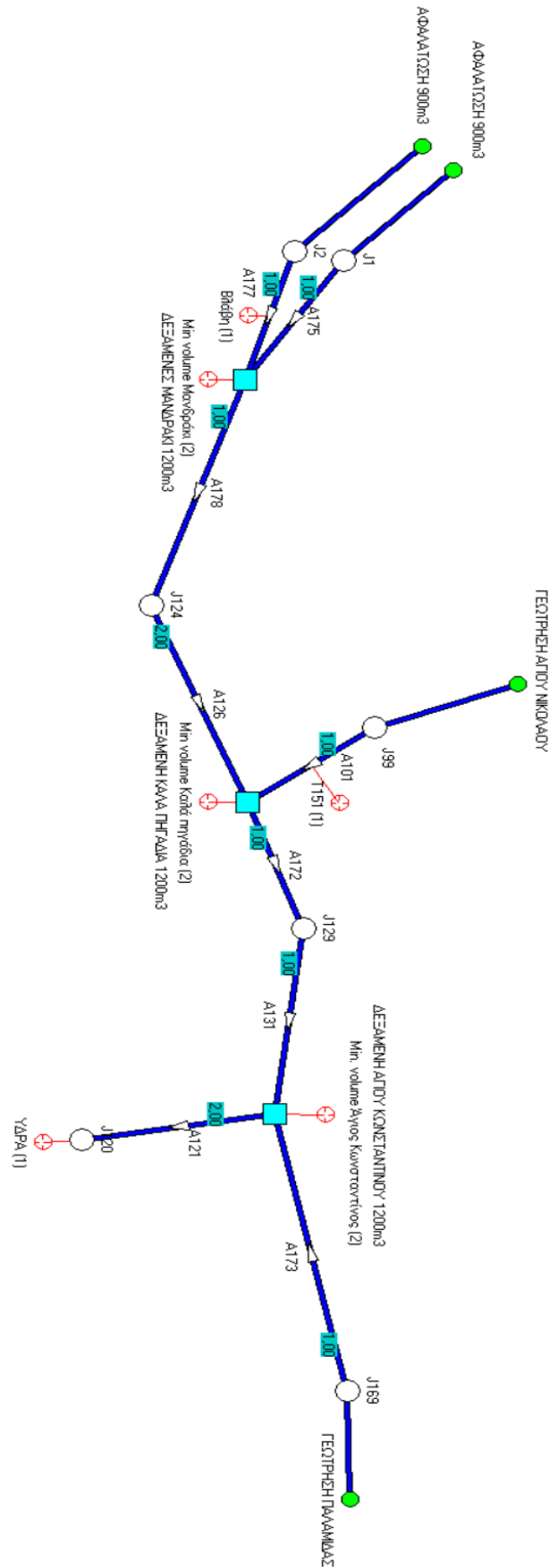
των μονάδων, το πρόβλημα εντοπίζεται αρκετά γρήγορα και επιλύεται. Παρόλα αυτά ο Υδρονομέας, επειδή είναι ένα λογισμικό για πληθώρα υδροσυστημάτων και δύναται να λειτουργεί με μηναία δεδομένα, για τις ανάγκες της προσομοίωσης επιλέχθηκε η βλάβη να έχει διάρκεια ενός μήνα. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θα λειτουργήσει με 900 m³/ημέρα νερού λιγότερα, σε μία περίοδο που οι υδατικές ανάγκες είναι πολύ υψηλές. Για να επιτευχθεί στην προσομοίωση η βλάβη προστέθηκε ένας στόχος μέγιστης ροής (Max flow) στο υδραγωγείο, που συνδέει τη μία από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης με τις δεξαμενές στο Μανδράκι (εικόνα 5.27).

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.26) η βλάβη επιλέχθηκε να γίνει τον Ιούνιο του 2022, γι' αυτό τέθηκε σαν τιμή μέγιστης ροής υδραγωγείου η τιμή 0 για τη συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης, τον μήνα Ιούνιο αυτού του έτους.

Initial values												
Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
m3/s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Specific values												
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
2022	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2023	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Εικόνα 5.26 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 3^ο Σεναρίου

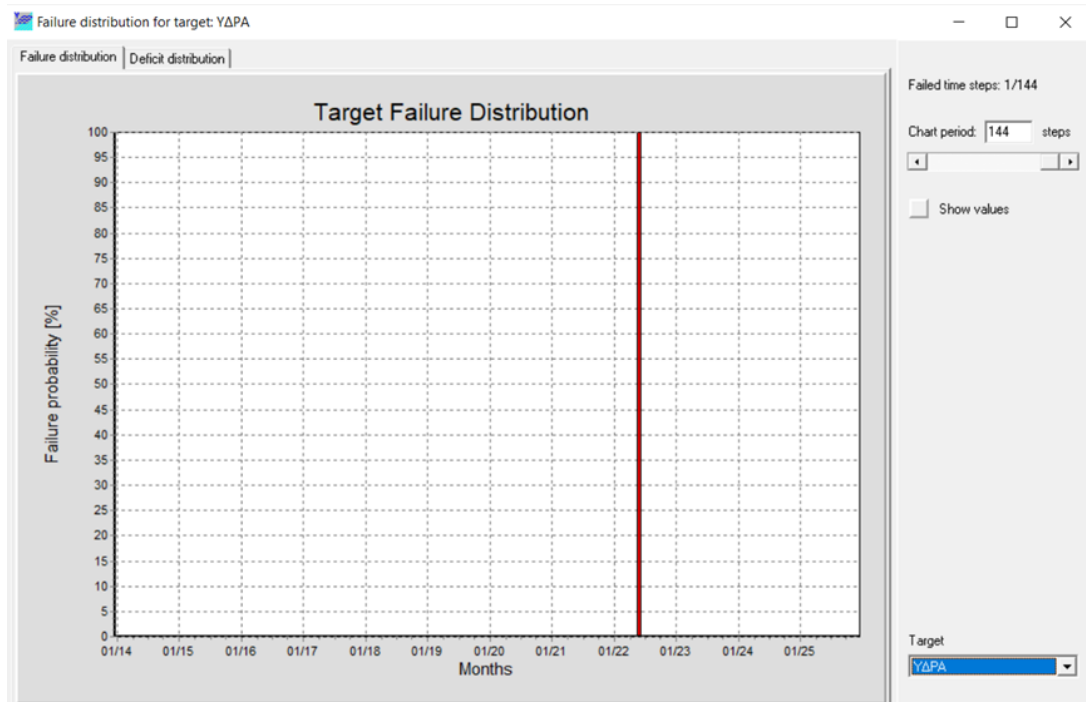


Εικόνα 5.27 Απεικόνιση σχηματοποίησης 3^{ου} και 4^{ου} Σεναρίου

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.083	1.000	1	0.002	0.020	0.020
3) A177 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	1.000	1.000	14	0.000	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3 - Max	0.083	1.000	3	0.000	-	-
6) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3 - Min	0.083	1.000	3	0.000	-	-

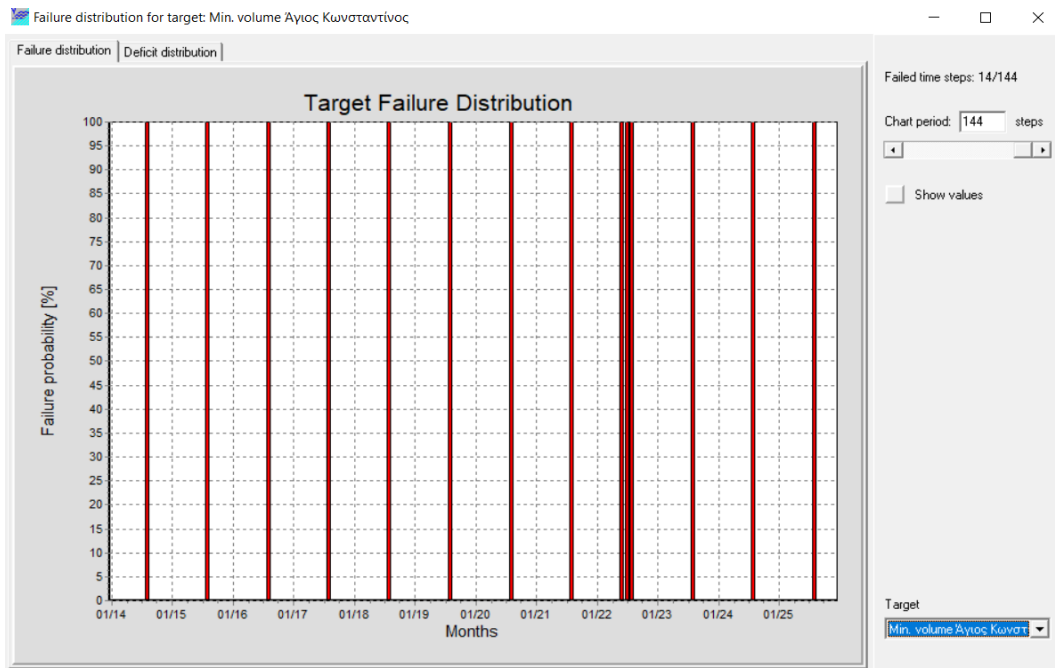
Εικόνα 5.28 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχο 3^{ου} Σεναρίου

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (εικόνα 5.28) ο πρωταρχικός στόχος που είναι η ύδρευση της Ύδρας αστοχεί μια (1) φορά, δηλαδή τον μήνα που διακόπτεται η λειτουργία της μίας μονάδας αφαλάτωσης, ενώ παράλληλα αστοχούν οι στόχοι που έχουν μπει στις δεξαμενές. Για να μην αστοχεί το σύστημα τον μήνα Ιούνιο είναι αναγκαία η λειτουργία και των δύο μονάδων αφαλάτωσης αλλά και της γεώτρησης Αγίου Νικολάου.



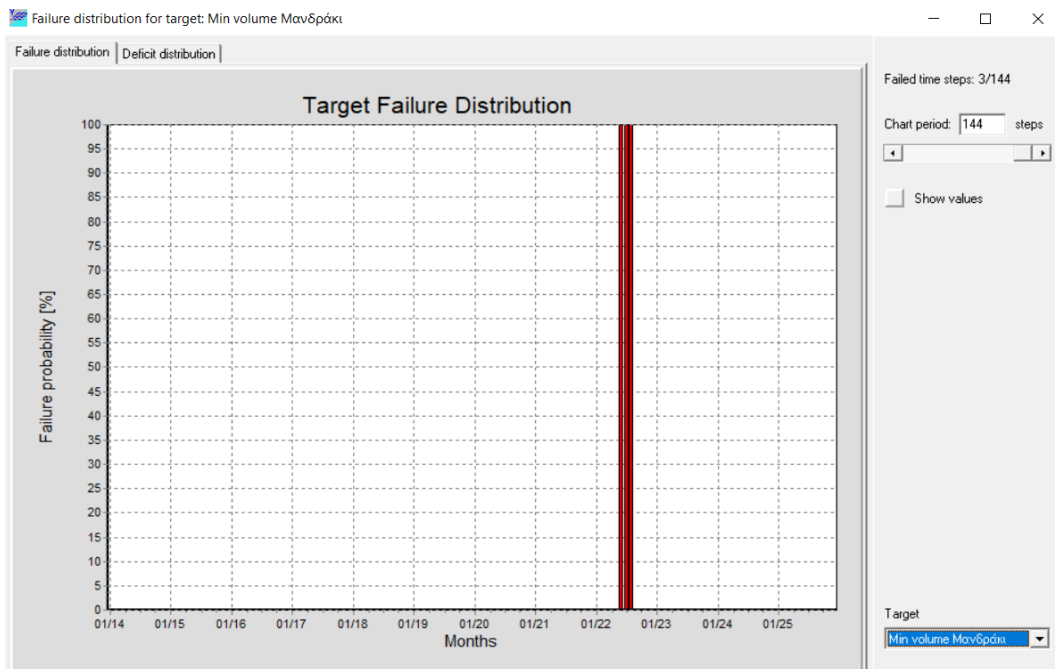
Εικόνα 5.29 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας)

