



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Βέλτιστος προγραμματισμός λειτουργίας συστήματος αφαλάτωσης
δίδυμων μονάδων υπό καθεστώς συμμετοχής στην αγορά
ηλεκτρικής ενέργειας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Δημητρίου Κολογγιού

Επιβλέπων:

Δρ. Δημήτριος Ζαφειράκης

Επίκουρος καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Μάρτιος 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Βέλτιστος προγραμματισμός λειτουργίας συστήματος αφαλάτωσης
δίδυμων μονάδων υπό καθεστώς συμμετοχής στην αγορά
ηλεκτρικής ενέργειας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Δημητρίου Κολογγιού

Επιβλέπων: Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης

Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 14^η Μαρτίου 2024

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Δρ Κοσμάς Καββαδίας
Αναπληρωτής Καθηγητής
Πα.Δ.Α.

Δρ Κωνσταντίνος Μουστρής
Καθηγητής
Πα.Δ.Α.

Δρ Αιμιλία Κονδύλη
Καθηγήτρια
Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Μάρτιος 2024

Copyright © - Κολογγιός Δημήτριος, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολόκληρου 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 στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κολογγιός Δημήτριος του Ζώη, με αριθμό μητρώου 47164 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Μηχανικών, του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα 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 μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Δημήτριος Κολογγιός

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Δημήτρη Ζαφειράκη, για τη διαρκή υποστήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε σε οποιαδήποτε δυσκολία εμφανίστηκε. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην εταιρεία ΤΕΜΑΚ για την εμπιστοσύνη και ειδικότερα στον κύριο Ζώη Κολογγιό που μου παρείχε οποιαδήποτε πληροφορία χρειάστηκα για να εκπονήσω την διπλωματική μου εργασία.

Στη συνέχεια, θέλω να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου Κουτσιούμπη Κωνσταντίνο, Καραπάσια Ανδρέα και Κασάπη Σταμάτη για την αλληλοβοήθεια και συμπαράσταση που έδειχνε ο ένας στον άλλο κατά την διάρκεια της φοιτητικής μας διαδρομής.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για το κουράγιο και την υπομονή που μου έδειξαν όλο αυτό το διάστημα που ήμουν φοιτητής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γεγονός, πως τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια κοινότητα είναι πιο ευαισθητοποιημένη από ποτέ συγκριτικά με την δημιουργία ενεργειακών συστημάτων των οποίων πρωταγωνιστής θα είναι οι ΑΠΕ. Η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα προς τις ΑΠΕ έχει κάποιες προκλήσεις, οι οποίες προκύπτουν από την αβεβαιότητα στον τρόπο με τον οποίο παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια. Παρόλα αυτά, το ζήτημα της αβεβαιότητας μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της ευελιξίας και της σύζευξης των τομέων, όπως της ενέργειας και του νερού με την χρήση ΑΠΕ στο κομμάτι της αφαλάτωσης του νερού. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφαλάτωσης στην χώρα μας σήμερα είναι η αντίστροφη ώσμωση και πολλά συστήματα βασισμένα σε αυτή βρίσκονται στα Ελληνικά νησιά με η χωρίς την συνεργασία με ΑΠΕ. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η λειτουργία του συστήματος αφαλάτωσης στην Ύδρα, καθώς και κάποια σενάρια με σκοπό την έκδοση προημερησίων προγραμμάτων λειτουργίας ελαχιστοποιημένου κόστους. Για το σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν μακροχρόνια δεδομένα πραγματικής λειτουργίας του συστήματος για την εξαγωγή εμπειρικών μοτίβων και περιορισμών στην βάση των οποίων αναπτύσσονται προτεινόμενες στρατηγικές ένταξης με την παράλληλη διερεύνηση των διαφορετικών σεναρίων ως προς τις επικρατούσες τιμές σε περιβάλλον αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Λέξεις Κλειδιά : Ευελιξία, σύζευξη τομέων ενέργειας και νερού, αντίστροφη ώσμωση, αφαλάτωση στην Ελλάδα.

ABSTRACT

It is undeniable, that during the past years, the worldwide community is more aware than ever of the creation of energy systems, whose leader will be the renewable energy sources (RES). The transition from the fossil fuels to the RES, brings out some challenges, that derive from the uncertainty in the way they produce electric power. Despite this, the issue of uncertainty can be dealt with flexibility and the sector coupling, i.e., energy and water coupling, with the use of the RES in the field of water desalination. The most popular desalination method in our country nowadays is this of reverse osmosis (RO), and many of those systems are installed in Greek islands with or without RES cooperation. In this particular thesis, the operation of the water desalination system in HYDRA is presented, as well as other different scenarios that aim to the creation of day-ahead operation programs of minimized cost. For that reason, long-term data of the actual system operation were collected, for the extraction of empirical patterns and limitations on which, suggested integration strategies are developed with the simultaneous research of the different scenarios in regard of the prevailing prices in the electricity market environment.

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
m ³	κυβικά μέτρα
km ³	κυβικά χιλιόμετρα
kWh	Κιλοβατώρα
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΣΕΚ	Εθνικό σχέδιο Ενέργειας και Κλίματος
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

IRENA	International Renewable Energy Agency
VRE	Variable Renewable Energy
TES	Thermal Energy Storage
MSF	Multi stage Flash
MED	Multi Effect Distillation
RO	Reverse Osmosis
ED	Electro-Dialysis
CDI	Capacitive Deionization
IXR	Ion-Exchange Resin
SWRO	Sea Water Reverse Osmosis
BWRO	Brackish Water Reverse Osmosis
SEC	Specific Energy Consumption
TDS	Total-Dissolved Solids
CSP	Concentrated Solar Power
PV	Photovoltaic
PLC	Programmable Logic Controllers
PID	Process Instrument Diagram
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
RES	Renewable Energy Sources

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	1
1.2.	ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΕ	2
1.2.1	ΕΥΕΛΙΞΙΑ	3
1.2.2	ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΕ	5
1.2.3	ΣΥΖΕΥΞΗ ΤΟΜΕΩΝ (power-to-heat, power-to-hydrogen, electric vehicles)	8
2.	ΣΥΖΕΥΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ – ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	11
2.1.	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ (REVERSE OSMOSIS – RO).....	12
2.1.1.	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	16
2.1.1.1.	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	16
2.1.1.2.	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	17
3.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	19
4.	ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	22
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΥΔΡΑΣ)	24
5.1.	ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....	26
5.1.1.	Υδροληψία θαλασσινού νερού - Δεξαμενισμός Θαλασσινού νερού.....	26
5.1.2.	Αντλίες τροφοδοσίας - Στάδιο προ-κατεργασίας – Φίλτραση θαλασσινού νερού.....	27
5.1.3.	Αντίστροφη ώσμωση.....	29
5.1.4.	Στάδιο μετά-κατεργασίας	33
5.1.5.	Δεξαμενισμός πόσιμου νερού - Μεταφορά στις κεντρικές δεξαμενές του Δήμου Ύδρας – Ηλεκτρική τροφοδοσία.....	34
6.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	40
6.1.	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ - ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	42
6.1.1.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΕΤΡΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΚΑΙ 3 ΕΠΑΝΝΕΚΙΝΗΣΕΩΝ	46
6.1.2.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΚΑΙ ΔΥΟ ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΕΩΝ	53
6.1.3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΩΔΕΚΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	60
6.1.4.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ...	64

7. ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Remap σενάριο για τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας έως και 2 βαθμούς Κελσίου (°C).	2
Σχήμα 1.2: Πηγές ευελιξίας σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.	3
Σχήμα 1.3: Πηγές ευελιξίας για τη δημιουργία λύσεων στον βιομηχανικό, εμπορικό και οικιακό τομέα.....	5
Σχήμα 1.4: Ενεργειακό σύστημα βασισμένο σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ.	8
Σχήμα 1.5: Μέθοδοι έξυπνης φόρτισης.	10
Σχήμα 2.1: Τεχνολογίες αφαλάτωσης διαχωρισμένες αναλόγως της αρχής λειτουργίας τους.	12
Σχήμα 2.2: Ποσοστό τεχνολογιών αφαλάτωσης παγκοσμίως για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού.	14
Σχήμα 2.3: Διάγραμμα μονάδας RO με σύστημα ανάκτησης ενέργειας.	15
Σχήμα 2.1.1.1.1: Σχηματική αναπαράσταση PV – RO συστήματος.....	17
Σχήμα 2.1.1.2.1: Σχηματική αναπαράσταση Wind – RO συστήματος.	18
Σχήμα 5.1.5.1: Απεικόνιση διαχρονικής μεταβολής μηνιαίας κατανάλωσης νερού σε m ³	36
Σχήμα 5.1.5.2: Προ-κατεργασία θαλασσινού νερού σε PID μορφή.	37
Σχήμα 5.1.5.3: Σύστημα αντίστροφης ώσμωσης σε PID μορφή.	38
Σχήμα 5.1.5.4: Μετα-κατεργασία αφαλατωμένου νερού σε PID μορφή.	39
Σχήμα 6.1.1: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης των οικονομικότερων τετραώρων την περίοδο 2016-2023.	44
Σχήμα 6.1.2: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης των οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2016-2023.....	45
Σχήμα 6.1.3: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης του οικονομικότερου δωδεκαώρου την περίοδο 2016-2023.....	45
Σχήμα 6.1.1.1: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα το 2016.	46
Σχήμα 6.1.1.2: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2017 έως το 2019.	47
Σχήμα 6.1.1.3: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2020 έως το 2022.	48
Σχήμα 6.1.1.4: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα σενάρια το 2023.	49
Σχήμα 6.1.1.5: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα το 2016..	49
Σχήμα 6.1.1.6: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2017 έως το 2019.	50
Σχήμα 6.1.1.7: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2020 έως το 2022.	51
Σχήμα 6.1.1.8: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα το 2023..	52

Σχήμα 6.1.1.9: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα την περίοδο 2016-2023.	52
Σχήμα 6.1.1.10: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του τετράωρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.	52
Σχήμα 6.1.2.1: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων το 2016.	53
Σχήμα 6.1.2.2: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2017-2019.	54
Σχήμα 6.1.2.3: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2020-2022.	55
Σχήμα 6.1.2.4: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων το 2023.	56
Σχήμα 6.1.2.5: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2016-2017.	56
Σχήμα 6.1.2.6: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2018-2020.	57
Σχήμα 6.1.2.7: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2021-2023.	58
Σχήμα 6.1.2.8: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2016-2023.	59
Σχήμα 6.1.2.9: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του εξαώρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.	59
Σχήμα 6.1.3.1: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2016 και 2017.	60
Σχήμα 6.1.3.2: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2018, 2019 και 2020.	61
Σχήμα 6.1.3.3: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2021, 2022 και 2023.	62
Σχήμα 6.1.3.4: Μέσος όρος τιμής €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου στο διάστημα 2016-2023.	63
Σχήμα 6.1.3.5: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του δωδεκαώρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.	63
Σχήμα 6.1.4.1: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK τα έτη 2016 και 2017.	64
Σχήμα 6.1.4.2: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK τα έτη 2018, 2019, 2020.	65
Σχήμα 6.1.4.3 : Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2021.	66
Σχήμα 6.1.4.4: : Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2021 , με την προσθήκη της ρήτρας αναπροσαρμογής τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο.	66
Σχήμα 6.1.4.5: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2022.	67
Σχήμα 6.1.4.6: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2022 , με την προσθήκη της ρήτρας αναπροσαρμογής από τον Ιανουάριο έως και τον Ιούλιο.	67
Σχήμα 6.1.4.7: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK τα έτη 2021, 2022, 2023.	68

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εξέλιξη στο μερίδιο συμμετοχής ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση έως το 2030.	6
Πίνακας 2: Προβλέψεις όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ ανά τομέα έως το 2030.	6
Πίνακας 3: Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.	7
Πίνακας 4: Ηλεκτροπαραγωγή από μονάδες ΑΠΕ.	7
Πίνακας 5: Σύγκριση παραμέτρων ανάμεσα σε BWRO και SWRO.	16
Πίνακας 6: Όγκος μεταφερόμενου νερού σε κυβικά ανά έτος ($m^3/έτος$) σε 11 νησιά των Κυκλάδων κατά την περίοδο 1997 – 2002.	19
Πίνακας 7: Όγκος μεταφερόμενου νερού σε κυβικά ανά έτος ($m^3/έτος$) σε εννέα νησιά της Δωδεκανήσου κατά την περίοδο 1997 – 2002.	20
Πίνακας 8: Συστήματα αντίστροφης ώσμωσης σε λειτουργία με την χρήση ΑΠΕ στην Ελλάδα.	21
Πίνακας 9: Μερικά από τα έργα αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά. (*Η CULLIGAN Greece μετονομάστηκε σε WATERA Hellas το έτος 2017, (2)=2 συστήματα αφαλάτωσης).	23
Πίνακας 10: Εκτιμώμενη κατανάλωση νερού στην Ύδρα το 2012.	24
Πίνακας 11: Μηνιαία κατανάλωση νερού σε κυβικά μέτρα (m^3) στο νησί της Ύδρας από την έναρξη λειτουργίας της μονάδας.	35
Πίνακας 12: Μηνιαίες τιμές kWh για το σύστημα αφαλάτωσης στο Μανδράκι της Ύδρας.	41
Πίνακας 13: Αποκλειστική τιμή ρεύματος χωρίς το συνυπολογισμό ρυθμιζόμενων χρεώσεων, επιδοτήσεων και πιστώσεων.	41
Πίνακας 14: Διαχρονική μεταβολή της τιμής €/kWh – απολογιστική χρέωση ΤΕΜΑΚ.	41
Πίνακας 15: Τιμή ρεύματος υπολογισμένη με βάση την τιμή €/kWh από τον ENTSO.	42
Πίνακας 16: Τιμή €/kWh με δυναμική τιμολόγηση.....	42
Πίνακας 17: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο τετράωρο σενάριο.....	43
Πίνακας 18: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο εξάωρο σενάριο.....	43
Πίνακας 19: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο δωδεκάωρο σενάριο.....	43

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

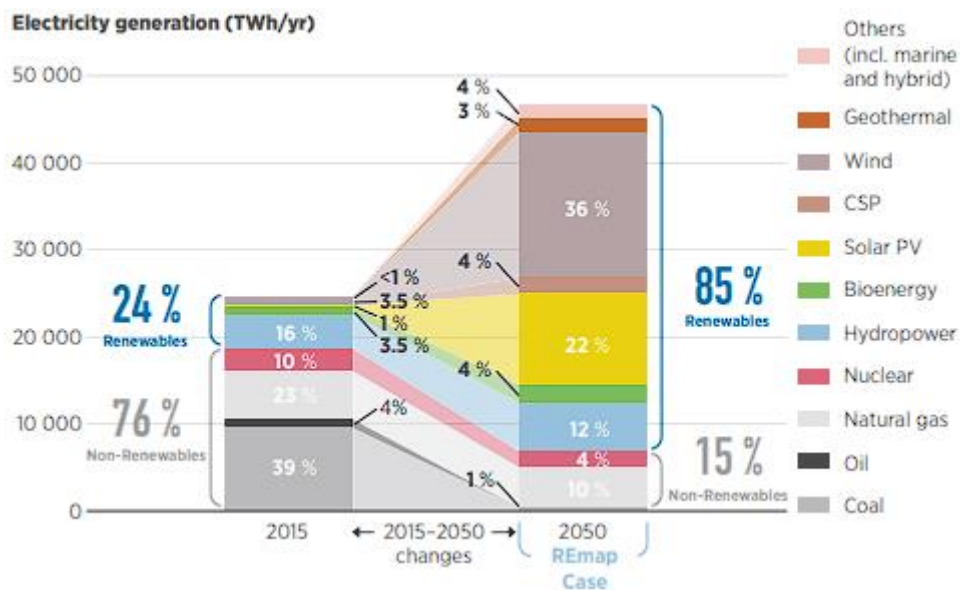
Εικόνα 1: Η διαδικασία της ώσμωσης (αριστερά) και της αντίστροφης ώσμωσης (δεξιά).	13
Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση του cross flow filtration.	13
Εικόνα 3: Εικονική αναπαράσταση της δομής μιας μεμβράνης RO.	14
Εικόνα 4: Απεικόνιση της διαδρομής του νερού από την μονάδα αφαλάτωσης στο Μανδράκι.....	25
Εικόνα 5: Απεικόνιση των τριών υποβρύχιων αντλιών (αριστερά) και της δεξαμενής συλλογής θαλασσινού νερού (δεξιά).	27
Εικόνα 6: Απεικόνιση αντλιών τροφοδοσίας και φίλτρων άμμου.	28
Εικόνα 7: Απεικόνιση των container, μέσα στα οποία βρίσκονται τα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης.	29
Εικόνα 8: Απεικόνιση αυτόματης βάνας εισόδου.	29
Εικόνα 9: Κάδος αποθήκευσης αντικαθαλωτικού χωρητικότητας 180 lit.	30
Εικόνα 10: Απεικόνιση τριών φίλτρων φυσιγγίων 5μm.	30
Εικόνα 11: Αντλία υψηλής πίεσης.	31
Εικόνα 12: Απεικόνιση των μεμβρανοθηκών.	31
Εικόνα 13: Σύστημα ανάκτησης ενέργειας.	32
Εικόνα 14: Σύστημα έκπλυσης μεμβρανών.	32
Εικόνα 15: Απεικόνιση σταθμού δΟΣΟΜΕΤΡΗΣΗΣ θεικού οξέος(αριστερά) και των φίλτρων πρόσδοσης σκληρότητας (δεξιά).	33
Εικόνα 16: Απεικόνιση αντλιών τροφοδοσίας νερού στα Καλά Πηγάδια (αριστερά) και δεξαμενής αποθήκευσης θαλασσινού νερού (δεξιά).	34

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

Η ενεργειακή μετάβαση προς ένα ενεργειακό σύστημα, το οποίο θα είναι απαλλαγμένο από εκπομπές άνθρακα, μπορεί να αποτελέσει έναν καθοριστικό παράγοντα στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων, όπως αυτό της υπερθέρμανσης του πλανήτη, συμβάλλοντας ταυτόχρονα και στην ανθρώπινη ασφάλεια και ευημερία. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί τον βασικό παράγοντα για να υπάρχει παραγωγή στον βιομηχανικό τομέα. Στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη, η βιομηχανία καταναλώνει το 50 τοις εκατό της ενεργειακής παραγωγής, γεγονός που δηλώνει της σημαντικότητα του ηλεκτρισμού. Μάλιστα, εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα βασικό οικονομικό αγαθό, τα καλά οργανωμένα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν την βασική προϋπόθεση για να λειτουργεί ομαλά ο βιομηχανικός τομέας τόσο στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά και στις αναπτυσσόμενες. Στο παρελθόν, για να λάβουν οι κοινωνίες και οι βιομηχανίες την ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνταν σε αυτές μεγάλοι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι ήταν και είναι υπεύθυνοι για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) [1].

Στις 12 Δεκεμβρίου του 2015, με βάση τη συμφωνία του Παρισιού καθιερώθηκε σαν στόχος οι παγκόσμιες κυβερνήσεις να διατηρήσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου(°C) και να γίνουν προσπάθειες να περιοριστεί στον 1.5(°C). Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο στόχος, θα έπρεπε οι κοινωνίες να σταματήσουν να βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, και εναλλακτικά να χρησιμοποιήσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) [2]. Σε αυτό το πλαίσιο, η Γερμανία αποφάσισε να κλείσει τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα έως το 2038. [3]. Ο παγκόσμιος οδικός χάρτης του IRENA (International Renewable Energy Agency) Remap, αναφέρει πως μέχρι το 2050 οι ΑΠΕ θα μπορούσαν να συμβάλλουν στα δύο τρίτα του παγκόσμιας προσφοράς στο κομμάτι της πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σύμφωνα με το Remap η συνολική τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί από το 20% που είναι σήμερα στο 40% έως το 2050. Για να ικανοποιηθεί αυτή η ζήτηση, θα πρέπει το μερίδιο των ΑΠΕ στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό, με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια να αποτελούν το 60% αυτής της παραγωγής. Με άλλα λόγια, αρκετές χώρες θα πρέπει να ξεκινήσουν να υιοθετούν την ιδέα ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο, θα έχει σαν βασική πηγή τροφοδοσίας αιολικά και ηλιακά συστήματα.



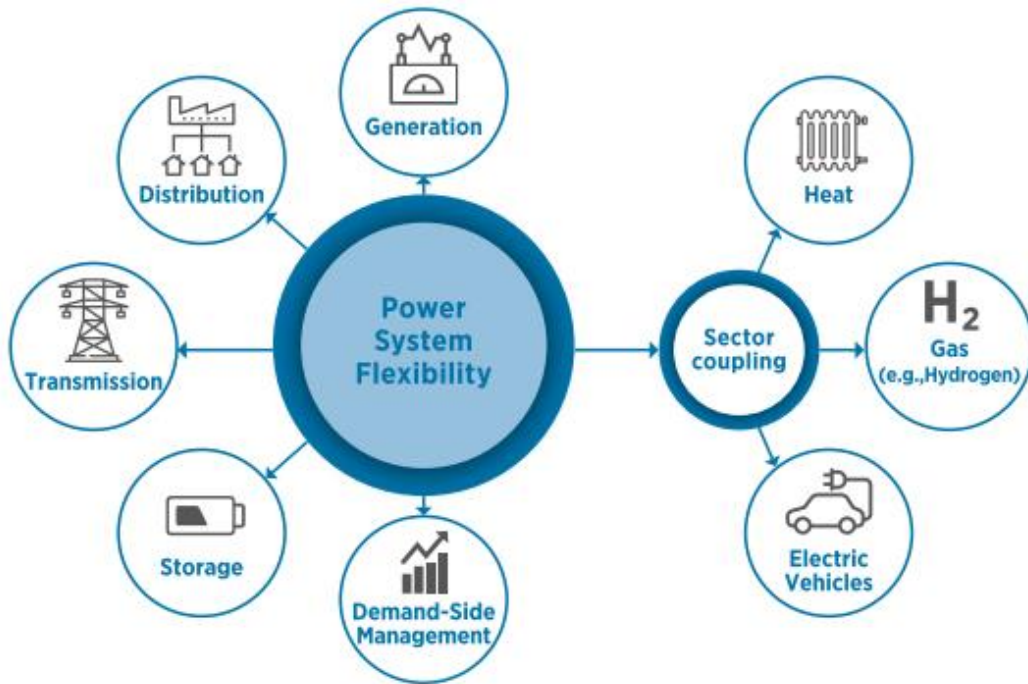
Σχήμα 1.1: REmap σενάριο για τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας έως και 2 βαθμούς Κελσίου (°C) [4].

Κάπου εδώ, αξίζει να αναφερθεί, ότι η ενεργειακή μετάβαση προς ένα σύστημα στο οποίο θα πρωταγωνιστούν οι ΑΠΕ μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις, καθώς λόγω της φύσης τους, παρέχουν μεταβλητή ενέργεια και αβεβαιότητα στο σύστημα (Variable Renewable Energy – VRE). Για να διαχειριστεί το σύστημα αυτήν την μεταβλητότητα και την αβεβαιότητα, πρέπει να αξιοποιηθούν πηγές ευελιξίας, οι οποίες θα είναι προγραμματισμένες εξ αρχής. Η ευελιξία πρέπει να αξιοποιηθεί σε όλους τους τομείς που αφορούν το ηλεκτρικό σύστημα, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα συστήματα μεταφοράς και διανομής, τις αποθηκευτικές μονάδες και τη διαχείριση από τη μεριά της ζήτησης [4].

1.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΕ

Γενικά, με τον όρο ευελιξία αναφερόμαστε στην ικανότητα του συστήματος να διαχειρίζεται την αβεβαιότητα και την μεταβλητότητα στη ζήτηση και την προσφορά ενέργειας με αξιόπιστο και οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα. Ακόμα και τα μελλοντικά συστήματα, αν διαθέτουν ανεπαρκή ευελιξία, θα πρέπει να βασίζονται σε συμβατικές εγκαταστάσεις εφεδρικής παραγωγής (πυρηνικοί σταθμοί, σταθμοί λιγνίτη) για τον προγραμματισμό και την σταθερότητα του συστήματος. Σύμφωνα με αρκετές έρευνες, υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να αυξηθεί η ευελιξία σ ένα σύστημα, με στόχο όλων να μειώσουν το χάσμα ανάμεσα στην ευελιξία που χρειάζεται ένα δίκτυο και την ευελιξία που παρέχεται σε αυτό [4].

1.2.1 ΕΥΕΛΙΞΙΑ



Σχήμα 1.2: Πηγές ευελιξίας σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας [4].

- **Ευελιξία μέσω της προσφοράς (Supply-side flexibility)**

Η ευελιξία από την πλευρά της προσφοράς, αναφέρεται στην ικανότητα των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι ΑΠΕ, να προσαρμόζουν την παραγωγή τους ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου. Τα εργοστάσια αερίου ή οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αποτελούν μονάδες παραγωγής ενέργειας, οι οποίες μπορούν να ανταποκρίνονται γρήγορα σε αλλαγές στην ζήτηση μέσα σε λίγα λεπτά ή ακόμα και σε δευτερόλεπτα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της ευελιξίας από την πλευρά της προσφοράς είναι ότι τα κόστη για την παροχή ευελιξίας είναι χαμηλά. Το ζήτημα που προκύπτει με την ευελιξία μέσω της προσφοράς, είναι ότι εξαιτίας της μετάβασης από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής στις ΑΠΕ, αυτός ο τύπος ευελιξίας θα μειωθεί [3].