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

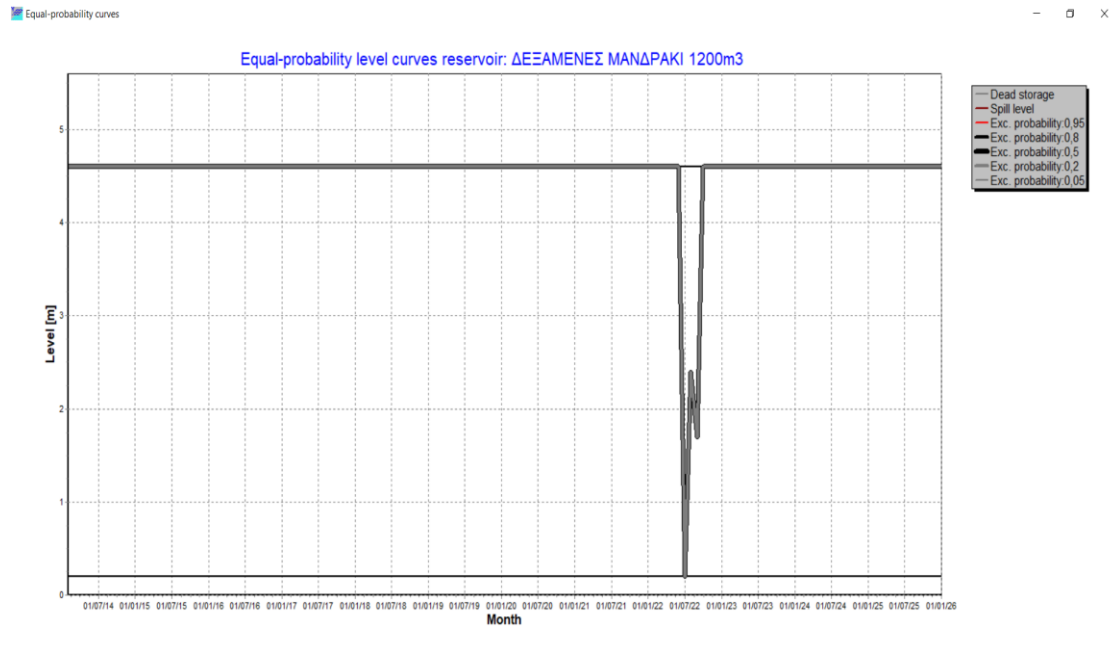


Εικόνα 5.30 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Άγιος Κωνσταντίνος)

Στις εικόνες 5.29 και 5.31, παρουσιάζονται οι φόρμες πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων, στις οποίες φαίνονται σε ποια χρονικά βήματα δεν επιτυγχάνονται οι στόχοι.

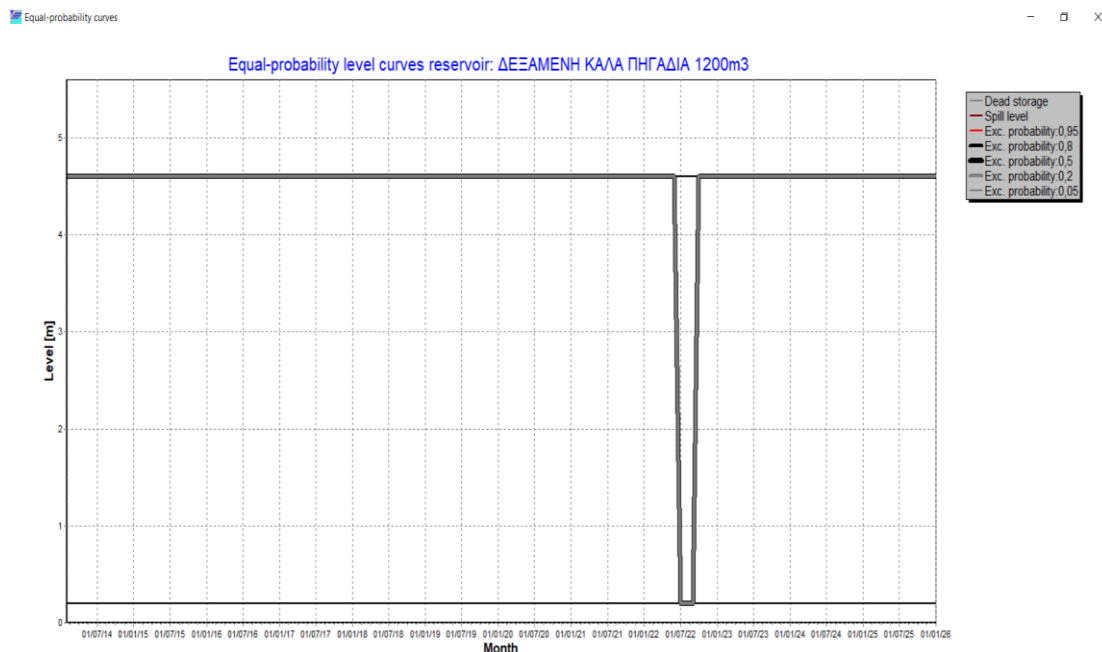


Εικόνα 5.31 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Μανδράκι)

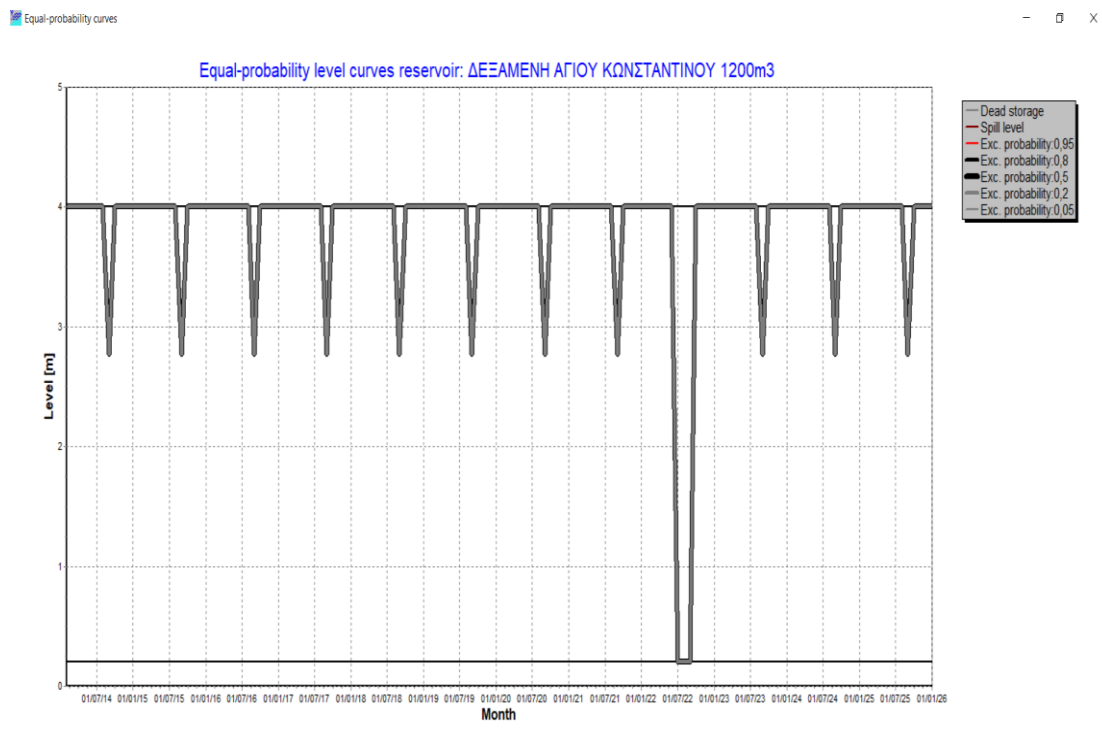


Εικόνα 5.32 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Μανδράκι (3^ο Σενάριο)

Όπως ήταν αναμενόμενο από τα αποτελέσματα των στόχων, η διακύμανση στις στάθμες των δεξαμενών, είναι ανάλογη των βημάτων που εμφανίζεται αστοχία στους στόχους που έχουν τεθεί στις δεξαμενές.



Εικόνα 5.33 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια (3^ο Σενάριο)



Εικόνα 5.34 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου (3^ο Σενάριο)

Σ' αυτό το σενάριο από την στιγμή που αστοχεί ο πρωταρχικός στόχος, δηλαδή ο στόχος ύδρευσης της Ύδρας, δεν θα εξετάσουμε την ενεργειακή κατανάλωση και το κόστος της ενέργειας.

5.3.4 Σενάριο 4

Το σενάριο 4 είναι προσαρμογή του 3^{ου} σεναρίου σε άλλη χρονική στιγμή, δηλαδή σ' αυτό το σενάριο η βλάβη γίνεται τον μήνα Μάρτιο, ο οποίος δεν ανήκει στην περίοδο αιχμής. Για τις ανάγκες αυτού του σεναρίου πραγματοποιήθηκε αλλαγή στο στόχο που έχει τεθεί στο υδραγωγείο που συνδέει τη μονάδα αφαλάτωσης με τη δεξαμενή (εικόνα 5.35). Έτσι, όπως και στο 3ο σενάριο θα δούμε αν η έλλειψη των 900 m³/ημέρα θα κάνει το σύστημα να αστοχήσει.

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Target X

General Data

Initial values

Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
m ³ /s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Specific values

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
2022	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2023	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

OK Cancel

Εικόνα 5.35 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 4^ο Σεναρίου

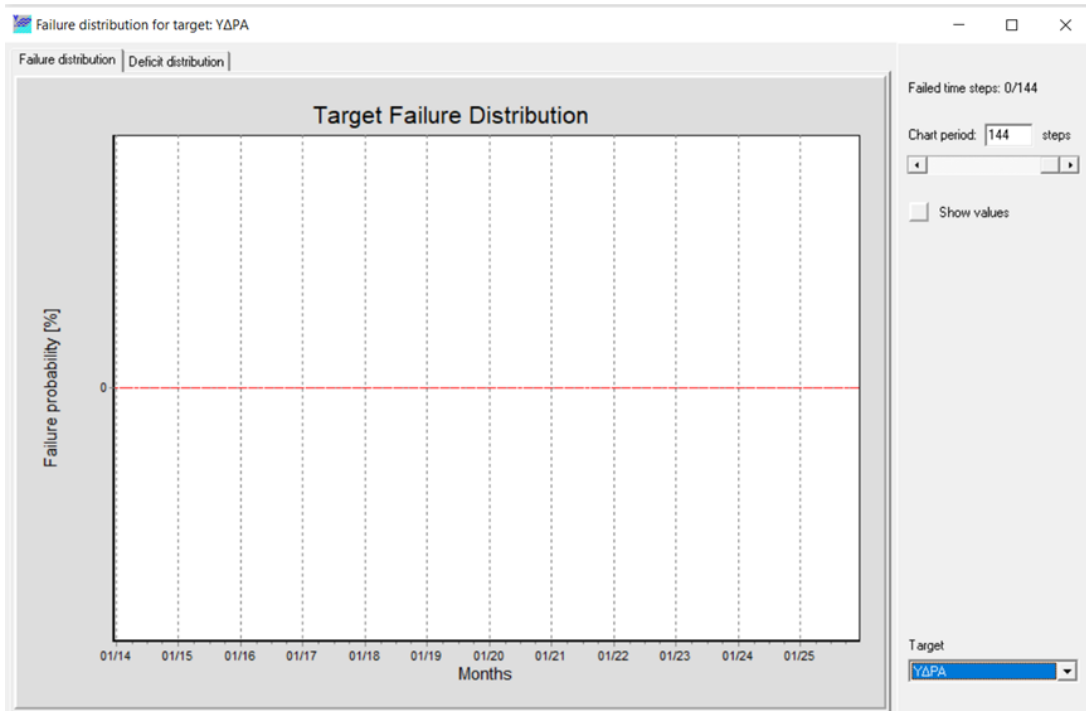
Target failure probability

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000
3) A177 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	1.000	1.000	13	0.000	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m ³ - M	0.000	0.000	0	0.000	-	-
6) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m ³ - Min.	0.000	0.000	0	0.000	-	-