- **Ευελιξία μέσω της αποθήκευσης (storage flexibility)**

Αυτός ο τύπος ευελιξίας επιτρέπει τη χρονική μετατόπιση της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό να εξισορροπηθούν οι χρονικές αποκλίσεις μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Αυτό στην πράξη γίνεται μέσω συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, τα οποία φορτίζονται στα διαστήματα όπου υπάρχει άφθονη παραγωγή ενέργειας από τα εργοστάσια και εκφορτίζονται κατά τα διαστήματα όπου η προσφορά ενέργειας βρίσκεται σε περιορισμένα επίπεδα. Κάπου εδώ, αξίζει να αναφερθεί ότι η ευελιξία μέσω της αποθήκευσης διευκολύνει την εποχιακή μετατόπιση της ηλεκτρικής

ενέργειας. Ωστόσο, το αρνητικό σε αυτόν τον τύπο ευελιξίας είναι ότι οι τεχνολογίες αποθήκευσης είναι αρκετά ακριβές [3].

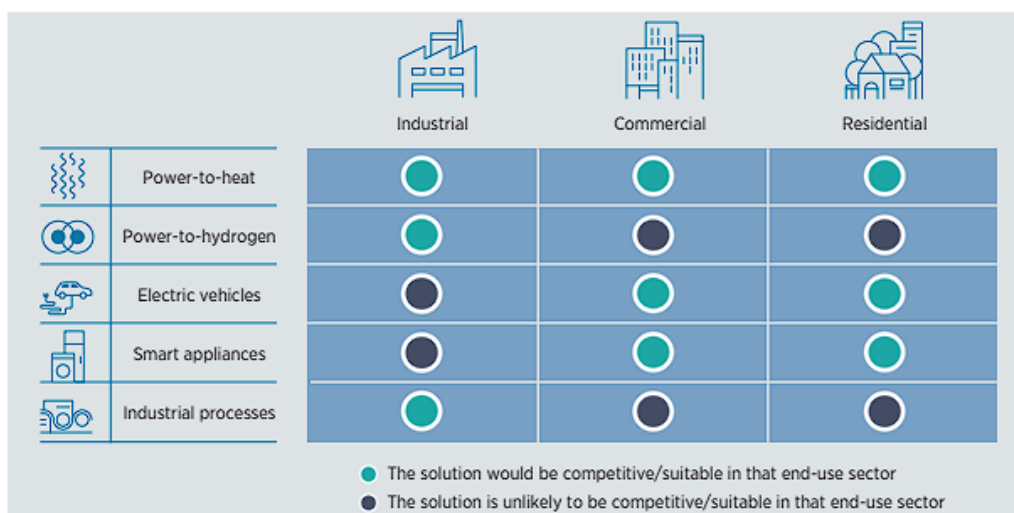
- **Ευελιξία μέσω μεταφοράς ενέργειας (Transmission flexibility)**

Ο συγκεκριμένος τύπος ευελιξίας λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξισορροπεί τις διακυμάνσεις ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση. Με βάση το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια δεν παράγεται και δεν καταναλώνεται στο ίδιο μέρος, πρέπει το σύστημα να βρίσκεται σε θέση να μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής στους καταναλωτές ανεξαρτήτως της τοποθεσίας. Η ευελιξία μέσω μεταφοράς ενέργειας, επιτρέπει την μεταφορά ενέργειας μεταξύ περιφερειών, αλλά η τεχνική αυτή είναι αρκετά δαπανηρή και σε περιπτώσεις που οι αποστάσεις μεταξύ των περιοχών είναι μεγάλες, λαμβάνονται επίσης υπόψη και οι απώλειες ενέργειας κατά την μεταφορά [3].

- **Ευελιξία μέσω της ζήτησης (Demand-side flexibility)**

Η ευελιξία από την πλευρά της ζήτησης αναφέρεται σε όλα τα μέτρα που επιτρέπουν τη χωρική και τη χρονική μετατόπιση της ζήτησης με σκοπό την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της μεταβλητής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ [3]. Αυτό περιλαμβάνει τη ζήτηση από άλλους τομείς ενέργειας (θέρμανση, μεταφορές μέσω σύζευξη τομέων) και μπορεί να μετακινηθεί, να μειωθεί ή να αυξηθεί με σκοπό: 1) Να βοηθήσει στην ομαλή ενσωμάτωση των ΑΠΕ προσαρμόζοντας το προφίλ φορτίου στην παραγωγή των ΑΠΕ, 2) να μειώσει το ανώτατο φορτίο και την εποχιακή μεταβλητότητα, 3) να μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μετατοπίζοντας τα φορτία από περιόδους υψηλών τιμών προσφοράς σε περιόδους χαμηλότερων τιμών προσφοράς.

Υπάρχουν διάφορες πηγές ευελιξίας από την πλευρά της ζήτησης που μπορούν να συνδυαστούν για την δημιουργία λύσεων. Αυτές περιλαμβάνουν την σύζευξη τομέων (μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα - power to heat, ηλεκτρική ενέργεια σε αέριο - power to gas και έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων) σε συνδυασμό με έξυπνες συσκευές σε σπίτια, σε εμπορικά κτίρια και σε βιομηχανικούς χώρους. Αυτές οι λύσεις κρίνονται κατάλληλες ανάλογα με τον τομέα χρήσης που εξετάζεται (βιομηχανικός, εμπορικός, κατοικία) [5].



Σχήμα 1.3: Πηγές ευελιξίας για τη δημιουργία λύσεων στον βιομηχανικό, εμπορικό και οικιακό τομέα¹.

Είναι αλήθεια, πως έως σήμερα η ευελιξία στο Ελληνικό σύστημα ενέργειας δεν απασχόλησε ιδιαίτερα, καθώς δεν υπήρχε μεγάλη διείσδυση στοχαστικής παραγωγής ΑΠΕ στο δίκτυο. Τα παλαιότερα χρόνια η ευελιξία στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας επιτυγχάνονταν με την χρήση λειτουργικών μονάδων παραγωγής (αεριοστρόβιλοι) οι οποίες μπορούσαν να ενεργοποιηθούν και να απενεργοποιηθούν γρήγορα καθώς και με την αξιοποίηση μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών [6].

1.2.2 ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΕ

Το 2019, δημοσιεύτηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ). Ως Εθνικός στόχος, τέθηκε οι ΑΠΕ να αποτελούν τουλάχιστον το 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση, δεν είχε δημοσιεύσει τεχνικές οδηγίες, στο ποσοστό αυτό, δεν συμπεριλαμβάνεται η χρήση αντλιών θερμότητας για την κάλυψη ψυκτικών αναγκών. Το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον στο 60%, με το αναθεωρημένο ΕΣΕΚ να αναβαθμίζει το στόχο στα επίπεδα του 80%, ενώ αναφορικά με τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης πρέπει να υπερβαίνει το 40%. Σε ότι αφορά τον τομέα των μεταφορών, με βάση τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το ποσοστό των ΑΠΕ στον τομέα αυτό πρέπει να υπερβαίνει το 14%. Οι παραπάνω στόχοι πρέπει να έχουν επιτευχθεί έως το 2030.

¹ Η ανταγωνιστικότητα και η καταλληλότητα βασίζεται στο πόσο οικονομική είναι μια λύση σε σχέση με άλλες στον ίδιο τομέα. Ο τομέας της βιομηχανίας διαθέτει περιορισμένες επιλογές σε ΑΠΕ εκτός από το πράσινο υδρογόνο σε σχέση με τον οικιακό και τον εμπορικό τομέα όπου οι ΑΠΕ είναι μια πιο οικονομική εναλλακτική. Γι' αυτόν τον λόγο η πιθανότητα απόκτησης ευελιξίας από το υδρογόνο είναι μεγαλύτερη στην βιομηχανία [5].

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, αποτελεί η μεγάλη αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή, η οποία σε ορισμένες τεχνολογίες προβλέπεται να υπερδιπλασιαστεί σε σχέση με την σημερινή εγκατεστημένη ισχύ τους. Η επίτευξη των στόχων, απαιτεί την ομαλή λειτουργία και ανταπόκριση τόσο των δημόσιων φορέων, των διαχειριστών, του ρυθμιστή αλλά και της ίδιας της αγοράς των ΑΠΕ. Ένα ακόμα σημείο προς επίτευξη εκτός από τους στόχους που αφορούν την προώθηση και την αύξηση των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση είναι ο εξηλεκτρισμός και η σύζευξη τομέων τελικής κατανάλωσης με τον πιο δυνατό οικονομικά τρόπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία αν συνοδευτούν με την ανάπτυξη των υποδομών και του κατάλληλου κανονιστικού πλαισίου μπορούν να αποτελέσουν προϋπόθεση για τον εξηλεκτρισμό στον τομέα των μεταφορών. Παράλληλα, οι αντλίες θερμότητας, αν συνδυαστούν με τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, θα συνεισφέρουν σημαντικά και αυτές προς την αποδοτικότερη σύζευξη των τομέων κατανάλωσης [7].

Εξέλιξη μεριδίων ΑΠΕ	2020	2022	2025	2027	2030
Μερίδιο ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας[%]	19,7%	23,4%	27,1%	29,6%	35%
Μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη[%]	30,6%	33,8%	36,8%	38,3%	42,5%
Μερίδιο ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρισμού[%]	29,2%	38,6%	46,8%	52,9%	61%
Μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση για μεταφορές[%]	6,6%	7,3%	10,1%	11,7%	19%

Πίνακας 1: Εξέλιξη στο μερίδιο συμμετοχής ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση έως το 2030 [7].

Εξέλιξη προόδου ως προς το μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ για την επίτευξη του στόχου το 2030	2022	2025	2027	2030
Στην Ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας	31,8%	53,6%	68,5%	100%
Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη	27,0%	52,3%	64,5%	100%
Στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	29,6%	55,4%	74,6%	100%
Στην τελική κατανάλωση για μεταφορές	5,6%	28,3%	41,3%	100%

Πίνακας 2: Προβλέψεις όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ ανά τομέα έως το 2030 [7].

Παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα, ότι η εξέλιξη των ποσοστών για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, στη θέρμανση και στις μεταφορές παρουσιάζει μια σχετικά γραμμική εξέλιξη. Σε ότι αφορά το κομμάτι των μεταφορών, η γραμμική εξέλιξη αναμένεται να είναι πιο έντονη μετά το έτος 2025 και

συγκεκριμένα κατά την περίοδο 2028-2030 καθώς εκείνη την περίοδο προβλέπεται αυξημένη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων. Στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, μεγάλη συνεισφορά για την επίτευξη των στόχων θα έχουν τα αιολικά και φωτοβολταϊκά. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η εξέλιξη των μεγεθών για τις τεχνολογίες ΑΠΕ, με την εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά και αιολικά να έχει την μεγαλύτερη αύξηση στην δεκαετία 2020-2030.

Ηλεκτροπαραγωγή - Εγκατεστημένη Ισχύς [GW]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Υ/Η (συμπ. μεικτών αντλητικών)	3,4	3,7	3,8	3,9	3,9
Αιολικά	3,6	4,2	5,2	6,0	7,0
Φ/Β	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Σύνολο	10,1	11,9	14,6	16,4	19,0

Πίνακας 3: Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή [7].

Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,4	0,5	0,8	1,0	1,6
Υ/Η	5,5	6,4	6,5	6,6	6,6
Αιολικά	7,3	10,1	12,6	14,4	17,2
Φ/Β	4,5	6,0	8,2	9,7	11,8
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6
Σύνολο	17,7	23,0	28,4	32,2	38,1

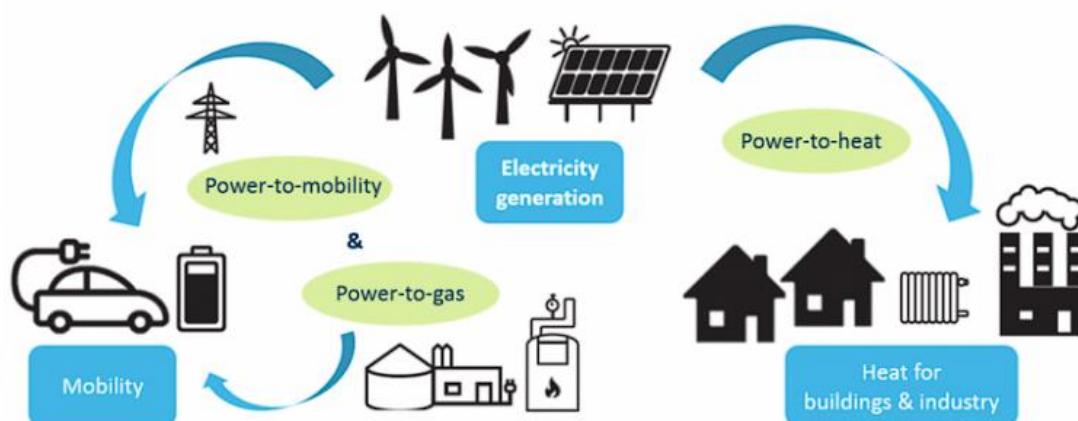
Πίνακας 4: Ηλεκτροπαραγωγή από μονάδες ΑΠΕ [7].