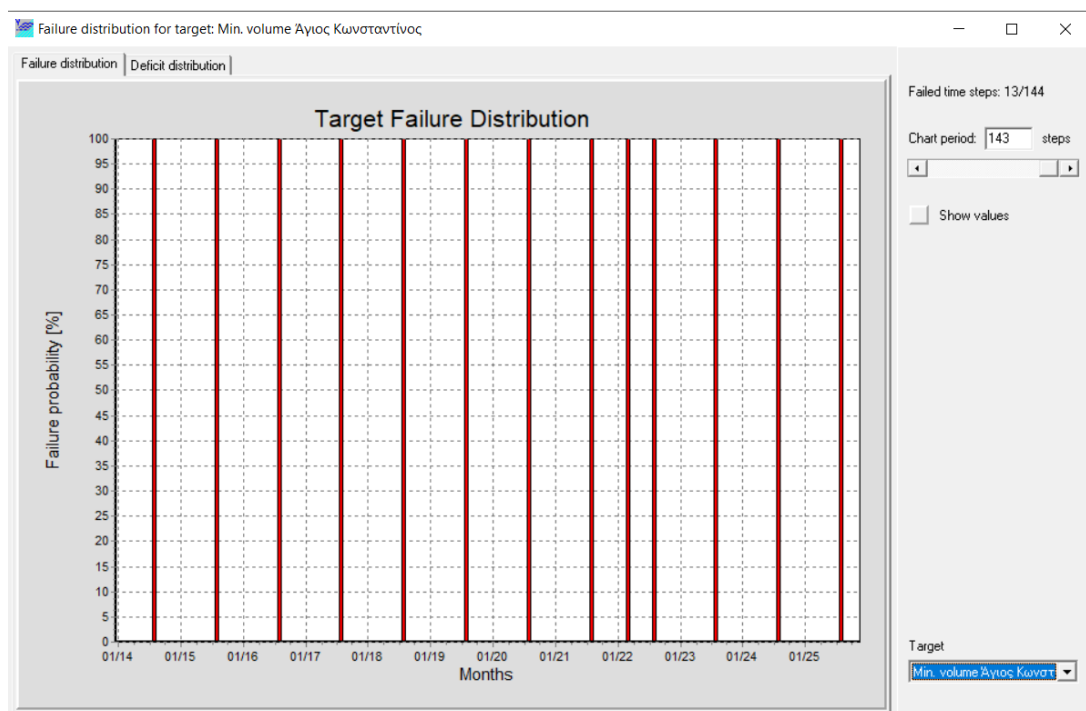
Εικόνα 5.36 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 4^ο Σεναρίου

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 5.36), πέρα από τον στόχο που έχει τεθεί στην δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου όλοι οι υπόλοιποι στόχοι ικανοποιούνται απόλυτα. Έτσι και οι φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας όλων των στόχων θα παρουσιάζουν την παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.37), εκτός του στόχου που αστοχεί, ο οποίος παρουσιάζει την εικόνα 5.38.

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

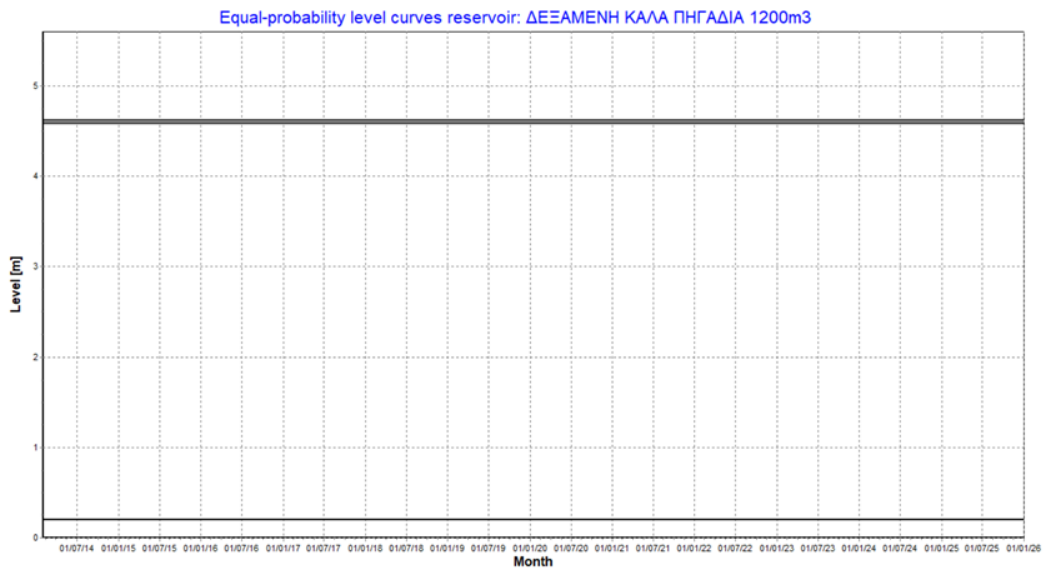


Εικόνα 5.37 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων Σεναρίου 4 (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας)



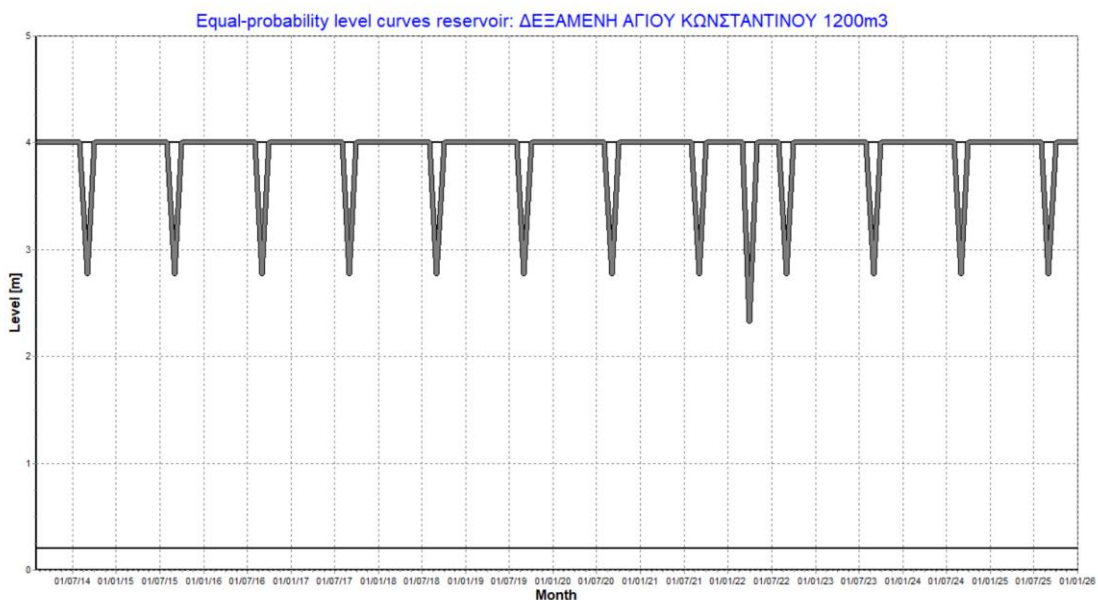
Εικόνα 5.38 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Αγιος Κωνσταντίνος)

Equal-probability curves



Εικόνα 5.39 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Καλά πηγάδια

Στην εικόνα 5.39 βλέπουμε ότι η βλάβη που προκλήθηκε σε μία από τις μονάδες αφαλάτωσης για τον μήνα Μάρτιο, δεν επηρέασε την στάθμη των δεξαμενών που κατάφεραν να ικανοποιήσουν τον στόχο του ελάχιστου όγκου (Min. Volume) που έχει τεθεί. Αντίθετα η δεξαμενή του Αγίου Κωνσταντίνου αποτυγχάνει στην ικανοποίηση αυτού του στόχου, γι' αυτό και παρατηρείται μια διακύμανση στη στάθμη της, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 5.40 Διάγραμμα πρόγνωσης στάθμης δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου

Balance sheets

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Activation perc.
TURBINES						
SUB TOTAL		0.000		0.000		
PUMPING STATIONS						
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000	
BOREHOLE GROUPS						
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.018 (0.012)	0.054 (0.037)		1.516 (1.054)	0.694
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.014 (0.010)	0.041 (0.029)		1.170 (0.818)	0.806
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚ	1.600	0.003 (0.005)	0.005 (0.009)		0.261 (0.453)	0.250
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑ						
SUB TOTAL		0.035	0.100		2.947	
TOTAL		0.035	0.100	0.000	2.947	

Εικόνα 5.41 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 4^{ου} Σεναρίου

Στην φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου παρατηρείται ότι τόσο η ενεργειακή κατανάλωση, άρα και το οικονομικό κόστος σε σχέση με το σενάριο 1 στο οποίο δεν υπήρχε αστοχία στο σύστημα παραμένουν ίδιες. Έτσι το μέσο μηνιαίο κόστος του 4^{ου} Σεναρίου είναι 2947 ευρώ και η κατανάλωση ενέργεια ανέρχεται στα 0,100 GWh.

5.3.5 Σενάριο 5

Σε αυτό το σενάριο το σύστημα θα ελεγχθεί, αν θα μπορέσει να καλύψει τις υδατικές ανάγκες στην περίπτωση αύξησης του μόνιμου πληθυσμού, με τους υπάρχοντες κόμβους προσφοράς. Επιλέχτηκε ο ρυθμός μεταβολής r να ισούται με 1,3% ανά έτος και για μία δεκαετία σύμφωνα και με την τεχνική έκθεση του Δήμου Ύδρας για την αντικατάσταση του δικτύου ύδρευσης. Επειδή δεν υπάρχει ακόμη εικόνα από την απογραφή πληθυσμού για το 2021, οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την απογραφή του 2011. Έτσι υπολογίστηκε ο πληθυσμός για κάθε χρόνο. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό είναι ο παρακάτω.

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^t$$

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΕΤΗ
2004	1
2030	2
2056	3
2083	4
2110	5
2137	6
2165	7
2193	8
2222	9
2251	10

Πίνακας 5.6 Μεταβολή Πληθυσμού

Έτσι στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι υδατικές ανάγκες όπως διαμορφώνονται το 10ο έτος:

ΜΗΝΑΣ	Πληθυσμός το 2035			Υδατικές Ατομικές Ανάγκες			Συνολικές Υδατικές Ανάγκες	
	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΠΠΟΕΙΔΗ	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΠΠΟΕΙΔΗ	ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ	ΜΗΝΙΑΙΕΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2251	61	500	0,24	0,36	0,035	579,7	17971
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2251	49	500	0,24	0,36	0,035	575,38	16111
ΜΑΡΤΙΟΣ	2251	1156	500	0,24	0,36	0,035	973,9	30191
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2251	1512	500	0,24	0,36	0,035	1102,06	33062
ΜΑΙΟΣ	2251	1876	500	0,36	0,36	0,035	1503,22	46600
ΙΟΥΝΙΟΣ	2251	3714	500	0,36	0,36	0,035	2164,9	64947
ΙΟΥΛΙΟΣ	2251	4036	500	0,36	0,36	0,035	2280,82	70705
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2251	4102	500	0,36	0,36	0,035	2304,58	71442
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2251	1769	500	0,24	0,36	0,035	1194,58	35837
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2251	485	500	0,24	0,36	0,035	732,34	22703
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2251	58	500	0,24	0,36	0,035	578,62	17359
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2251	83	500	0,24	0,36	0,035	557,74	17290

Πίνακας 5.7 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.

Η εισαγωγή των δεδομένων στον Υδρονομέα έγινε ανά έτος προκειμένου να ελεγχθεί ποιο έτος θα αστοχήσει, άρα και το μέγεθος των αναγκών που καλύπτουν οι υπάρχοντες

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

κόμβοι προσφοράς. Έτσι ο στόχος ύδρευσης της Ύδρας έχει διαφορετική τιμή κάθε μήνα του κάθε έτους και παρουσιάζει την παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.42).

Initial values												
Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm3	0,0179707	0,0161106	0,0301909	0,0330618	0,0465998	0,064947	0,0707054	0,0714419	0,0358374	0,0227025	0,0173586	0,0172899
Specific values												
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
2026	0,0162105	0,0145208	0,0284307	0,0308244	0,0439208	0,0623544	0,0680264	0,0687629	0,034134	0,0209423	0,0156552	0,01552
2027	0,0164039	0,0146955	0,0286241	0,0315456	0,0442109	0,0626352	0,0683165	0,0690531	0,0343212	0,0211358	0,0158424	0,01572

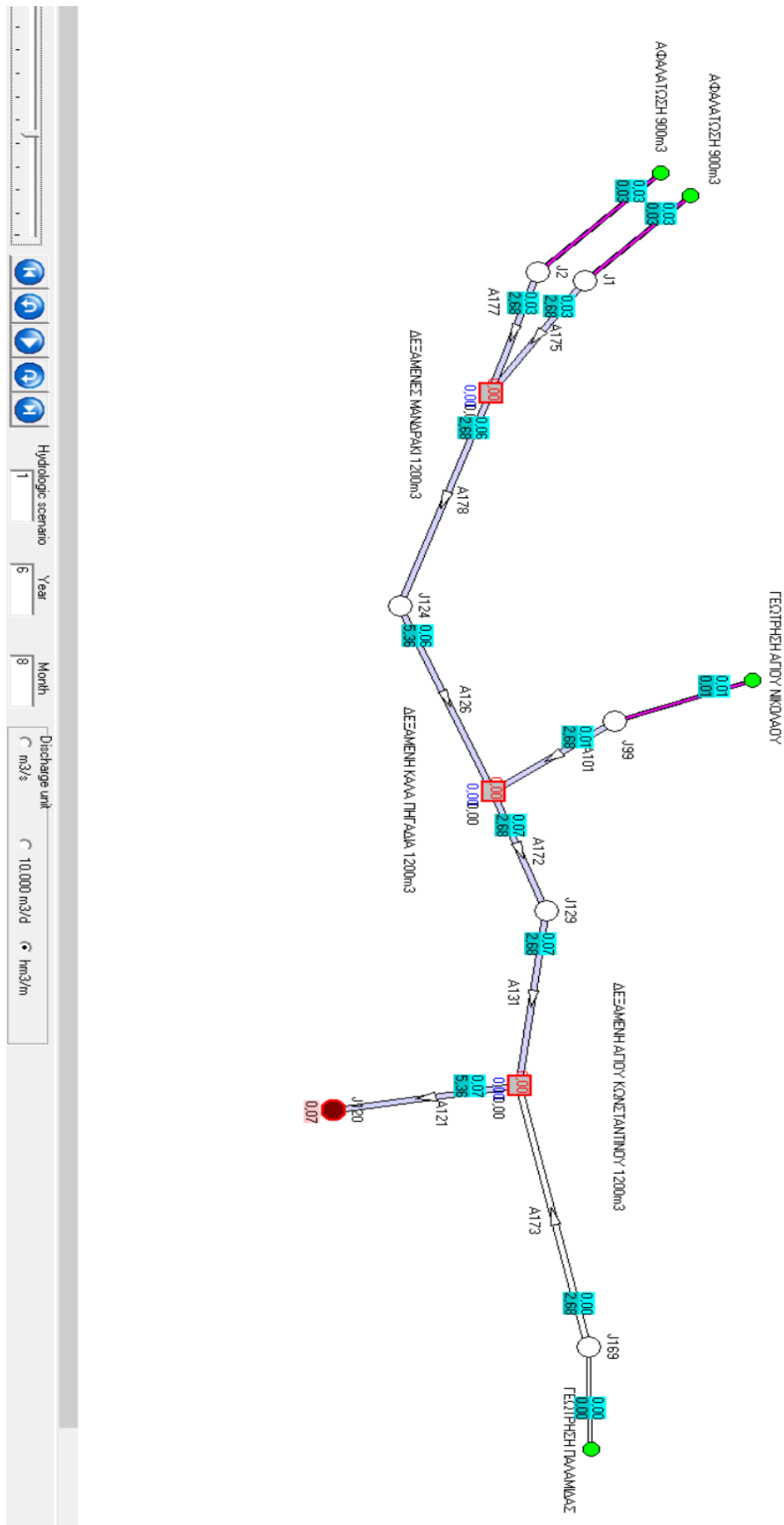
Εικόνα 5.42 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων βλάβης-στόχου 5^ο Σεναρίου

Όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.43), ο βασικός στόχος της ύδρευσης αστοχεί συνολικά 5 μήνες στην δεκαετή προσομοίωση που έγινε, και πιο συγκεκριμένα όπως φαίνεται στις φόρμες πρόγνωσης πιθανότητας αστοχιών στόχων, η μη επίτευξη των στόχων γίνονται τον μήνα Αύγουστο των τελευταία 5 ετών της προσομοίωσης (εικόνα 5.45).

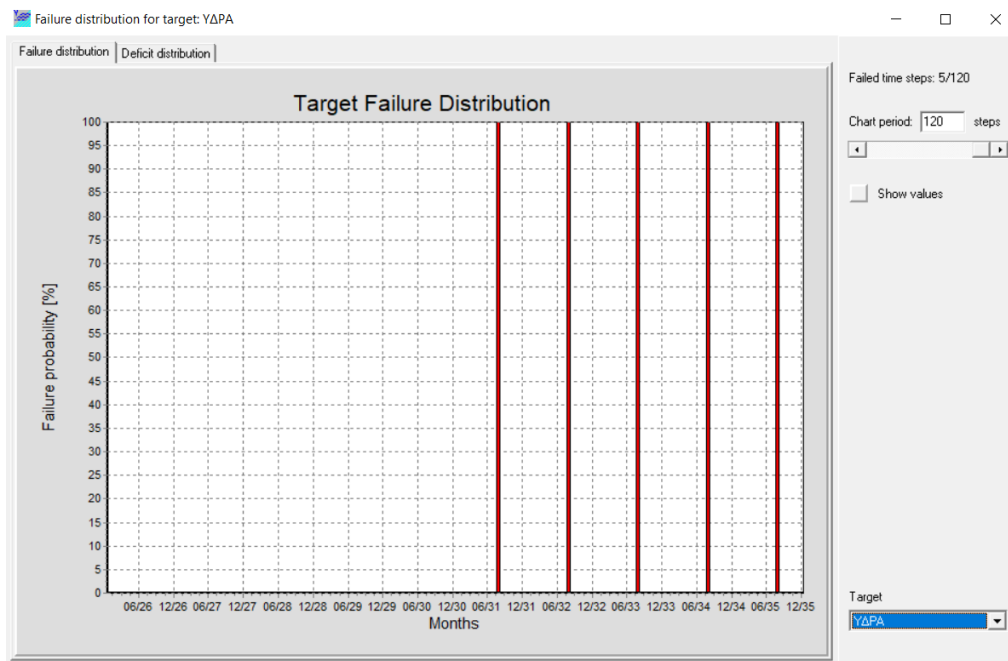
Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.500	1.000	5	0.001	0.003	0.003
3) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	1.000	1.000	19	0.001	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3 - Η	0.900	1.000	16	0.001	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3 - Μιν.	0.700	1.000	10	0.001	-	-

Εικόνα 5.43 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 5^ο Σεναρίου

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

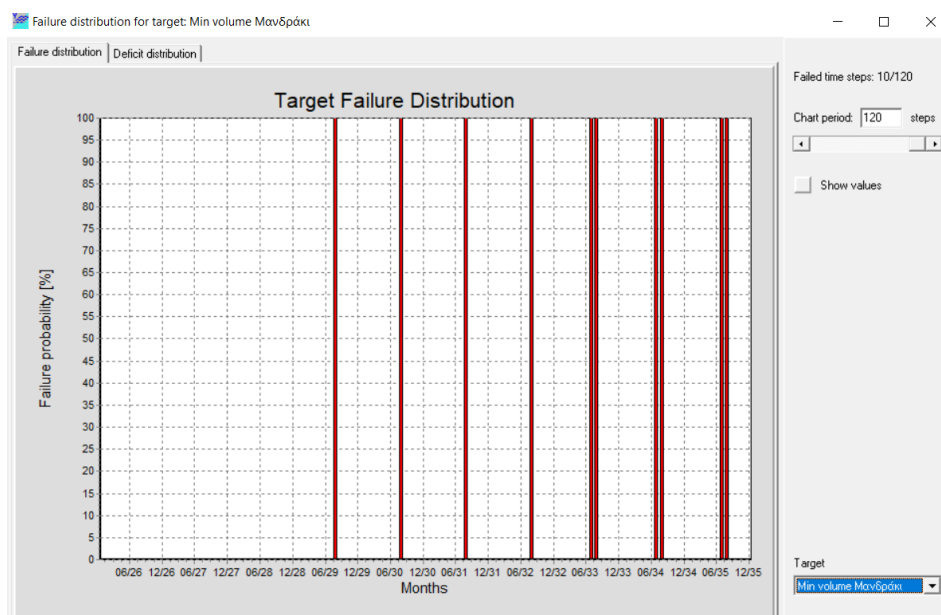


Εικόνα 5.44 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης 5^{ου} σεναρίου

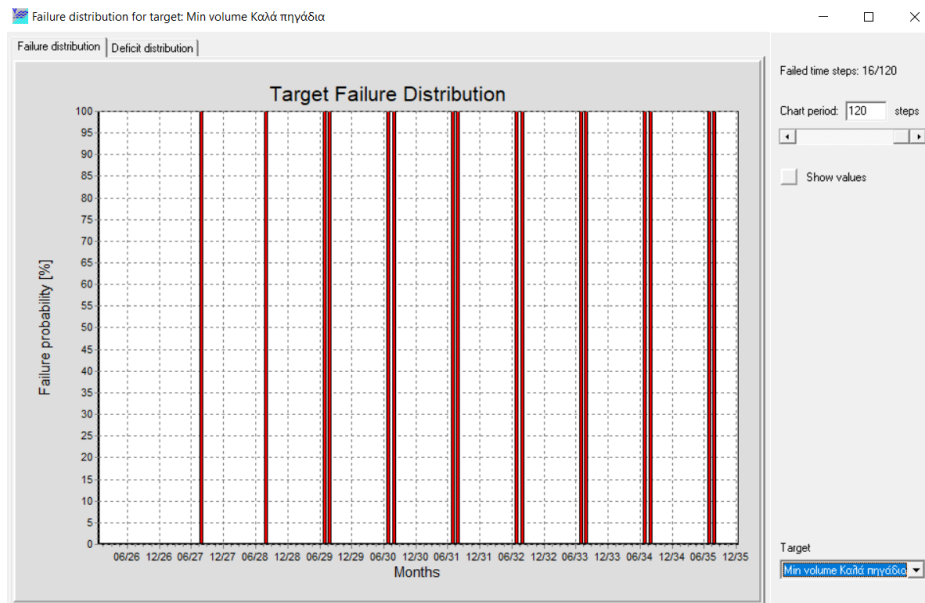


Εικόνα 5.45 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας)

Από την άλλη οι στόχοι που έχουν τεθεί στις δεξαμενές παρουσιάζουν περισσότερες φορές αστοχία. Αυτό οφείλεται ότι ο στόχος της ύδρευσης είναι σε πρώτη προτεραιότητα, ενώ οι στόχοι που έχουν τεθεί στις δεξαμενές είναι σε δεύτερη. Τέλος, η διαφορά στον αριθμό των αστοχιών σε κάθε δεξαμενή οφείλεται στη σχηματοποίηση του συστήματος, γι' αυτό οι δεξαμενές στο Μανδράκι που τροφοδοτούνται από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης αστοχεί λιγότερες φορές σε σχέση με τις υπόλοιπες δεξαμενές.