Τέλος, υπάρχουν και στόχοι για νέες τεχνολογίες και εφαρμογές για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, όπως συνδυαστικές μονάδες για αφαλάτωση, παραγωγή υδρογόνου, αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας και άλλες. Η χρήση αντλιών θερμότητας θα αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό για την κάλυψη των θερμικών αναγκών, ενώ ταυτόχρονα αναμένεται αύξηση στην χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων, της γεωθερμίας και της βιομάζας. Καθώς οι ΑΠΕ όπως οι αιολικοί και οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στο ενεργειακό σύστημα, αυξάνεται η αβεβαιότητα και η μεταβλητότητα του παραμένοντος φορτίου, δηλαδή του φορτίου που πρέπει να καλυφτεί από πηγές ενέργειας μη ανανεώσιμες. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, χρησιμοποιούνται βασικές πηγές ευελιξίας, όπως οι

αποκεντρωμένες μονάδες παραγωγής, η αποθήκευση ενέργειας, οι διασυνδέσεις και η διαχείριση στην προσφορά και στην ζήτηση. Σε ό,τι αφορά την αποθήκευση ενέργειας, η αντλησιοταμίευση αποτελεί διεθνώς την πιο διαδεδομένη μορφή αποθήκευσης ενέργειας όταν πρόκειται για μεγάλα μεγέθη, ενώ γίνεται χρήση και εφαρμογών αποθήκευσης όπου η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε αέριο, όπως το υδρογόνο καθώς και άλλων τεχνικών, ειδικά στο κομμάτι που αφορά τις μπαταρίες διαφόρων ειδών. Σημαντικό στοιχείο για την επίτευξη υψηλών επιπέδων διεύθυνσης αποτελεί η σύνδεση των αγορών μέσω διασυνδέσεων [7].

1.2.3 ΣΥΖΕΥΞΗ ΤΟΜΕΩΝ (power-to-heat, power-to-hydrogen, electric vehicles)

Είναι αλήθεια, πως δεν υπάρχει ξεκάθαρη ερμηνεία για τον όρο σύζευξη τομέων. Με βάση τον ορισμό του IRENA, ο όρος σύζευξη τομέων αναφέρεται στην προσπάθεια διασύνδεσης του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, με τον ευρύτερο τομέα της ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, μεταφορές, κτίρια, βιομηχανία, αφαλάτωση νερού). Παρόλο που δεν υπάρχει ξεκάθαρος ορισμός, η περίπτωση της σύζευξης τομέων βρίσκεται υπό μελέτη αρκετά τα τελευταία χρόνια. Η Γερμανία ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε τον όρο για πρώτη φορά με στόχο να τονίσει τη σημαντικότητα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στις τελικές ενεργειακές χρήσεις, εκτός του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, στον τομέα των μεταφορών, των κτηρίων, της θέρμανσης και της βιομηχανίας. Ο κύριος σκοπός ήταν να γίνει η καλύτερη διαχείριση της μεταβλητότητας που προέρχεται από την χρήση των ΑΠΕ (κυρίως αιολικά και ηλιακά), ώστε να αξιοποιείται η πλεονάζουσα ενέργεια [9].

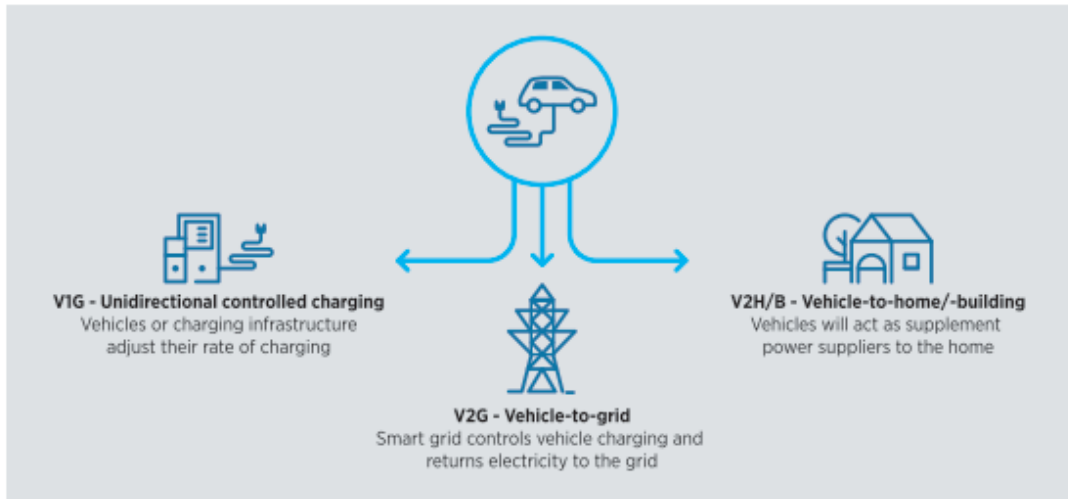


Σχήμα 1.4: Ενεργειακό σύστημα βασισμένο σε ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ [8].

Η σύζευξη του τομέα **ηλεκτροπαραγωγής και θερμότητας (power-to-heat)** αποτελεί μια τεχνική η οποία μπορεί να αυξήσει την ευελιξία σ ένα σύστημα και να μειώσει την εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα, καθώς χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ για την θέρμανση αντί για τα ορυκτά καύσιμα. Η εν λόγω τεχνική μπορεί να είναι πιο αποδοτική με τη συμβολή θερμικής αποθήκευσης ενέργειας (Thermal Energy Storage-**TES**) η οποία κατά κανόνα είναι πιο οικονομική από την ηλεκτρική αποθήκευση. Η κάλυψη της θερμότητας παρέχεται από αντλίες θερμότητας ή ηλεκτρικούς λέβητες, διατάξεις οι οποίες μπορούν να παρέχουν ακόμη μεγαλύτερη ευελιξία στο σύστημα σε συνδυασμό με την θερμική αποθήκευση. Με άλλα λόγια, θα γίνεται χρήση της θερμικής αποθήκευσης σε περιόδους όπου υπάρχει περίσσεια ενέργειας στο σύστημα από ΑΠΕ, η οποία θα χρησιμοποιείται όταν η παραγωγή είναι χαμηλή ή όταν οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλές [5] [10].

Η σύζευξη του τομέα **ηλεκτροπαραγωγής και υδρογόνου (power-to-Hydrogen)** αναφέρεται στην διαδικασία μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε υδρογόνο. Η διαδικασία παραγωγής υδρογόνου με ΑΠΕ πραγματοποιείται με τη βοήθεια της ηλεκτρόλυσης. Οι μονάδες ηλεκτρόλυσης αποτελούν διατάξεις οι οποίες διαχωρίζουν το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο με την βοήθεια του ηλεκτρισμού. Επίσης, παρέχουν στο σύστημα ευελιξία από τη μεριά της ζήτησης, αφού έχουν την ικανότητα να προσαρμόζουν την παραγωγή υδρογόνου με τα προφίλ παραγωγής της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας σε περιόδους όπου η παραγωγική ικανότητα είναι υψηλή και οι τιμές χαμηλές. Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους και σε διαφορετικούς τομείς, σαν χημική πρώτη ύλη στην βιομηχανία, ή σαν καύσιμο στον τομέα των μεταφορών. Αξίζει να σημειωθεί, πως η τεχνολογία αυτή είναι πολύ φιλική στο περιβάλλον και είναι κατάλληλη για αποθήκευση μεσαίας και μεγάλης διάρκειας [5] [11].

Τέλος, ο **εξηλεκτρισμός των μεταφορών με την χρήση ηλεκτρικών οχημάτων**, αποτελεί μια ακόμα εναλλακτική στο κομμάτι της σύζευξης των τομέων. Τα ηλεκτρικά οχήματα, μπορούν να φορτιστούν με διάφορους τρόπους. Ένας από αυτούς είναι η ανεξέλεγκτη φόρτιση. Αυτό στην πράξη, σημαίνει πως κατά την διάρκεια της φόρτισης τα αυτοκίνητα φορτίζονται με μέγιστη ισχύ όταν συνδεθούν στο δίκτυο. Η ανεξέλεγκτη φόρτιση δεν είναι μια εύλικτη λύση για το ηλεκτρικό σύστημα ενέργειας, διότι σε περίπτωση που ο αριθμός των αυτοκινήτων που φορτίζονται είναι μεγάλος, αυξάνονται τα φορτία αιχμής με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα με την ευελιξία του συστήματος. Το ζήτημα αυτό, μπορεί να επιλυθεί χρησιμοποιώντας στρατηγικές έξυπνης φόρτισης. Ως έξυπνη φόρτιση, ορίζεται από τον IRENA ένας βελτιωμένος τρόπος φόρτισης, ο οποίος θα λειτουργεί σύμφωνα με του περιορισμούς του ηλεκτρικού δικτύου, του δικτύου μεταφοράς, την διαθεσιμότητα σε ΑΠΕ αλλά και τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Η έξυπνη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία από την πλευρά της ζήτησης φορτίζοντάς τα όταν οι τιμές είναι χαμηλές και η παραγωγή από ΑΠΕ υψηλή [5].



Σχήμα 1.5: Μέθοδοι έξυπνης φόρτισης [5].

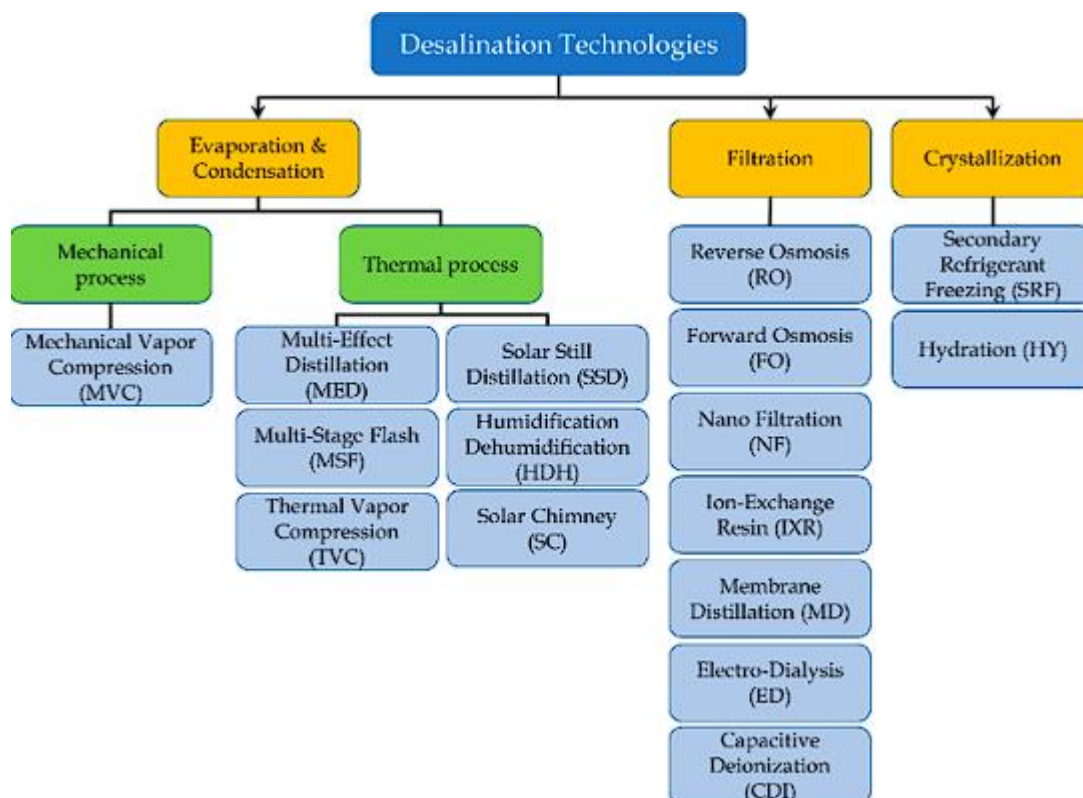
2. ΣΥΖΕΥΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ – ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

Το νερό είναι μια χημική ένωση ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο αλλά και για τον πλανήτη. Στατιστικά, το 96,5% βρίσκεται στις θάλασσες και στους ωκεανούς, το 1,7% στους πάγους, το 1,6% σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και το 0,015% ανήκει σε λίμνες και ποταμούς. Στους υδροφόρους ορίζοντες, ο εκτιμώμενος όγκος φτάνει τα 10.530.000 κυβικά χιλιόμετρα (km³) ενώ στις λίμνες και στα ποτάμια τα 91.000 km³ και 2100 km³ κατ' αντιστοιχία. Οι άνθρωποι καταναλώνουν το 10-12% για βιολογικούς σκοπούς, το 15% χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό τομέα και το υπόλοιπο 70-75% στην άρδευση [12]. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), 2,2 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν άμεση πρόσβαση στο νερό, ενώ 5,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι αναμένεται να επηρεαστούν από την έλλειψη πόσιμου νερού εξαιτίας της εξάντλησης υδάτινων πόρων. Παράγοντες υπεύθυνοι για την εξάντληση υδάτινων πόρων είναι η διαρκής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η κλιματική αλλαγή, η αστικοποίηση και η εξάτμιση των ήδη περιορισμένων πηγών γλυκού νερού εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η λειψυδρία, μπορεί να διαχωριστεί σε φυσική και οικονομική. Η φυσική λειψυδρία αναφέρεται στην έλλειψη διαθέσιμου νερού, ενώ η οικονομική λειψυδρία αναφέρεται στην έλλειψη μεθόδων απόκτησης καθαρού νερού.

Σε ότι αφορά λοιπόν τη διαθεσιμότητα, πρέπει να τονιστεί ότι αν οι κυβερνήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο δεν ενεργήσουν άμεσα, οι υδάτινοι πόροι συνεχώς θα εξαντλούνται και προβλήματα που αφορούν τη διαθεσιμότητα, την ποιότητα και την μεταφορά του νερού ολοένα και θα δημιουργούνται. Η αφαλάτωση του νερού μπορεί να χαρακτηριστεί μια αποτελεσματική λύση για την αντιμετώπιση της μείωσης των υδάτινων πόρων, που πλήττει μεγάλο μέρος του πλανήτη [13]. Με τον όρο αφαλάτωση, ορίζεται μια διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται αφαίρεση και διαχωρισμός των αλάτων από το θαλασσινό νερό, απορρίπτοντας την άλμη, με σκοπό την παραγωγή καθαρού νερού. Πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη του 18^{ου} αιώνα στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου το Βρετανικό ναυτικό σώμα σκόπευε να αυξήσει την αυτάρκεια της ναυσιπλοΐας παρακάμπτοντας την ανάγκη για υπερβολική αποθήκευση νερού στα πλοία. Με βάση τα σημερινά δεδομένα η αφαλάτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με θερμικές ή μηχανικές μεθόδους, και πιο σπάνια με χημικές ή ηλεκτρικές μεθόδους [12] [14].

Κατά την θερμική μέθοδο αφαλάτωσης, γίνεται διαχωρισμός του άλατος από το νερό μέσω πρόσδοσης θερμότητας. Το καθαρό νερό εξατμίζεται αφήνοντας πίσω ένα διάλυμα υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι και στη συνέχεια μέσω της συμπύκνωσης ο ατμός γίνεται νερό. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι σε ότι αφορά τις θερμικές τεχνολογίες είναι η απόσταξη πολλαπλών σταδίων (Multi – Stage Flash Distillation – MSF), Multi – Effect Distillation (MED), οι οποίες, αποτελούν τη δεύτερη και την τρίτη πιο διαδεδομένη μέθοδο αφαλάτωσης του νερού κατ' αντιστοιχία μετά την αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis – RO). Κατά την μηχανική μέθοδο αφαλάτωσης, ασκείται πίεση στο νερό, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται το πέρασμα και το φιλτράρισμα του νερού μέσα από ημιπερατές μεμβράνες, οι οποίες απομακρύνουν τα άλατα από αυτό.

Η χημική (Electro-Dialysis – ED, Capacitive Deionization - CDI) και η ηλεκτρική μέθοδος (Ion-Exchange Resin – IXR), αποτελούν τεχνικές με μικρό αριθμό εφαρμογών στην αγορά. Η κύρια αρχή λειτουργίας της πρώτης είναι η χημική αντικατάσταση θετικών και αρνητικών ιόντων, ενώ για την πραγματοποίηση της δεύτερης υπάρχει μια μεμβράνη ανιόντων και μια κατιόντων, και μέσω της δημιουργίας ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια γίνεται διέλευση των θετικών και των αρνητικών ιόντων αντίστοιχα [14].

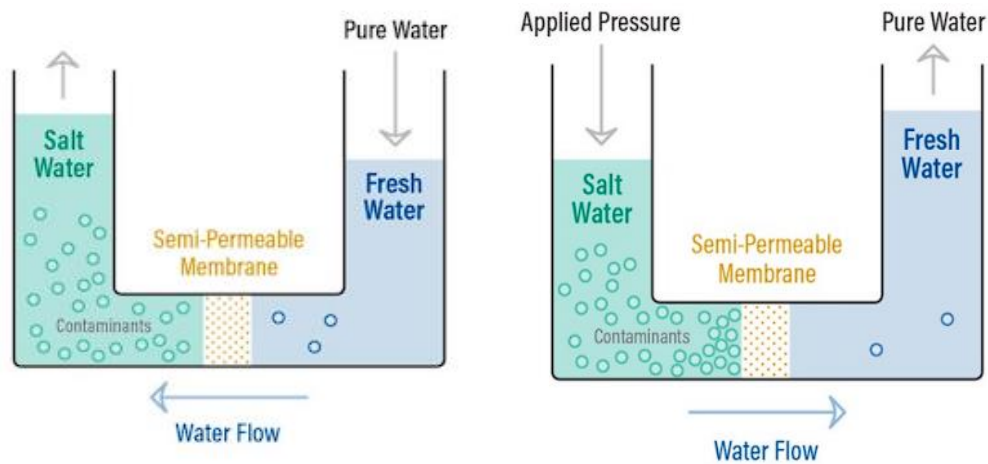


Σχήμα 2.1: Τεχνολογίες αφαλάτωσης διαχωρισμένες αναλόγως της αρχής λειτουργίας τους [14].

2.1. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ (REVERSE OSMOSIS – RO)

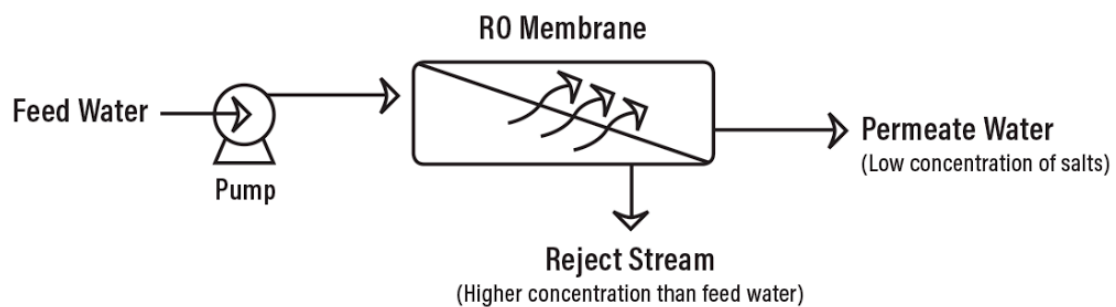
Για να κατανοήσει κάποιος πλήρως πως λειτουργεί η αντίστροφη ώσμωση, οφείλει πρωτίτως να γνωρίζει τι ονομάζεται ώσμωση. Ωσμωση είναι μια φυσική διαδικασία, κατά την οποία σε δύο διαλύματα τα οποία χωρίζονται από μια μεμβράνη, μέσω της φυσικά ασκούμενης ωσμωτικής πίεσης, το νερό έχει την τάση να κινηθεί από το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης σε διαλυμένη ουσία στο διάλυμα με την μεγαλύτερη συγκέντρωση. Η αντίστροφη ώσμωση, για να πραγματοποιηθεί πρέπει να ασκηθεί μια πίεση μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση για να περάσει το νερό μέσα

από την ημιπερατή μεμβράνη. Με τον όρο ημιπερατή μεμβράνη εννοείται μια μεμβράνη, η οποία επιτρέπει τη διέλευση των μορίων του νερού, συγκρατώντας ένα μεγάλο ποσοστό αλάτων, βακτηρίων και οργανικών ουσιών.



Εικόνα 1: Η διαδικασία της ώσμωσης (αριστερά) και της αντίστροφης ώσμωσης (δεξιά) [15].

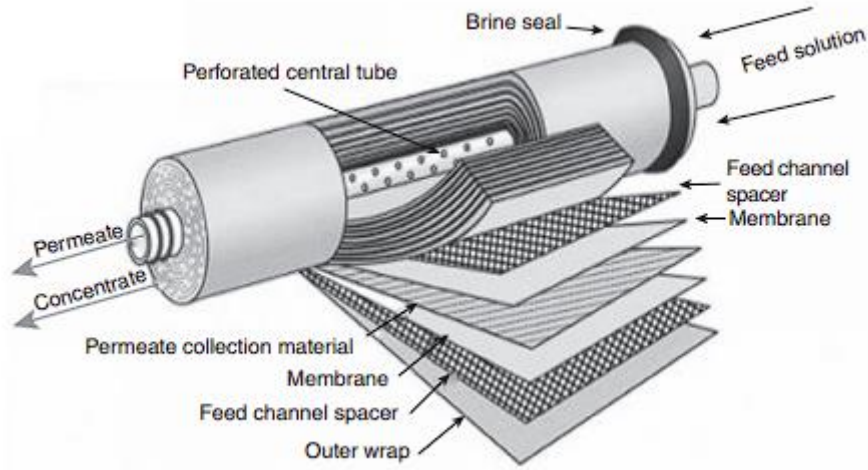
Κατά την RO λειτουργία, το νερό τροφοδοσίας (ακατέργαστο νερό) περνάει με μία συγκεκριμένη πίεση (μεγαλύτερη της ωσμωτικής) μέσα από την μεμβράνη, η οποία συγκρατεί το 95% με 99% των διαλυμένων αλάτων τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται στην αποχέτευση. Η ρύθμιση της πίεσης, εξαρτάται από το ποσοστό των αλάτων που υπάρχουν στο νερό. Αξίζει να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι σε ένα RO σύστημα πραγματοποιείται “διασταυρωμένο φιλτράρισμα” (cross flow filtration). Συγκεκριμένα, το διάλυμα διασχίζει το φίλτρο και ύστερα υπάρχουν δύο έξοδοι διαφορετικών κατευθύνσεων, μία του αφαιρωμένου νερού και μία του συμπυκνώματος. Το “διασταυρωμένο φιλτράρισμα” (cross flow filtration) παρασύρει τα διαλυμένα άλατα στην αποχέτευση και με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται η επικάλυψη αυτών στην μεμβράνη [15] [16].



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση του cross flow filtration [15].

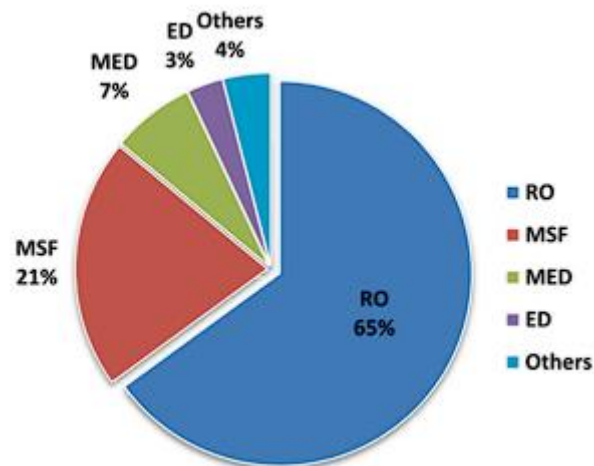
Οι μεμβράνες σε ένα RO σύστημα κατασκευάζονται στην βιομηχανία υπό την μορφή επίπεδων φύλλων που αποτελούνται από λεπτές σύνθετες μεμβράνες. Κατέχουν ένα εξαιρετικά διαπερατό στρώμα πολυαμιδίου, το οποίο εμποδίζει με αποτελεσματικό τρόπο την διέλευση αλάτων και σωματιδίων. Αυτό το ενεργό στρώμα, ενισχύεται

περαιτέρω από ένα πορώδες στρώμα πολυσουλφόνης, το οποίο περιβάλλεται γύρω από τον κεντρικό σωλήνα συλλογής του νερού [17].



Εικόνα 3: Εικονική αναπαράσταση της δομής μιας μεμβράνης RO [17].

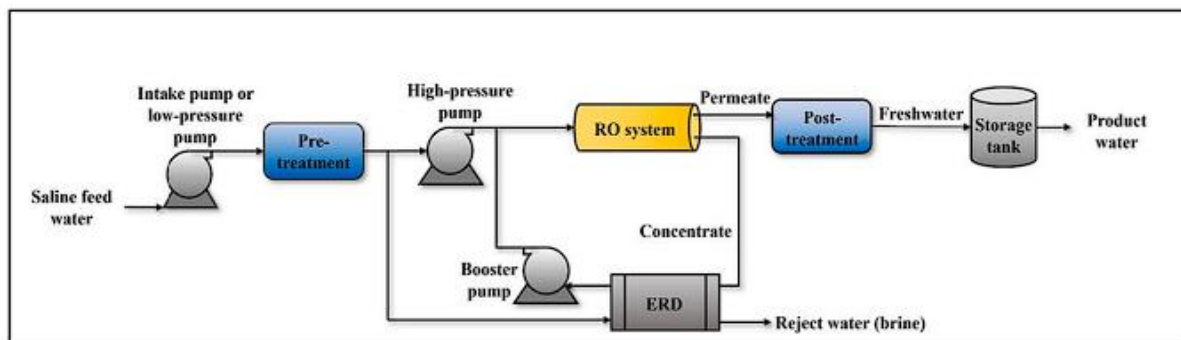
Η RO τεχνολογία, ανάμεσα σε όλες τις τεχνολογίες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούνται, αποτελεί την πιο διαδεδομένη και εφαρμοσμένη σε ολόκληρο τον κόσμο, με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα [13].