Εικόνα 5.46 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Volume Μανδράκι)



Εικόνα 5.47 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων (Στόχος Min. Καλά πηγάδια)

Για να καλυφθεί το έλλειμμα στην κάλυψη των στόχων, στο επόμενο σενάριο θα τεθεί σε λειτουργία για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο η γεώτρηση της Παλαμίδα, 500 m³ ημερήσιας δυναμικότητας.

5.3.6 Σενάριο 6

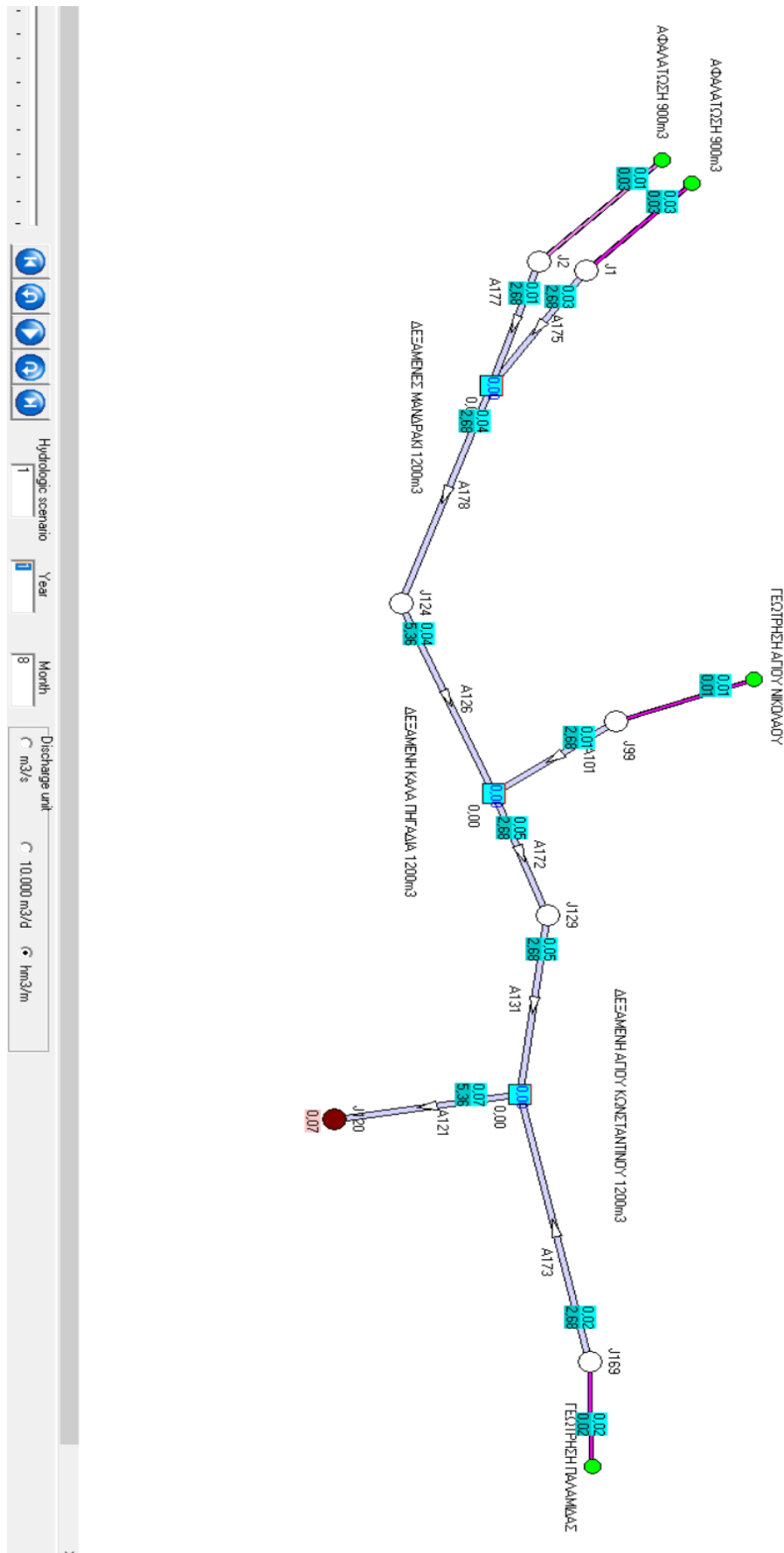
Το σενάριο 6 αποτελεί προσαρμογή του σεναρίου 5, προκειμένου να ελεγχθεί αν το σύστημα θα μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του με την σύνδεση με το δίκτυο, της ήδη ενεργής γεώτρησης στην τοποθεσία Παλαμίδα (εικόνα 5.48) με ημερήσια δυναμικότητα 500 m³. Η γεώτρηση θα λειτουργεί Ιούλιο και Αύγουστο του κάθε έτους προσομοίωσης. Ο στόχος ύδρευσης τη Ύδρας θα παραμείνει ίδιος με το σενάριο 5.

Initial values												
Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
m ³ /s	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Specific values												
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

Εικόνα 5.48 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων στόχου μέγιστης ροής (Max. Flow) 6^{ου} Σεναρίου

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022



Εικόνα 5.49 Στιγμιότυπο φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης 6^{ου} σεναρίου

ΠΑΔΑ, Τμήμα ΠΟΛ.ΜΗΧ., Διπλωματική Εργασία, Διγενάκης Γεώργιος, Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος

Εικόνα 5.50 Στιγμιότυπο από την εισαγωγή δεδομένων εισόδου γεώτρησης Παλαμίδας

Παραπάνω (εικόνα 5.49) παρουσιάζεται το φύλλο οπτικοποίησης προσομοίωσης, τον μήνα Ιούλιου του 10 έτους προσομοίωσης. Διακρίνεται ότι σε εκείνο το χρονικό βήμα τίθενται σε λειτουργία οι μονάδες αφαλάτωσης, η γεώτρηση του Αγίου Νικολάου όπως και η γεώτρηση της Παλαμίδας.

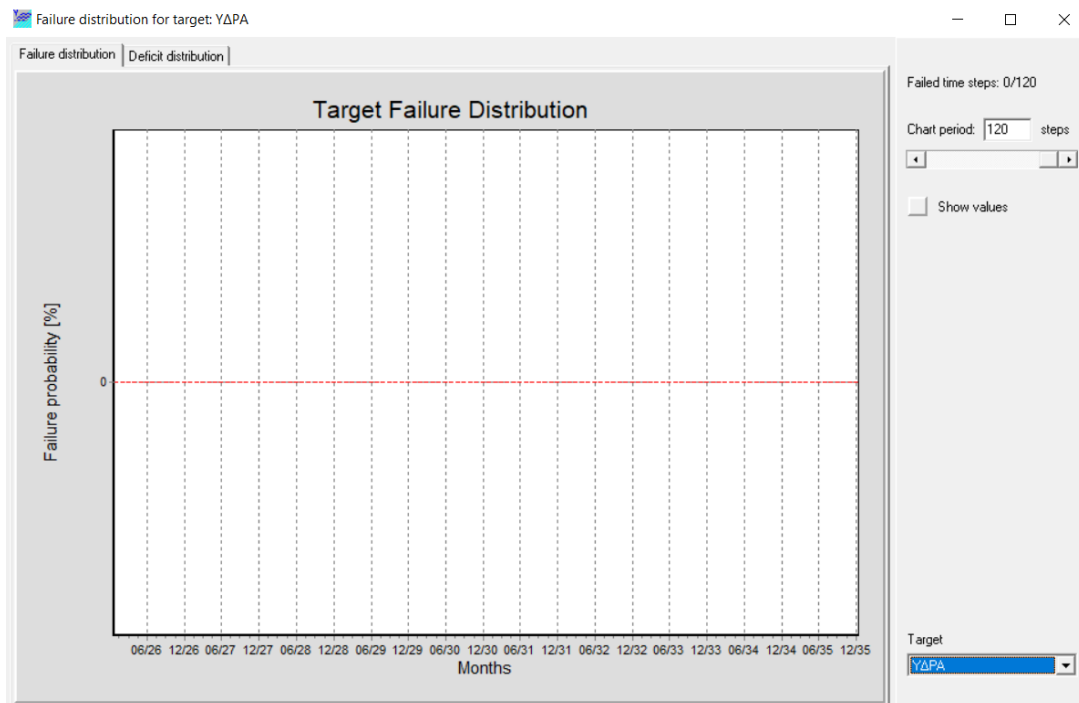
Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται πλήρως, όπως φαίνεται και από την εικόνα 5.51. Αυτό είναι ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα, μιας και όπως είδαμε στο προηγούμενο σενάριο, οι στόχοι παύουν να ικανοποιούνται τα τελευταία χρόνια, και πιο συγκεκριμένα ο στόχος ύδρευσης δεν επιτυγχάνεται μόνο τον μήνα Αύγουστου που είναι αρκετά αυξημένη η ζήτηση.

Target failure probability

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000
3) A173 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	0.000	0.000	0	0.000	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3 - H	0.000	0.000	0	0.000	-	-
6) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3 - Min	0.000	0.000	0	0.000	-	-

Εικόνα 5.51 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 6^{ου} Σεναρίου

Από τη στιγμή που δεν υπάρχει κάποια αστοχία κατά την προσομοίωση η φόρμα πρόγνωσης αστοχίας στόχων θα έχει την παρακάτω μορφή (εικόνα 5.52) για όλους τους στόχους που έχουν τεθεί.



Εικόνα 5.52 Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων 6^{ου} Σεναρίου (Στόχος Ύδρευσης Ύδρας)

Αφού και οι στόχοι που έχουν τεθεί τις δεξαμενές δεν έχουν αστοχήσει η στάθμη στις δεξαμενές είναι η μέγιστη δυνατή.

Balance sheets

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy			
	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Activation perc.
TURBINES						
SUB TOTAL		0.000		0.000		
PUMPING STATIONS						
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000	
BOREHOLE GROUPS						
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.022 (0.008)	0.066 (0.024)		1.871 (0.680)	0.925
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.008 (0.008)	0.025 (0.025)		0.702 (0.705)	0.658
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚ	1.600	0.003 (0.005)	0.005 (0.009)		0.261 (0.453)	0.250
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑ	1.600	0.003 (0.006)	0.004 (0.009)		0.223 (0.500)	0.167
SUB TOTAL		0.036	0.100		3.056	
TOTAL		0.036	0.100	0.000	3.056	

Εικόνα 5.53 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 6^{ου} σεναρίου

Όσον αφορά το μέσο μηνιαίο ενεργειακό κόστος της προσομοίωσης αυτού του σεναρίου ανέρχεται στο πόσο των 3056 ευρώ. Ενώ καταναλώνεται ενέργεια 0.100MWh, όπως παρουσιάζεται στο φύλλο ενεργειακού ισοζυγίου (εικόνα 5.53).

5.3.7 Σενάριο 7

Σκοπός αυτού του σεναρίου είναι να εξετάσει αν μια μικρή μείωση στην ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο θα ήταν μια λύση, χωρίς να χρειάζεται η εύρεση επιπλέον κόμβων προσφοράς. Για τον σκοπό του σεναρίου τέθηκε εκτός λειτουργίας η γεώτρηση Παλαμίδας, ενώ η μέση ημερήσια κατανάλωση μειώθηκε κατά 5%. Έτσι ο πίνακας υδατικών αναγκών γίνεται όπως φαίνεται παρακάτω.