Σχήμα 2.2: Ποσοστό τεχνολογιών αφαλάτωσης παγκοσμίως για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού [18].

Χαρακτηριστικά της RO τεχνολογίας είναι τα χαμηλά αρχικά και λειτουργικά κόστη, υψηλή απόρριψη των διαλυμένων αλάτων και μέτρια ροή αφαλατωμένου νερού. Η διαδικασία αποτελείται από τρία στάδια: Την προ-κατεργασία του νερού, την λειτουργία της RO και την μετά-κατεργασία. Στο πρώτο στάδιο, το νερό υφίσταται κροκίδωση, κοκκώδη διήθηση και διήθηση φυσιγγίων για την αποφυγή της ρύπανσης

στην μεμβράνη. Στο στάδιο της RO, εξαιτίας της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας, για την ανάκτηση της άλμης χρησιμοποιείται συσκευή ανάκτησης ενέργειας. Κατά το τελευταίο στάδιο, πραγματοποιείται απολύμανση, και προσθήκη μεταλλικών στοιχείων. Στο παρακάτω διάγραμμα, απεικονίζεται μια μονάδα RO με σύστημα ανάκτησης ενέργειας [12].



Σχήμα 2.3: Διάγραμμα μονάδας RO με σύστημα ανάκτησης ενέργειας [12].

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί ότι η αντίστροφη ώσμωση μπορεί να διαχωριστεί σε 2 επιμέρους κατηγορίες: Αντίστροφη ώσμωση θαλασσινού νερού (Sea Water Reverse Osmosis – SWRO) και αντίστροφη ώσμωση υφάλμυρου νερού (Brackish Water Reverse Osmosis – BWRO). Πριν γίνει μια σύγκριση μεταξύ των 2 κατηγοριών, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι στα RO συστήματα, το 80% της ενέργειας που καταναλώνεται αποδίδεται στην λειτουργία των αντλιών υψηλής πίεσης. Οι μεμβράνες της SWRO, εμφανίζουν μεγαλύτερη απόρριψη άλατος, μεγαλύτερη πίεση ανάμεσα σε αυτές και μικρότερη διαπερατή ροή, σε σύγκριση με τις μεμβράνες BWRO. Τα συστήματα BWRO επιτυγχάνουν ποσοστό ανάκτησης νερού από 70% έως 90%, λειτουργούν σε πιέσεις μεταξύ 15 έως 25 bar και έχουν ειδική κατανάλωση ενέργειας (Specific energy consumption – SEC) 1.0 – 1.5 kWh/m³. Από την άλλη, τα συστήματα SWRO έχουν ποσοστό ανάκτησης νερού από 40% έως 60%, λειτουργούν συνήθως σε πιέσεις μεταξύ 55 έως 70 bar και έχουν SEC 2 – 4 kWh/m³ [12] [19]. Οι μονάδες SWRO, σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να επεξεργάζονται θαλασσινό νερό με περιεκτικότητα ολικών διαλυμένων στερεών (Total Dissolved Solids – TDS) που κυμαίνεται μεταξύ 15.000 έως περίπου 50.000 mg/L. Σε αυτά τα συστήματα, όταν το νερό έχει υψηλά επίπεδα αλατότητας χρησιμοποιείται μια εξελιγμένη διαμόρφωση RO συστήματος η οποία αποτελείται από πολλά στάδια, απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας και σημαντικό κόστος για την παραγωγή νερού [19]. Παρακάτω γίνεται σύγκριση ανάμεσα στο εύρος των τιμών στις τεχνολογίες αφαλάτωσης BWRO και SWRO.

Παράμετροι	BWRO	SWRO
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	500-15000	15000-50000
Εύρος πίεσης λειτουργίας (Μρα)	1.5 - 2.5	2.0 - 8.0
Ανάκτηση %	70 - 90	40 - 60
Ικανότητα αφαλάτωσης (m ³ /ημέρα)	έως και 98	1-624
Κατανάλωση ενέργειας (kWh/m ³)	1.0 – 1.5	2.0 - 4.0
Κόστος παραγόμενου νερού (\$/m ³)	0.2 - 1.8	0.5 - 3.0

Πίνακας 5: Σύγκριση παραμέτρων ανάμεσα σε BWRO και SWRO [19] [12].

Στα RO συστήματα, το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως, το μέγεθος της εγκατάστασης, η αλατότητα του νερού τροφοδοσίας, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος του νερού παροχής. Σε γενικές γραμμές, το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού με την χρήση RO κυμαίνεται από 0.5 έως και 2 ευρώ ανά κυβικό (€/m³) και αυτό αυξάνεται ή μειώνεται κατά κανόνα εντός των εν λόγω ορίων αναλόγως και με τις τοπικές συνθήκες [20].

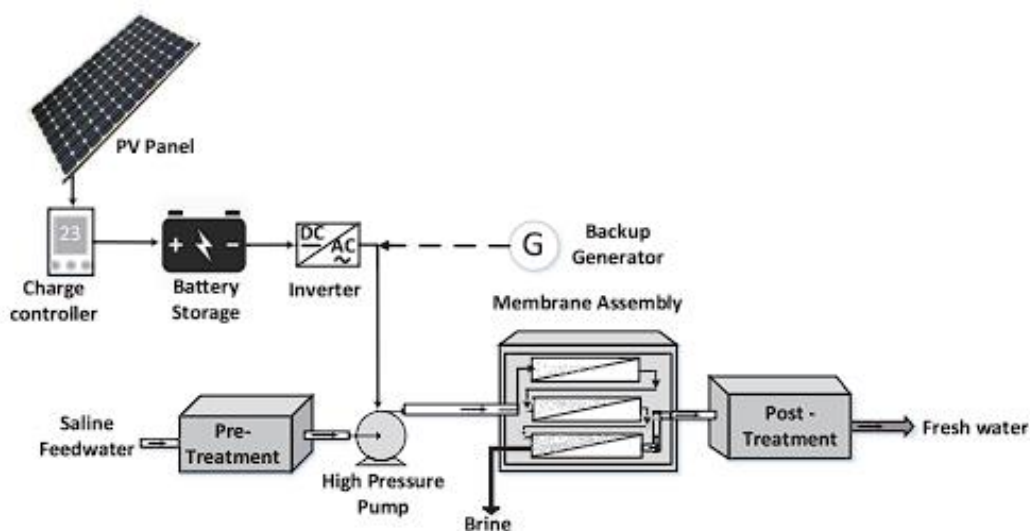
2.1.1. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ

Όλες οι τεχνικές αφαλάτωσης, απαιτούν ένα σημαντικό ποσό ενέργειας για να λειτουργήσουν. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας έχουν ορισμένα μειονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένων των αρνητικών επιπτώσεων τους στο περιβάλλον. Γι' αυτόν τον λόγο, τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται διαρκώς μελέτες, με σκοπό η χρήση ΑΠΕ να γίνει η κύρια πηγή τροφοδοσίας μονάδων αφαλάτωσης. Γενικά, η επιλογή της καταλληλότερης ΑΠΕ για τον συνδυασμό με μια τεχνική αφαλάτωσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η γεωγραφική τοποθεσία της μονάδας αφαλάτωσης, το μέγεθος της μονάδας και η ζήτηση σε νερό, η ποιότητα του νερού (αλατότητα και διαθεσιμότητα) και οι εφαρμογές του, η απόσταση της μονάδας από την κατανάλωση, η ύπαρξη υποδομής ηλεκτρικού δικτύου, και το λειτουργικό κόστος [19]. Η σημαντική ενεργειακή ζήτηση της θερμικής διαδικασίας αφαλάτωσης, και οι επιπτώσεις που προκύπτουν λόγω της χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία των θερμικών μεθόδων αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που έχουν ωθήσει τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μεμβράνη (όπως η RO) σε συνδυασμό με ΑΠΕ, να καταστούν ως πιο διαδεδομένες [21] [22].

2.1.1.1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια, αποτελεί την πιο υποσχόμενη βιώσιμη λύση για την αφαλάτωση του νερού, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με 2 τρόπους: Με την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και σε συστήματα συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (Concentrated Solar Power – CSP). Η τεχνολογία CSP χρησιμοποιεί την παραγόμενη θερμότητα για την εξάτμιση του νερού και συναντάται πιο συχνά σε θερμικές μεθόδους αφαλάτωσης. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται, για να μετατρέπουν την

προσπίπτουσα σε αυτά ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια, είναι φιλικά προς το περιβάλλον (μηδενικός θόρυβος και μόλυνση του ατμοσφαιρικού αέρα) και χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση κατά την διάρκεια ζωής τους. Τα RO συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν με φωτοβολταϊκά αποκλειστικά, αλλά και υβριδικά με την χρήση κάποιας μορφής αποθήκευσης ενέργειας ή μετατροπής ενέργειας, όπως οι μπαταρίες και η αιολική ενέργεια, με σκοπό την εξασφάλιση της παροχής ενέργειας στο RO σύστημα σε περιόδους με χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία. Η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των αντλιών υψηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται στην RO διαδικασία. Παρακάτω γίνεται μια σχηματική αναπαράσταση ενός υβριδικού PV-RO συστήματος. Το σύστημα αποτελείται από το φωτοβολταϊκό σύστημα, την προ-επεξεργασία του νερού, τις μεμβράνες, και την μετά-επεξεργασία του νερού [23] [22] [24].

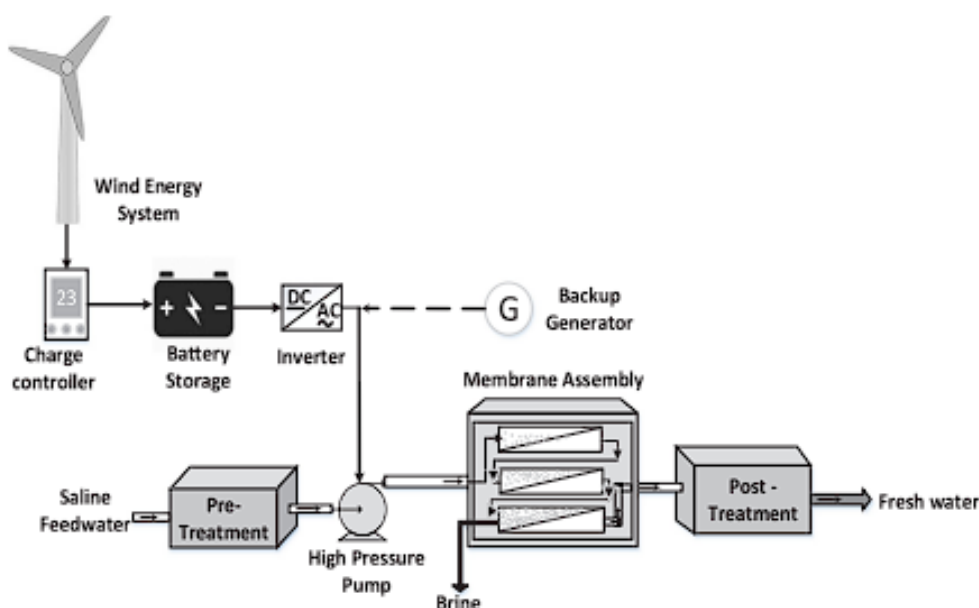


Σχήμα 2.1.1.1.1: Σχηματική αναπαράσταση PV – RO συστήματος [22].

2.1.1.2. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια είναι η δεύτερη πιο συχνά εφαρμοσμένη ΑΠΕ μετά την ηλιακή ενέργεια στις τεχνολογίες αφαλάτωσης και χρησιμοποιείται συχνότερα σε μονάδες αφαλάτωσης μικρής παραγωγής. Οι ανεμογεννήτριες θεωρούνται πλέον μια αξιόπιστη λύση στο κομμάτι της αφαλάτωσης, ειδικά σε παράκτιες περιοχές όπου υπάρχει ικανό αιολικό δυναμικό. Η RO τεχνολογία σε συνδυασμό με την αιολική ενέργεια, βρίσκουν εφαρμογή τόσο σε απομονωμένα νησιά όσο και σε μέρη διασυνδεδεμένα με το δίκτυο. Όπως συμβαίνει και με τα φωτοβολταϊκά και γενικότερα με την ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται με την μορφή αφαλατωμένου νερού σε

δεξαμενές. Ένα σύστημα Wind – RO αποτελείται από μια ανεμογεννήτρια, έναν ελεγκτή φορτίου, μπαταρίες, μετατροπέα (inverter) και την μονάδα RO. Η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια, φορτίζοντας τις μπαταρίες και ύστερα τροφοδοτεί την αντλία υψηλής πίεσης για να ξεκινήσει η διαδικασία της RO. Οι μπαταρίες είναι χρήσιμες για τα διαστήματα όπου ο άνεμος δεν είναι διαθέσιμος, ενώ ο ελεγκτής φόρτισης χρησιμοποιείται για την αποφυγή υπερφόρτωσης των μπαταριών. Για να μην υπάρξει ο κίνδυνος ζήτησης ενέργειας για την μονάδα RO, μπορεί να συνδεθεί και μια εφεδρική γεννήτρια diesel στο σύστημα. Στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζεται η βασική διάταξη ενός συστήματος Wind – RO [22].