ΜΗΝΑΣ	Πληθυσμός			Υδατικές Ατομικές Ανάγκες			Συνολικές Υδατικές Ανάγκες	
	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ	ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ	ΜΗΝΙΑΙΕΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2251	61	500	0,228	0,342	0,035	551,59	17099
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2251	49	500	0,228	0,342	0,035	547,486	15330
ΜΑΡΤΙΟΣ	2251	1156	500	0,228	0,342	0,035	926,08	28708
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2251	1512	500	0,228	0,342	0,035	1047,832	31435
ΜΑΙΟΣ	2251	1876	500	0,228	0,342	0,035	1172,32	36342
ΙΟΥΝΙΟΣ	2251	3714	500	0,342	0,342	0,035	2057,53	61726
ΙΟΥΛΙΟΣ	2251	4036	500	0,342	0,342	0,035	2167,654	67197
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2251	4102	500	0,342	0,342	0,035	2190,226	67897
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2251	1769	500	0,228	0,342	0,035	1135,726	34072
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2251	485	500	0,228	0,342	0,035	696,598	21595
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2251	58	500	0,228	0,342	0,035	550,564	16517
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2251	83	500	0,228	0,342	0,035	530,728	16453

Πίνακας 5.8 Συνολικές μηνιαίες υδατικές ανάγκες για το νησί της Ύδρας.

Γι' αυτό γίνονται και οι απαραίτητες αλλαγές στον στόχο ύδρευσης της Ύδρας, σύμφωνα με τις παραπάνω αλλαγές.

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Target ×

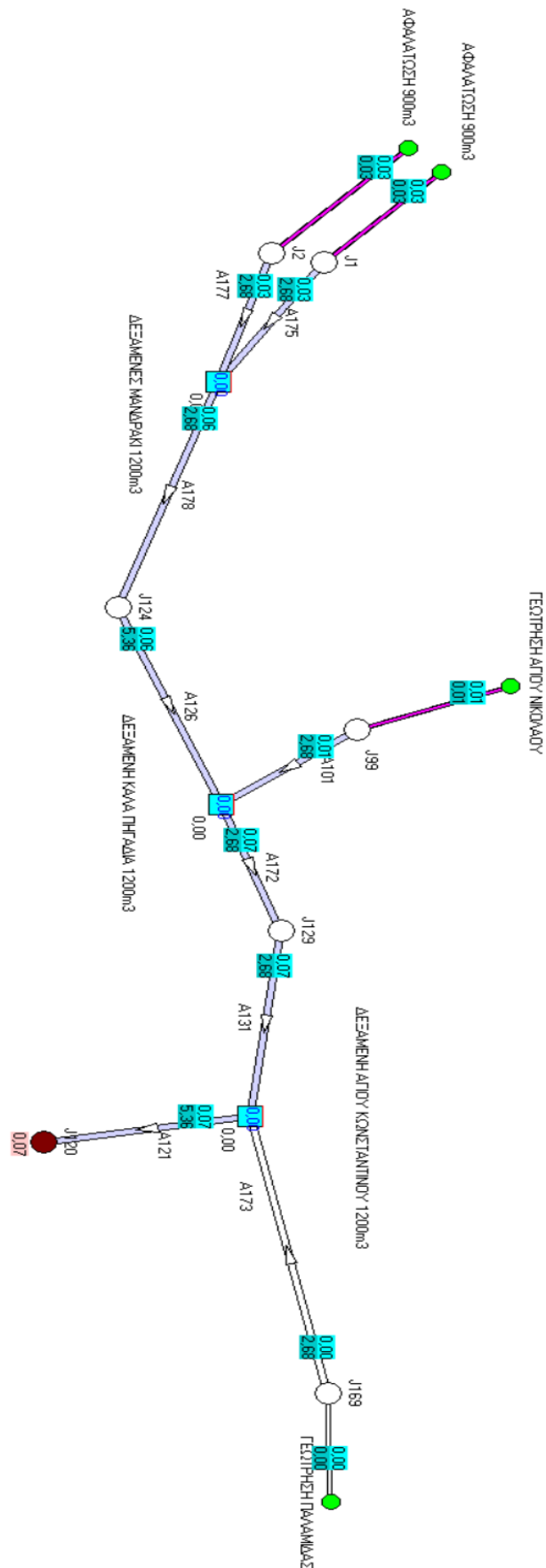
General Data

Initial values												
Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm ³	0,0170992	0,0153296	0,0287084	0,0314349	0,0363419	0,0617259	0,0671972	0,0678970	0,0340717	0,0215945	0,0165169	0,0164525

Specific values

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

Εικόνα 5.54 Στιγμιότυπο εισαγωγής δεδομένων στόχου ύδρευσης 7^{ου} Σεναρίου



Εικόνα 5.55 Φύλλο οπτικοποίησης προσομοίωσης 7^{ου} σεναρίου

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step
1) A101 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
2) J120 - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000
3) A173 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-
4) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 12	0.000	0.000	0	0.000	-	-
5) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΛΑ ΠΗΓΑΔΙΑ 1200m3 - Η	0.000	0.000	0	0.000	-	-
6) ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΜΑΝΔΡΑΚΙ 1200m3 - Μιν	0.000	0.000	0	0.000	-	-

Εικόνα 5.56 Στιγμιότυπο πίνακα αποτελεσμάτων στόχων 7^{ου} σεναρίου

Από την εικόνα 5.56, βλέπουμε ότι όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται, χωρίς να τίθεται σε λειτουργία η γεώτρηση Παλαμίδας.

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Activation perc.
TURBINES						
SUB TOTAL		0.000		0.000		
PUMPING STATIONS						
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000	
BOREHOLE GROUPS						
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.017 (0.012)	0.050 (0.037)		1.408 (1.050)	0.700
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ 900m3	3.000	0.015 (0.010)	0.045 (0.030)		1.266 (0.857)	0.883
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚ	1.600	0.003 (0.005)	0.005 (0.009)		0.261 (0.453)	0.250
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΛΑΜΙΔΑΣ	1.600					
SUB TOTAL		0.035	0.099		2.935	
TOTAL		0.035	0.099	0.000	2.935	

Εικόνα 5.57 Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου 7^{ου} σεναρίου

Σε ότι αφορά το ενεργειακό κόστος της προσομοίωσης του 7^{ου} σεναρίου, παρατηρείται ότι το κόστος μειώθηκε σε σχέση με το σενάριο 6 (εικόνα 5.57). Αυτό είναι κάτι λογικό μιας και δεν λειτουργεί η γεώτρηση της Παλαμίδας. Αυτό το σενάριο δεν μπορεί να συγκριθεί σε σχέση με κανένα άλλο σενάριο, γιατί ο στόχος ύδρευσης έχει διαφορετικά δεδομένα.

5.4 Αποτελέσματα και αποτίμηση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Με την βοήθεια του προγράμματος Υδρονομίας, έγινε προσπάθεια να εξεταστεί μέσα από αυτά τα 7 Σενάρια, το υδροσύστημα της Ύδρας σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Τα σενάρια είχαν τα εξής αποτελέσματα:

Σενάριο 1°

- Ικανοποίηση όλων των στόχων πλην της στάθμης της δεξαμενής Αγίου Κωνσταντίνου.
- Η γεώτρηση λειτούργησε συνολικά 3 μήνες (Ιουνίου-Αύγουστο)
- Η ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται 0.100GWh, και το συνολικό κόστος 2947 ευρώ το μήνα.

Σενάριο 2°

- Δεν ικανοποιούνται οι στόχοι.
- Σε λειτουργία μόνο η εγκατάσταση αφαλάτωσης, ενώ εκτός λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια προσομοίωσης είναι η γεώτρηση Αγίου Νικόλαου.

Σενάριο 3°

- Δεν ικανοποιείται ο στόχος τον μήνα που εκδηλώνεται η βλάβη.
- Εκτός λειτουργίας εξαιτίας βλάβης η μία από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης τον Ιούνιο του 2022.

Σενάριο 4°

- Ικανοποιούνται οι στόχοι.
- Εκτός λειτουργίας εξαιτίας βλάβης η μία από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης τον Μάρτιο του 2022.
- Η ενεργειακή κατανάλωση όπως και στο 1° σενάριο ανέρχεται 0.100GWh, και το συνολικό κόστος 2947 ευρώ το μήνα.

Σενάριο 5°

- Δεν ικανοποιούνται οι στόχοι στα τελευταία 5 έτη της προσομοίωσης.
- Μεταβολή του πληθυσμού.
- Κόμβοι προσφοράς ίδιοι με το 1° σενάριο, δηλαδή λειτουργία την εποχή αιχμής για την γεώτρηση, και συνεχής λειτουργία της εγκατάστασης αφαλάτωσης.

Σενάριο 6°

- Ικανοποιούνται οι στόχοι.
- Σύνδεση της γεώτρησης Παλαμίδας με το δίκτυο, για την ικανοποίηση των αυξημένων αναγκών.

- Η ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται 0.100GWh, και το συνολικό κόστος 3056 ευρώ το μήνα.

Σενάριο 7^ο

- Ικανοποιούνται όλοι οι στόχοι.
- Τίθεται εκτός λειτουργίας η γεώτρηση Παλαμίδας, ενώ μειώνεται η μέση ημερήσια ζήτηση κατά 5%.
- Η ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται 0.099GWh, και το συνολικό κόστος 2935ευρώ το μήνα.

Από τα αποτελέσματα των σεναρίων, κρίνεται ότι τα σενάρια 1 αλλά και 7, είναι τόσο από άποψη αποτελεσμάτων όσο και άποψη ενεργειακής κατανάλωσης και οικονομικού κόστους είναι τα πιο συμφέροντα. Συμπερασματικά:

- Κρίνεται απαραίτητη η λειτουργία της γεώτρησης του Αγίου Νικολάου, προκειμένου να καλυφθούν οι υδατικές ανάγκες την περίοδο αιχμής.
- Η διακοπή (διάρκειας ενός (1) μήνα) της μια από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης σε περίοδο αιχμής, από την στιγμή που οι αποθηκευτικοί χώροι εξυπηρετούν ουσιαστικά ημερήσιες ανάγκες αποτελεί πρόβλημα στη κάλυψη των υδατικών αναγκών.
- Αντίθετα η διακοπή λειτουργίας και πάλι για χρονικής διάρκειας ενός σε μια από τις δύο μονάδες αφαλάτωσης σε μη περίοδο αιχμής, δεν δημιουργεί ζήτημα στην εξυπηρέτηση των στόχων.
- Στο υποθετικό σενάριο με την αύξηση του πληθυσμού σε ορίζοντα 10ετίας, δείχνει ότι είναι απαραίτητη η σύνδεση της γεώτρησης Παλαμίδας για την κάλυψη των υδατικών αναγκών.
- Επίσης η κάλυψη των αναγκών του αυξημένου πληθυσμού δύναται να πραγματοποιηθεί με την μείωση της μέσης υδατικής κατανάλωσης κατά 5%.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η διαχρονική έλλειψη επαρκών υδατικών πόρων στην Ύδρα αντιμετωπιζόταν για αρκετά χρόνια με μεταφορά νερού, το οποίο ήταν μη πόσιμο, διότι είχε υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Το μεταφερόμενο νερό ήταν υπαίτιο για την διάβρωση του δικτύου ύδρευσης, με συνέπεια το υψηλό ποσοστό διαρροών, αλλά και φθορές σε διάφορες οικοσκευές. Αυτή η έλλειψη γλυκού νερού κατάλληλου για πόση και άλλες χρήσεις, σε συνδυασμό με το μεγάλο κόστος του μεταφερόμενου νερού οδήγησε το 2014 στην κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης αφαλάτωσης, η οποία αποδεικνύεται με την πάροδο του χρόνου ως καλύτερη και ορθολογικότερη λύση για την ύδρευση του νησιού από τη μεταφορά νερού, παρέχοντας στους κατοίκους της Ύδρας τις απαραίτητες ποσότητες πόσιμου νερού πολύ καλής ποιότητας, με σημαντικά μικρότερο κόστος και υψηλό βαθμό αξιοπιστίας.