Σχήμα 2.1.1.2.1: Σχηματική αναπαράσταση Wind – RO συστήματος [22].

Εκτός από την ηλιακή και την αιολική, που αποτελούν τις δύο από τις πιο κυρίαρχες μορφές ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση του νερού με την RO μέθοδο, υπάρχουν και άλλες, οι οποίες μελλοντικά θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην αφαλάτωση του νερού, όπως η γεωθερμική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η κυματική ενέργεια και η ενέργεια από τους ωκεανούς. Κάποιες από αυτές, όπως η γεωθερμία, χρησιμοποιείται σήμερα σε συνδυασμό με θερμικές τεχνολογίες αφαλάτωσης, ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια των ωκεανών και των κυμάτων, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια καλή εναλλακτική στις ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σήμερα ειδικά σε περιπτώσεις αφαλάτωσης σε παράκτιες περιοχές [25].

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από όλα τα κράτη στην Ευρώπη, η Ελλάδα διαθέτει την μεγαλύτερη ακτογραμμή με μήκος 14.000km και αριθμό νησιών περίπου 2500 ενώ οι κάτοικοι σε αυτά ανέρχονται σε περίπου 1.6 εκατομμύρια ανθρώπους. Το κλίμα σε αυτά χαρακτηρίζεται μεσογειακό, δηλαδή με αρκετή υγρασία κατά τους χειμερινούς μήνες και ξηρασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, στους οποίους παρατηρείται και η μεγαλύτερη ζήτηση νερού εξαιτίας κυρίως του τουρισμού. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετώπιζαν ανέκαθεν τα νησιά στην Ελλάδα ήταν αυτό που αφορούσε την έλλειψη νερού σε αυτά. Τα προηγούμενα χρόνια η κύρια λύση για την παροχή νερού ήταν η μεταφορά αυτού με βυτιοφόρα πλοία, η οποία πραγματοποιείται ακόμη και σήμερα σε κάποια μικρά νησιά. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος είναι αρκετά δαπανηρή και επιβλαβής για το περιβάλλον εξαιτίας της εκπομπής CO₂ κατά την μεταφορά από τα πλοία. Στην Ελλάδα, το κόστος μεταφοράς νερού ανέρχεται περίπου στα 10 ευρώ/m³, ενώ πολλές φορές το μεταφερόμενο νερό μπορεί να χρειάζεται και επιπλέον επεξεργασία για να πληροί τα πρότυπα ποιότητας του νερού. Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας με την ποσότητα του νερού που μεταφέρθηκε σε κάποια νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων κατά τη διάρκεια 1997-2002 [26]. Τα νησιά των Κυκλάδων προμηθεύονται το νερό από το Λαύριο Αττικής, ενώ τα Δωδεκάνησα από την Ρόδο. Για την Ύδρα και τις Σπέτσες (νησιά του Αργοσαρωνικού), η ποσότητα εισαγόμενου νερού το έτος 2001 ήταν περίπου 450.000 m³ και 500.000 m³ αντίστοιχα [27].

Island	Year					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Amorgos	59,721	62,012	72,400	39,824	56,200	51,778
Koyfonisi	68,540	83,992	77,241	86,136	91,439	84,245
Kimolos	41,585	53,089	48,055	72,011	88,431	81,474
Heraklia	15,231	19,457	22,729	26,705	35,628	32,825
Shinousa	23,640	35,731	10,067	34,160	41,673	38,394
Folegandros	20,220	16,376	29,844	37,359	48,481	44,667
Tinos	—	—	—	110,143	105,112	96,842
Sikinos	—	—	—	29,348	42,699	39,540
Therasia	—	—	—	—	24,211	22,906
Donousa	—	—	—	—	880	—
Milos	—	—	—	—	139,863	128,859
Total	228,937	270,657	260,336	435,686	674,617	621,541

Πίνακας 6: Όγκος μεταφερόμενου νερού σε κυβικά ανά έτος (m³/έτος) σε 11 νησιά των Κυκλάδων κατά την περίοδο 1997 - 2002 [28].

Island	Year					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Agathonisi	8,892	15,558	21,388	25,941	33,361	31,887
Lipsi	77,770	94,168	79,600	105,607	166,533	159,177
Megisti	72,927	108,161	125,420	135,491	150,594	143,942
Nisiros	117,491	131,410	153,760	235,093	259,245	247,795
Patmos	253,616	311,599	380,319	482,367	606,788	579,987
Simi	521,350	591,378	451,245	515,450	433,193	414,059
Chalki	0	166,264	138,761	126,006	169,258	161,782
North Kalimnos	587	734	1,174	3,081	2,348	2,244
Pserimos	—	—	—	352	7,043	6,732
Total	1,052,633	1,419,272	1,351,667	1,629,388	1,828,363	1,747,607

Πίνακας 7: Όγκος μεταφερόμενου νερού σε κυβικά ανά έτος (m³/έτος) σε εννέα νησιά της Δωδεκανήσου κατά την περίοδο 1997 – 2002 [28].

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η κατάσταση διερευνήθηκαν λύσεις όπως η αφαλάτωση του νερού (θαλασσινού ή υφάλμυρου), η δημιουργία φραγμάτων ή γεωτρήσεων. Η εφαρμογή της αφαλάτωσης ξεκίνησε την δεκαετία του 1960 με την χρήση ηλιακών συλλεκτών. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση πέντε συστημάτων μέχρι το 1973 τα οποία όμως δεν απέφεραν καρποφόρα αποτελέσματα, εξαιτίας παραγόντων όπως βλάβες κατά την λειτουργία και ανεπαρκής συντήρηση. Το 1969 πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση συστήματος MSF (Multi stage flash) στην Σύρο, του οποίου η τροφοδοσία γινόταν μέσω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Ο συνδυασμός των υψηλών τιμών των καυσίμων και των μηχανικών προβλημάτων, οδήγησε στην μετάβαση προς την RO τεχνολογία. Οι πρώτες RO εγκαταστάσεις πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο 1981-1982 στην Ιθάκη και στην Μύκονο. Σήμερα, η RO τεχνολογία είναι η πιο εφαρμοσμένη τεχνολογία αφαλάτωσης στην Ελλάδα αντιπροσωπεύοντας το 75% της συνολικής παραγωγής σε αφαλατωμένο νερό και βρίσκει εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο τόσο για την δημόσια ύδρευση όσο και για την παροχή νερού σε ξενοδοχεία για τους εξής λόγους: Σχετικά μικρές ανάγκες νερού, προσαρμόσιμη λειτουργία που μπορεί να καλύπτει τις εποχιακές και τις ημερήσιες διακυμάνσεις που προκύπτουν λόγω της ζήτησης, εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους αφαλάτωσης [26] [29].

Την δεδομένη στιγμή, υπάρχουν πάνω από 160 μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα οι οποίες παράγουν συνολικά περισσότερα από 150.000 m³/ημέρα. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού τροφοδοσίας αυτών των μονάδων είναι κατά 56% θαλασσινό, ενώ το υπόλοιπο είναι υφάλμυρο. Το 48% της συνολικής παραγωγής παρέχεται στους δήμους, ακολουθούν οι βιομηχανικές ανάγκες σε ποσοστό 31%, το 16% διοχετεύεται στον τουριστικό τομέα, και το υπόλοιπο 5% διατίθεται στον ελληνικό στρατό καθώς και σε μονάδες παραγωγής ενέργειας. Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα βρίσκονται σε μη διασυνδεδεμένα νησιά, των οποίων η τροφοδοσία κατά κύριο λόγο πραγματοποιείται μέσω γεννητριών diesel. Τα υπόλοιπα συστήματα βρίσκονται σε

διασυνδεδεμένα νησιά των οποίων η διασύνδεση πραγματοποιείται υποβρύχια με την χρήση καλωδίων. Η τιμή του παραγόμενου νερού στην Ελλάδα, βρίσκεται μεταξύ 0.5 – 3.5 ευρώ/m³, ενώ στην πλειοψηφία των περιπτώσεων το κόστος ξεπερνά το 1.2 ευρώ/m³. Σε ότι αφορά την σύζευξη δικτύων ενέργειας και νερού, υπάρχουν 3 συστήματα RO σε λειτουργία αυτήν την στιγμή τα οποία τροφοδοτούνται από ΑΠΕ, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Η ευρεία αξιοποίηση των ΑΠΕ ξεκίνησε στην Ελλάδα το 2006, όπου εισήχθησαν οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Ο “ήλιος” και ο “άνεμος” θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο έπακρο στην Ελλάδα λόγω του υψηλού αιολικού και ηλιακού δυναμικού που παρατηρείται στα νησιά ειδικά τους θερινούς μήνες [29].

Τοποθεσία	Μέθοδος Αφαλάτωσης	ΑΠΕ
Κερατέα, Αττική	RO 3m ³ / ημέρα	Υβριδικό σύστημα Φ/Β 4kW _p και Α/Γ 900W
Μήλος	RO 3360 m ³ / ημέρα	Α/Γ 600kW
Στρογγύλη	RO 0.85m ³ / ώρα	Φ/Β 10kW

Πίνακας 8: Συστήματα αντίστροφης ώσμωσης σε λειτουργία με την χρήση ΑΠΕ στην Ελλάδα [29].

4. ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο τομέας της αφαλάτωσης στην Ελλάδα, αντιπροσωπεύεται από διάφορες εταιρείες, οι οποίες ειδικεύονται και σε διαφορετικούς τομείς (ξενοδοχεία, νοσοκομεία, νησιά). Οι 3 μεγαλύτερες εταιρείες, οι οποίες έχουν και τις περισσότερες εφαρμογές ανά τομέα είναι η TEMAK, η SYCHEM και η WATERA.

Αρχικά, η TEMAK είναι μια Ελληνική Εταιρεία, η οποία έχει σαν στόχο την έρευνα, τον σχεδιασμό και την κατασκευή συστημάτων επεξεργασίας νερού. Τα συστήματα αυτά, αφορούν το θαλασσινό, το υφάλμυρο νερό καθώς και το νερό από γεωτρήσεις. Η TEMAK, πραγματοποιεί έργα με την χρήση της RO τεχνολογίας και δραστηριοποιείται σε πολλούς κλάδους όπως η βιομηχανία, η ναυτιλία, οι δήμοι, ο αγροτικός τομέας (ιχθυοκαλλιέργειες), τα νοσοκομεία (μονάδες τεχνητού νεφρού), τα ξενοδοχεία, οι σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τα κτηριακά συγκροτήματα. Εκτός της Ελλάδας, η TEMAK δραστηριοποιείται και στον χώρο του εξωτερικού, όπου υπάρχουν εγκατεστημένα έργα επεξεργασίας νερού σε πάνω από 26 κράτη με δυναμικότητα παραγωγής μεγαλύτερης των 750.000 m³/ημέρα. Εγκατεστημένα συστήματα, υπάρχουν τόσο στην Ευρώπη, στην Αφρική, σε χώρες της μέσης Ανατολής, στον Περσικό Κόλπο, στις Μαλδίβες και στον Μαυρίκιο [30].

Η SYCHEM, είναι μια διεθνής εταιρεία κατασκευής συστημάτων επεξεργασίας νερού στην Ελλάδα, με σκοπό την τροφοδοσία σε διυλιστήρια, ξενοδοχεία, βιομηχανίες και δήμους. Η δραστηριότητα της SYCHEM επεκτείνεται και στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, όπου έχουν κατασκευαστεί συγκεκριμένες εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν την τεχνολογία της μεμβράνης με σκοπό την επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και στραγγιδίων από ΧΥΤΑ. Η SYCHEM είναι κατά κύριο λόγο εξαγωγική καθώς πάνω από το 70% των έργων της είναι εκτός Ελλάδας, σε κράτη της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής της Ασίας και της Βόρειας Αφρικής [31].

Τέλος, η WATERA, αποτελεί και αυτή με την σειρά της μια διεθνή εταιρεία με έδρα στο Λουξεμβούργο, και δραστηριοποιείται στο κομμάτι που αφορά την επεξεργασία νερού. Στόχος της είναι η εύρεση επιστημονικών και τεχνικών λύσεων που διασφαλίζουν ότι το νερό, ανεξαρτήτως της προέλευσης του, κατά την επεξεργασία του θα ανταποκρίνεται στα πρότυπα που χρειάζεται να τηρηθούν για την προβλεπόμενη χρήση του. Εκτός της Ελλάδας, η WATERA δραστηριοποιείται και στην Μέση και Άπω Ανατολή, στην Αφρική και σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες [32].