Η εγκατάσταση αφαλάτωσης της Ύδρας είναι μια ιδιωτική επένδυση της εταιρείας ΤΕΜΑΚ, που θα περιέλθει στο Δήμο Ύδρας το 2025 μετά την συμβατική περίοδο των 12 ετών (BOOT- Build, Own, Operate and Transfer). Το ιδιωτικό καθεστώς της εγκατάστασης φαίνεται όμως να μη βρίσκει σύμφωνους κάποιους εκ των κατοίκων, όπως φάνηκε από την έρευνα πεδίου με τη χρήση ερωτηματολογίων, παρά την καλή λειτουργία της εγκατάστασης, το μικρότερο κόστος και την καλύτερη ποιότητα νερού στο δίκτυο. Η αντίθεση αυτή μπορεί να αποδοθεί εν μέρει σε ιδεολογικούς λόγους, αλλά και στην κακή κατάσταση του δικτύου ύδρευσης που αναγκάζει τους κατοίκους να χρησιμοποιούν φίλτρα στις βρύσες για καθαρισμό του νερού πριν τη χρήση του. Ενδέχεται όμως, με την πάροδο του χρόνου, να αμβλυνθεί αυτή η αντίθεση, δεδομένου ότι η αφαλάτωση νερού υπερτερεί σαφώς της μεταφοράς νερού ως λύση για την υδροδότηση για της Ύδρας.

Παρά την καλή λειτουργία του συστήματος ύδρευσης (υδροσύστημα) της Ύδρας μετά την έναρξη λειτουργίας της αφαλάτωσης, κρίθηκε απαραίτητη η διερεύνηση της λειτουργίας του κάτω από διαφορετικά σενάρια λειτουργίας για να εκτιμηθεί η αξιοπιστία του και η πιθανή αστοχία του σε κάποιες περιπτώσεις. Το υδροσύστημα της Ύδρας είναι μεν αρκετά μικρό και όχι πολύπλοκο, όσον αφορά την προσομοίωσή του, αλλά δεν διαθέτει δυνατότητες αποθήκευσης νερού για μεγάλο χρονικά διαστήματα, διότι οι υπάρχουσες δεξαμενές λειτουργούν ως έργα ημερήσιας ρύθμισης. Η προσομοίωση του υδροσυστήματος έγινε με το λογισμικό ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ και ανέδειξε

μεταξύ άλλων τη σημασία της γεώτρησης του Αγίου Νικολάου, την αστοχία του συστήματος στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών σε περίπτωση βλάβης μιας εκ των δύο μονάδων αφαλάτωσης σε περίοδο αιχμής της ζήτησης, την ανάγκη σύνδεσης με τη γεώτρηση Παλαμίδας για την κάλυψη των υδατικών αναγκών στο υποθετικό σενάριο αύξησης του πληθυσμού σε ορίζοντα 10ετίας, αλλά και τη μεγάλη σημασία της διαχείρισης της ζήτησης νερού: η μείωση της μέσης υδατικής κατανάλωσης κατά 5% θα επιτρέψει την πλήρη κάλυψη των αναγκών του αυξημένου πληθυσμού χωρίς τη σύνδεση με τη γεώτρηση Παλαμίδας.

Η διαδικασία της προσομοίωσης ακόμη και ενός απλού υδροσυστήματος όπως αυτού της Ύδρας, είναι πολύ χρήσιμη από επιχειρησιακή άποψη, διότι αναγνωρίζονται πιθανά σενάρια αστοχίας του συστήματος και τρόποι αντιμετώπισής τους. Είναι επίσης πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον προγραμματισμό έργων βελτίωσης του συστήματος, και την αποτίμηση της αποδοτικότητά τους

Σαν τελικό συμπέρασμα, θα μπορούσε να λεχθεί ότι, η εγκατάσταση αφαλάτωσης της Ύδρας αλλά και το ιδιωτικό καθεστώς λειτουργίας της, ήταν ένα πολύ σημαντικό βήμα για την απεξάρτηση της υδροδότησης του νησιού από μεταφερόμενο νερό κακής ποιότητας. Η μέχρι τώρα απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης, επέτρεψε στο σύστημα ύδρευσης να παρουσιάζει μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και να καλύπτει πλήρως τις υδατικές ανάγκες του νησιού με νερό υψηλής ποιότητας.

Το αμέσως μεγαλύτερο βήμα είναι η ριζική αναβάθμιση του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης της Ύδρας που χρήζει άμεσης αντικατάστασης. Κρίνεται απόλυτα θετικό ότι υπάρχει ενεργός διαγωνισμός, για την ανάθεση του έργου με τίτλο: «ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΥΔΡΑΣ», συνολικού κόστους 1.720.000 ευρώ. Η χρηματοδότηση για αυτό το εξαιρετικής σημασίας έργο προέρχεται από το πρόγραμμα ΦΙΛΟΔΗΜΟΣ, το οποίο έχει ως στόχο της χρηματοδότηση των ΟΤΑ για σημαντικά έργα σε τομείς όπως της ύδρευσης, αποχέτευσης κ.α.

Θα πρέπει επίσης να διερευνηθεί η σκοπιμότητα της αύξησης της χωρητικότητας των δεξαμενών νερού, ώστε να επιτρέπουν μεγαλύτερη της ημερήσιας ρύθμιση, σε σχέση και με το απαιτούμενο κόστος για τα σχετικά έργα.

7 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

Ελληνόγλωσση

Αγγελάκης Ανδρέας (2022), *Δυνατότητες Παραγωγής Πόσιμου Νερού με Τεχνολογίες Αφαλάτωσης στην Ελλάδα*

<https://www.a-angelakis.gr/index.php/news/item/20-dynatotites-paragogis-posimou-nerou-me-texnologies-afalatosis-stin-ellada>

Αλεξιάκης Α. (1993) *Αφαλάτωση, Εκδόσεις Μιχάλη Σιδέρη*

Αντωνόπουλος Β. (2020), *Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών*

http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/antonopoulos_b.pdf

Αυλωνίτης Σταμάτης (2006), *Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2006*

ΓΕΟ. (2020), *Οι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα.*

<http://www.geo.auth.gr/763/ch9.htm>.

Δαγκαλίδης Α. (2009), «Κλαδική μελέτη: Αφαλάτωση νερού». Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών, Τράπεζα Πειραιώς, 2009

<https://docplayer.gr/2695911-Kla-iki-meleti-afalatosi-neroy.html>

Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου, *Μονάδες αφαλάτωσης στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου Τεχνολογίες, Θεσμικό πλαίσιο, χρήση ΑΠΕ και Μελέτες περίπτωσης: Πάτμος, Λειψοί, Θηρασιά*

<https://docplayer.gr/968140-Energeiako-grafeio-ioy-aigaiou-monades-afalatosis-sta-anydra-nisia-toy-aigaiou.html>

Ημερίδα Τεχνολογίες Αφαλάτωσης Αναδυόμενες Τάσεις, «Λειτουργία & Συντήρηση Μονάδων Αφαλάτωσης με σύμβαση παροχής υπηρεσιών» Το θεσμικό πλαίσιο και η εμπειρία στην Ελλάδα» Dr.-Ing, Αλέξανδρος Υφαντής Αντιπρόεδρος Ελληνικού Συνδέσμου Αφαλάτωσης (ΕΣΑΦ)

<http://docplayer.gr/74776455-Leitoyrgia-syntirisi-monadon-afalatosis-me-symvasi-parohis-ypiresion-to-thesmiko-plaisio-kai-i-empeiria-stin-ellada.html>

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Θεοχάρη, Χ. (2020), *Νερό: ένα πολύτιμο κοινωνικό αγαθό*.

https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/8_hr_theohari_nero_ena_polytim_o_koinoniko_agatho.pdf .

Θεοχάρης, Μ., Μυριούνης Χ. (2015) *Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Νιτρορύπανση-Υφαλμύριση, Άρτα*

<https://eclass.teiep.gr/courses/TEXG114/>

Ειδική γραμματεία υδάτων (2015), *1η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (EL14)*

http://wfdver.ypeka.gr/wpcontent/uploads/2017/12/EL14_SDLAP_APPROVED.pdf?fbclid=IwAR2rnL2jUDpOxI2LQrT5LEI9QgxIvyzIYLG18c0QLXml_I_cOjJXid60JGQ

Ευστρατιάδης Α., Καραβοκυρός Γ, Κουτσογιάννης Δ. (2007), *Θεωρητική τεκμηρίωση μμοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ»*

https://www.itia.ntua.gr/el/softwaredownload/4/2/software/Hydronomeas_theory.pdf

Ευστρατιάδης Α., Κοσιέρης Π. & Μακρόπουλος Χ. (2019) *Υδρευτικές καταναλώσεις, Εκπαιδευτικές σημειώσεις*.

https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1754/1/documents/D1_Demands_UIocYmN.pdf

Καραβίτης, Χ. & Αγγελίδης, Σ. (2005). *Διαχείριση Περιβάλλοντος-Διαχείριση Υδατικών Πόρων Και Περιβάλλον, Διδακτικές σημειώσεις, 3ο εξάμηνο, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Καραβοκυρός Γ, Ευστρατιάδης Α., Βαζίμας Ι., *Υδρονομέας (έκδοσης 4.0)*

Υπολογιστικό Σύστημα Προσομοίωσης και Βέλτιστης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων-Οδηγίες χρήσης λογισμικού

https://www.itia.ntua.gr/el/softwaredownload/4/3/software/Hydronomeas_4.0_user_manual.pdf

Κατσιγιάννη Ξ., Δούκισσας Α. (2018) *Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι και Διαχείριση*

Υδατικών Πόρων στις Νησιωτικές Περιοχές των Κυκλάδων: Η Περίπτωση της Άνδρου

https://www.researchgate.net/publication/328214983_Periballontikoi_Kindynoi_kai_Diacheirise_Ydatikon_Poron_stis_Nesiotikes_Perioches_ton_Kykladon_E_Periptose_tes_Androu

Μπακογιάννη Δ. (2016), *Χωρική κατανομή μονάδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα. Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης της άλμης από τη βιομηχανία Διπλωματική εργασία Ε.Μ.Π.*
https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/43669/Bakogianni_Desalination.pdf?sequence=1

Μπούζιος Ι. (2016) *Διαχείριση Υδατικών Πόρων Άνυδρων Νησιών. Το Υδροσύστημα Μυκόνου. Διπλωματική εργασία Ε.Μ.Π.*
<https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1667/1/documents/mpouzios.pdf>

Μπούτσικου Ε. , Δραγανίγος Α. (2019), *Αφαλάτωση και σύννοδα έργα της Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ) Α.Ε*
https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf

Νικολόπουλος, Δ. (2015), *Ανάπτυξη μοντέλου συνδυασμένης διαχείρισης λεκανών απορροής Αχελώου και Πηνειού. Διπλωματική εργασία, Αθήνα: ΕΜΠ.*
https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1544/1/documents/thesis_nikolopoulos.pdf

Ξεύγενος, Δημήτριος (2016), *Αξιοποίηση υγρού υπολείμματος από μονάδες αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την ανάκτηση νερού και την παραγωγή άλατος*
<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/37648?lang=el#page/70/mode/2up>

Σπιλάνης, Ι., Ακριβοπούλου, Ι., Γάκης, Κ., Μιχαηλίδης, Γ. & Νιάρχος, Α. (2015), *Ο Καλλικράτης στα νησιά*
<https://www.eetaa.gr/ekdoseis/pdf/148.pdf>

Στουρνάρας, Γ., Νάστος, Π., Γιόξας, Γ., Ευελπίδου, Ν., Βασιλάκης, Ε., Παρτσινεβελου, Σ.Α. & Ηλιόπουλος, Β. (2011), *Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά σώματα του ελλαδικού χώρου*
https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/Επιπτώσεις_Κλιματικής_Αλλαγής_στα_Επιφανειακά_και_Υπόγεια_Υδατικά_Σώματα_Rev.pdf?mode=preview

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Σύμβαση Δήμου Ύδρας με ΤΕΜΑΚ Α.Ε (2013) Παροχή υπηρεσιών επεξεργασίας νερού στον Δήμο Ύδρας.

Συμπέθερος Ιωάννης (2021), Διδακτικές σημειώσεις από το μάθημα Διαχείριση υδατικών πόρων στο <https://eclass.uniwa.gr/>

Τεχνική έκθεση Δήμος Ύδρας (2019), Αντικατάσταση αγωγών εσωτερικού δικτύου ύδρευσης Ύδρας

<https://ydra.gov.gr/articlesmore/details/?id=2592>

Τεχνική περιγραφή Δήμος Ύδρας (2017), Προμήθεια, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία εξοπλισμού τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού για την ασφαλή επίβλεψη και λειτουργία του συστήματος υδροδότησης της νήσου Ύδρας.

<https://www.ydra.gov.gr/share/files/fck/File/tileelegxos/5.pdf>

Τεχνική υπηρεσία δήμου Κεφαλονιάς (2017), Μελέτη Μονάδα αφαλάτωσης στο Αργοστόλι Κεφαλονιάς δυναμικότητας 8.000 Κ.Μ πόσιμο νερού την ημέρα

<http://www.kefallonia.gov.gr/media/gkontogi/tehniki/%CE%A4%CE%95%CE%A5%CE%A7%CE%97%20%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%CE%A3.pdf>

Τζεν Ευτυχία (2015), Η τεχνολογία αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά,

http://www.sealab.gr/download/attachments/16482634/Tzen_Session+2.pdf?version=1&modificationDate=1447593671000

Τσακίρης, Γ. (2020), Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα

Υλικό ημερίδας της ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ Περιβάλλοντος και Πολιτισμού

Σύρος, 19 Ιουνίου 2010 με θέμα «Βιώσιμη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στο Αιγαίο», Ερμούπολη,

<http://www.egaio.gr/news.php?mid=4&smid=298&screen=2>

ΥΠΕΝ. (2020), Διαχείριση υδατικών πόρων

<https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/diacheirisi-ydatikon-poron/>

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

Υφαντής Νικόλαος (2011), *Σχεδιασμός και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης νερού με αντίστροφη ώσμωση-μελέτες περιπτώσεων-Διδακτορική διατριβή*, Αθήνα: ΕΜΠ

<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/31585?lang=el#page/1/mode/2up>

Ξενόγλωσση

Arampatzis G. , Kartalidis M. , Assimacopoulos D. (2017), *Responding to Water Challenges Through Desalination: Energy Considerations* doi: [10.5772/intechopen.69956](https://doi.org/10.5772/intechopen.69956)

Ebrahimi, A., Najafpour, G. D. & Yousefi Kebria, D. (2019), "Performance of microbial desalination cell for salt removal and energy generation using different catholyte solutions". *Desalination*. 432: 1. doi:[10.1016/j.desal.2018.01.002](https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.01.002)

Fischetti, M. (September 2007), "Fresh from the Sea". *Scientific American*. 297 (3): 118–119 doi:[10.1038/scientificamerican0907-118](https://doi.org/10.1038/scientificamerican0907-118)

Gikas, P. & Angelakis, A.N. (2008), *Water resources management in the Greek river basin districts of Crete and Aegean islands, with emphasis on the utilization of non-conventional water sources*. *Desalination*, 248, 1049–1064

Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M.T. H., Smakhtin, V. & Kang, S. (March 20, 2019). "[The state of desalination and brine production: A global outlook](#)". *Science of the Total Environment*. 657: 1343–1356.

Kalogirou, S. (2005), *Seawater desalination using renewable energy sources*. 31, 242–281

<https://doi.org/10.1016/j.peccs.2005.03.001>

Karavokiros G, Efstratiadis A, and Koutsoyiannis D, *Determining management scenarios for the water resource system of Athens, Proceedings, Hydrorama 2002, 3rd International Forum on Integrated Water Management, 175–181*, doi:[10.13140/RG.2.1.3135.7684](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3135.7684), *Water Supply and Sewerage Company of Athens, Athens, 2002*

Koroneos, C., Dompros, A. & Roubas, G. (2007), *Renewable energy driven desalination systems modelling*. *J. Clean. Prod.*, 15, 449–464.

ΠΑΔΑ, Τμήμα ΠΟΛ.ΜΗΧ., Διπλωματική Εργασία, Διγενάκης Γεώργιος, Δρακόπουλος Νικόλαος-Ζωγράφος

Lachish, Uri, *Optimizing the Efficiency of Reverse Osmosis Seawater Desalination*

<https://urila.tripod.com/Seawater.htm>

Latteman, S. (2010), *Development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants. Netherlands. Retrieved from*

<http://desalination-delft.nl/wp-content/uploads/2018/06/Lattemann-2010-Environmental-impact-SWRO.pdf>

Panagopoulos, A. (2020), "A comparative study on minimum and actual energy consumption for the treatment of desalination brine". *Energy*. 212:

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118733>.

Panagopoulos, A., Haralambous, K.J. (December, 2020), *Environmental impacts of desalination and brine treatment - Challenges and mitigation measures*

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111773>

Panagopoulos, A., Haralambous, K.J. & Loizidou, M. (November 25, 2019),

"Desalination brine disposal methods and treatment technologies - A review". *The Science of the Total Environment*. 693: 133545

Rautenbach, M. (2007), *Membranverfahren – Grundlagen der Modul und Anlagenauslegung. Germany: Springer Verlag Berlin*

Warsinger, D. M., Mistry, K. H., Nayar, K. G., Chung, H. W., Lienhard V. &

John, H. (2015), "Entropy Generation of Desalination Powered by Variable Temperature Waste Heat" *Entropy*. 17 (12): 7530–7566.

Warsinger, D. M., Tow, E., Nayar, K. G., Maswadeh, L. A., Lienhard V. & John,

H. (2016), "Energy efficiency of batch and semi-batch (CCRO) reverse osmosis desalination". *Water Research*. 106: 272–282.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.09.029>

Warsinger, D.M., Tow, E. W., Swaminathan, J., Lienhard, V. & John, H. (2017),

"Theoretical framework for predicting inorganic fouling in membrane distillation and experimental validation with calcium sulfate". *Journal of Membrane Science*. 528: 381–390

<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.01.031>

Wilkinson, R. C. (March 2007), "Analysis of the Energy Intensity of Water Supplies for West Basin Municipal Water District"

<http://www.westbasin.org/files/general-pdfs/Energy--UCSB-energy-study.pdf>.

U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. (2009), Brine-Concentrate treatment and Disposal Options Report: Southern California Regional Brine-Concentrate Management Study – Phase I, Lower Colorado Region

Zhang, S.X.; V. Babovic (2012), "A real options approach to the design and architecture of water supply systems using innovative water technologies under uncertainty". Journal of Hydroinformatics. 14: 13–29.

<https://doi.org/10.2166/hydro.2011.078>

Ηλεκτρονικές

<https://www.itia.ntua.gr/el/>

https://european-union.europa.eu/index_el

<https://en.wikipedia.org/>

<https://www.cycladesvoice.gr/index.php?aid=83348>

<https://bioximikos.gr/topics/ecology/159-omvrothermiko-diagramma>

<http://www.ydra.gov.gr/articlesmore/details/?id=61>.

<http://www.hydra.gr/front/?cat=1>

<http://wfdver.ypeka.gr/el/home-gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας <https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/diacheirisi-ydatikon-poron/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή <https://www.statistics.gr/el/home>

<https://www.globalwaterintel.com/>

<https://ourworldindata.org/>

Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ύδρας (Διερεύνηση και αποτίμηση εγκατάστασης αφαλάτωσης του νησιού – Σενάρια διαχείρισης νερού ύδρευσης με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης υδροσυστημάτων), 2022

<https://data.worldbank.org/>

<http://www.ypai.gr/site/home/Basic+Menu/Initiatives+of+Growth/Water+feeder.csp;jsessionid=c0a81e0a30da2def596bb4cf495b955ad47f3002c295.e38Pch0Kbh4Nc40Obh8Sbx4Lb41ynknvrkLOlQzNp65In0?mode=print&pagenum=1>

Λογισμικά

Microsoft office Word 2019

Excel Microsoft office 2019

Υδρονομέας <https://www.itia.ntua.gr/el/softinfo/4/>

Νόμοι

ΕΕ Οδηγία 2000/60.

ΦΕΚ 892/Β'/2001.

Ν. 3199/2003.

Ν. 3882/2010.

145893/12.05.2014 ΚΥΑ.

Ν. 4281/2014

Παράρτημα Α

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΥΔΡΑΣ

1. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω:

ΜΟΝΙΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΟΣ

ΕΠΟΧΙΚΟΣ ΚΑΤΟΙΚΟΣ

2. Σε ποιες από τις παρακάτω καθημερινές σας ανάγκες χρησιμοποιούσατε το νερού το δικτύου όταν μεταφερόταν με πλοία υδροφόρες; (Επιλέξτε παραπάνω από μια απάντηση)

ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ

ΠΛΥΣΙΜΟ ΡΟΥΧΩΝ-ΠΙΑΤΩΝ, ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΣΠΙΤΙΟΥ

ΠΟΤΙΣΜΑ ΦΥΤΩΝ

ΚΟΥΖΙΝΑ-ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ

ΤΟΥΑΛΕΤΑ

ΠΟΣΙΜΟ

3. Σε ποιες από τις παρακάτω καθημερινές σας ανάγκες χρησιμοποιούσατε το νερού το δικτύου από αφαλάτωση; (Επιλέξτε παραπάνω από μια απάντηση)

ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ

ΠΛΥΣΙΜΟ ΡΟΥΧΩΝ-ΠΙΑΤΩΝ, ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΣΠΙΤΙΟΥ

ΠΟΤΙΣΜΟ ΦΥΤΩΝ

ΚΟΥΖΙΝΑ-ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ

ΤΟΥΑΛΕΤΑ

ΠΟΣΙΜΟ

4. Το νερό στην περιοχή σας όταν μεταφερόταν με υδροφόρα πλοία ήταν: (επιλέξτε ένα από τα παρακάτω)

ΚΑΚΟ ΜΕΤΡΙΟ ΚΑΛΟ

5. Το νερό στην περιοχή σας από την μονάδα αφαλάτωσης είναι: (επιλέξτε ένα από τα παρακάτω)

ΚΑΚΟ ΜΕΤΡΙΟ ΚΑΛΟ

6. Πόσο συχνές είναι οι διακοπές στην υδροδότηση σε μηνιαίο επίπεδο; (επιλέξτε ένα από τα παρακάτω)

0 – 1 2 - 4 5+

7. Το νερό ως προς την γεύση του είναι: (επιλέξτε ένα από τα παρακάτω)

ΑΓΕΥΣΤΟ ΓΛΥΚΟ ΓΛΥΦΟ

8. Έχετε παρατηρήσει οικονομικό όφελος από την τιμή αγοράς νερού από την μονάδα αφαλάτωσης σε σχέση με το τιμή το μεταφερόμενου νερού;

ΝΑΙ ΟΧΙ

9. Ποια μέθοδο ύδρευσης προτιμάτε;

Μεταφορά με υδροφόρα πλοία

Αφαλάτωση

10. Είστε υπέρ της διαχείρισης του νερού μέσω της σύμπραξης δημόσιου-ιδιωτικού τομέα (Σ.Δ.Ι.Τ):

ΝΑΙ ΟΧΙ

11. Ποια θεωρείτε ότι είναι τα αρνητικά αυτού του έργου, εάν υπάρχουν); (Επιλέξτε παραπάνω από μια απάντηση) [εξηγήστε μέσα σε 5 λέξεις, ένα επιλέξετε την επιλογή ΑΛΛΟ]

ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΑΛΛΟ

.....

12. Σήμερα χρησιμοποιείτε εμφιαλωμένο νερό;

ΝΑΙ ΟΧΙ

13. Χρησιμοποιείτε φίλτρο στο νερό της βρύσης;

ΝΑΙ ΟΧΙ