Κάποια από τα έργα των παραπάνω εταιρειών στην Ελλάδα απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τοποθεσία	Έτος κατασκευής	Μέθοδος	Παραγωγή	Κόστος Εγκατάστασης	Κόστος Λειτουργίας	Ημερήσιο Κόστος Λειτουργίας	Κατασκευαστής
			(m ³ /ημέρα)	(€)	(€)/m ³	(€)	
Αλμυρός (Ηράκλειο Κρήτης)	2014	RO&UF	2400	850.000	0,25	600	SYCHEM
Σύρος (Ερμούπολη)	2001	RO(SW)	40	346.000	2	80	CULLIGAN Greece
Σύρος (Άνω Σύρος)	2000	RO(SW)	250	215.000	0,5	125	TEMAK
Σύρος (Άνω Σύρος)	2002	RO(SW)	500	400.000	0,5	250	TEMAK
Σύρος (Ερμούπολη)	2002	RO(SW)	2000	313.000	0,4	800	TEMAK
Σύρος (Άνω Σύρος)	2005	RO(SW)	1000	1.000.000	0,4	400	TEMAK
Σχινούσα	2004	RO(SW)	100	120.000	0,7	70	TEMAK
Μύκονος(κόρφος)	2001	RO(SW)	2000	1.276.000	0,5	1000	CULLIGAN Greece
Τήνος	2005	RO(SW)	500	376.000	0,62	310	CULLIGAN Greece
Σαντορίνη(Οία)	2000	RO(SW)	320	210.000	2	640	CULLIGAN Greece
Χίος (Ομηρούπολη)	2005	RO(BW)	3500	910.000	0,26	910	CULLIGAN Greece
Νίσυρος	2002	RO(SW)	350	295.000	0,66	231	TEMAK
Παξοί (2)	2005	RO(SW)	500	162.000	0,6	300	CULLIGAN Greece

Πίνακας 9: Μερικά από τα έργα αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά. (*Η CULLIGAN Greece μετονομάστηκε σε WATERA Hellas το έτος 2017, (2)=2 συστήματα αφαλάτωσης) [33].

5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΥΔΡΑΣ)

Η Ύδρα είναι ένα από τα νησιά του Αργοσαρωνικού, το οποίο βρίσκεται νότια και κατά μήκος της παραλίας της Ερμιόνης. Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) που πραγματοποιήθηκε το 2021 ο μόνιμος πληθυσμός της Ύδρας ανέρχεται στους 2070 κατοίκους [34] [35]. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα το νησί δέχεται μεγάλο αριθμό τουριστών ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Η τροφοδοσία του νερού πραγματοποιούνταν έως και το 2014 με την χρήση βυτιοφόρων πλοίων (μέχρι και 1000m³ την ημέρα) τα οποία μετέφεραν νερό γεωτρήσεων από το Βίδι του Γαλατά. Ο ρυθμός τροφοδοσίας δεν ήταν σταθερός, ειδικότερα τους θερινούς μήνες κατά τους οποίους μπορεί να έφταναν στο νησί έως και 2 φορτία την ημέρα. Βάσει αναλύσεων που έγιναν στην ποιότητα του νερού από τον Δήμο της Ύδρας, προέκυψε ότι αυτό δεν κάλυπτε τα Ελληνικά και Ευρωπαϊκά πρότυπα, ενώ ταυτόχρονα δεν είχε αποδεκτή γεύση. Τα κύρια αίτια της υποβαθμισμένης ποιότητας του νερού οφείλονταν στις γεωτρήσεις καθώς και στην μεταφορά αυτού με πλοίο, λόγοι που οδήγησαν στην αφαλάτωση ως την πιο ελκυστική και δραστική λύση. Έπειτα από διαγωνισμό που πραγματοποιήθηκε το 2012 στην Ύδρα, η εταιρεία ΤΕΜΑΚ ανέλαβε την κατασκευή έργου αφαλάτωσης με τη χρήση της RO τεχνολογίας. Για τον θεωρητικό προσδιορισμό της ημερήσιας παραγωγής του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν σαν δεδομένα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, η μέση κατανάλωση ενός ατόμου (180L το άτομο ανά μέρα), ο πληθυσμός του νησιού, καθώς και οι τουριστικές κινήσεις [36].

Μήνας	Κάτοικοι & Επισκέπτες	Κατανάλωση (κ. μ./μήνα)	μ.δ. (κ. μ./ημέρα)
Ιανουάριος	2.500	13.500	450
Φεβρουάριος	2.500	13.500	450
Μάρτιος	2.600	14.040	468
Απρίλιος	2.800	15.120	504
Μάιος	3.200	17.280	576
Ιούνιος	4.000	21.600	720
Ιούλιος	5.000	27.000	900
Αύγουστος	6.000	32.400	1.080
Σεπτέμβριος	4.500	24.300	810
Οκτώβριος	3.200	17.280	576
Νοέμβριος	2.500	13.500	450
Δεκέμβριος	2.600	14.040	468
		223.560	κ. μ./έτος

Πίνακας 10: Εκτιμώμενη κατανάλωση νερού στην Ύδρα το 2012 [36].

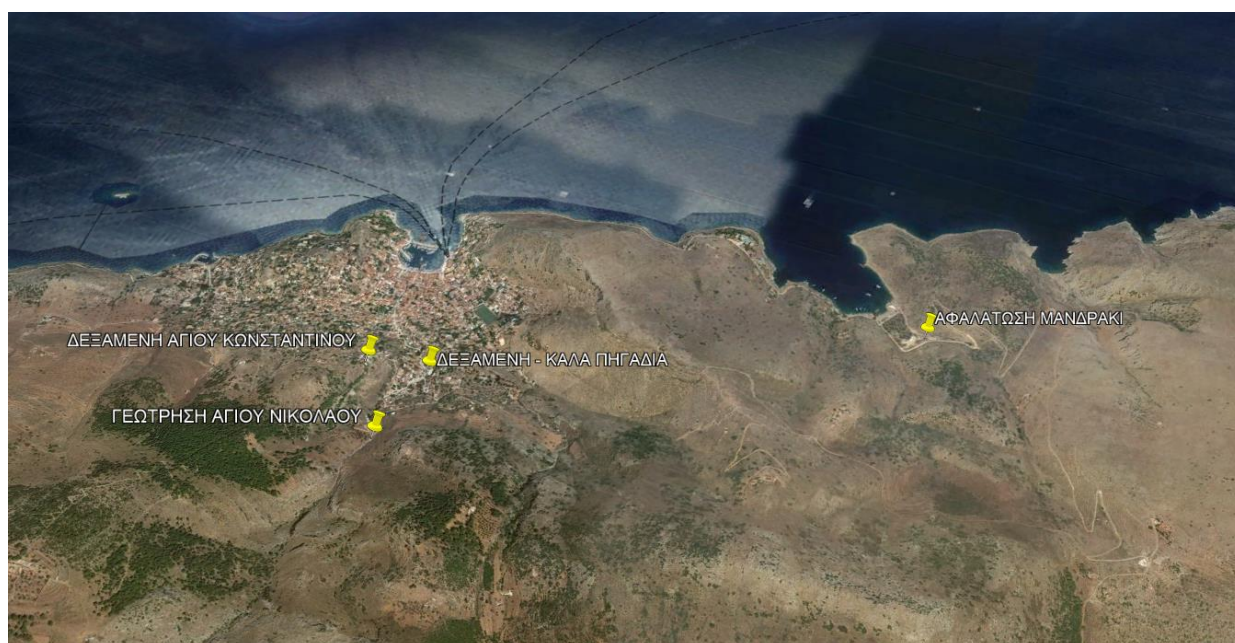
Με βάση ένα εκτιμώμενο ποσοστό απωλειών νερού 25 – 30%, προσδιορίστηκε ότι απαιτούνται τουλάχιστον 300.000 m³ ανά έτος για την κάλυψη των αναγκών του νησιού, ενώ για την κάλυψη της ζήτησης αιχμής επαρκούν 1600 m³/ μέρα.

Η μονάδα αφαλάτωσης ξεκίνησε να λειτουργεί τον Αύγουστο του 2014 και ήταν υπεύθυνη για την αποκλειστική υδροδότηση του δικτύου του νησιού. Σε περιόδους

υψηλής ζήτησης, στο δίκτυο παρέχεται νερό και από την γεώτρηση στην περιοχή του Αγίου Νικολάου, μέγιστης ημερήσιας παραγωγής 500 m³ [37].

Οι βασικές υποδομές σε ότι αφορά την υδροδότηση της Ύδρας είναι οι εξής:

- **Υδροληψία αφαλάτωσης στο Μανδράκι (8m υψόμετρο).** Η μονάδα αφαλάτωσης βρίσκεται στο Μανδράκι και αποτελεί την βασική παροχή νερού στο δίκτυο του νησιού. Το νερό μεταφέρεται στη δεξαμενή στα Καλά Πηγάδια με την χρήση τροφοδοτικού αγωγού διατομής Φ280 και μήκους 2,2 km [35].
- **Δεξαμενή – Καλά Πηγάδια (44m υψόμετρο).** Η δεξαμενή αποτελείται από δύο θαλάμους και λαμβάνει νερό μέσω αγωγού Φ160 από την υδροληψία αφαλάτωσης στο Μανδράκι. Η δεξαμενή έχει χωρητικότητα 1200m³ και τροφοδοτεί με τη χρήση 2 αντλιών 75kW, μέσω αγωγού κατάθλιψης Φ140 τη δεξαμενή στον Άγιο Κωνσταντίνο. Επιπλέον, τροφοδοτεί και το εσωτερικό δίκτυο του νησιού μέσω σωλήνα διατομής Φ160 [35].
- **Δεξαμενή Αγίου Κωνσταντίνου (124m υψόμετρο).** Η δεξαμενή όπως και στα Καλά Πηγάδια, έχει δύο θαλάμους που επικοινωνούν εξωτερικά και έχει χωρητικότητα 600m³. Η τροφοδοσία της πραγματοποιείται μέσω αγωγού διατομής Φ140 από τα Καλά Πηγάδια και συνδέεται με το εσωτερικό δίκτυο της Ύδρας μέσω αγωγών τροφοδοσίας Φ110 και δύο Φ160 [35].
- **Γεώτρηση Αγίου Νικολάου.** Η γεώτρηση, τροφοδοτεί την δεξαμενή Αγίου Κωνσταντίνου μέσω μιας υποβρύχιας αντλίας 30 kW με χρήση καταθλιπτικού αγωγού διατομής Φ110 [36].



Εικόνα 4: Απεικόνιση της διαδρομής του νερού από την μονάδα αφαλάτωσης στο Μανδράκι.

5.1. ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Η μονάδα αφαλάτωσης βρίσκεται στην περιοχή Μανδράκι της Ύδρας και αποτελείται από 2 συστήματα δυναμικότητας παραγωγής 1600 m³/ ημέρα συνολικά (800m³ το καθένα) θαλασσινού νερού με την χρήση της RO τεχνολογίας. Το 2015, ύστερα από έναν χρόνο λειτουργίας της μονάδας, πραγματοποιήθηκε επέκταση σε 1800m³/ημέρα. Η μονάδα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. Υδροληψία θαλασσινού νερού – Δεξαμενισμός θαλασσινού νερού.
2. Αντλίες τροφοδοσίας - Στάδιο προ-κατεργασίας – Φίλτρανση θαλασσινού νερού.
3. Αντίστροφη ώσμωση.
4. Στάδιο μετά-κατεργασίας.
5. Δεξαμενισμός πόσιμου νερού - Μεταφορά στις κεντρικές δεξαμενές του Δήμου Ύδρας - Ηλεκτρική τροφοδοσία.

5.1.1. Υδροληψία θαλασσινού νερού - Δεξαμενισμός Θαλασσινού νερού.

Η υδροληψία γίνεται με την χρήση τριών υποβρύχιων αντλιών οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε τσιμεντένιο παράκτιο φρεάτιο, ο πυθμένας του οποίου βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η απόσταση από το σημείο υδροληψίας μέχρι τον χώρο του συστήματος αφαλάτωσης είναι περίπου 400m και το υψόμετρο της μονάδας είναι 8m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι αντλίες είναι τοποθετημένες σε οριζόντια διάταξη στον πυθμένα του τσιμεντένιου φρεατίου, του οποίου η τροφοδοσία γίνεται μέσω τριών σωλήνων PVC Φ300. Οι σωλήνες αυτοί καταλήγουν στην θάλασσα και μέσω αυτών με βάση την αρχή συγκοινωνούντων δοχείων εισέρχεται θαλασσινό νερό στην τσιμεντένια δεξαμενή. Κατά την διάρκεια του χρόνου εξαιτίας των φαινομένων παλίρροιας και άμπωτης η στάθμη του νερού πάνω από τις αντλίες μεταβάλλεται, όμως σχεδόν πάντα η στάθμη του πάνω από αυτές είναι περίπου 0.5m. Η ψύξη των κινητήρων των αντλιών, πραγματοποιείται με χιτώνια κατασκευασμένα από PVC, τα οποία βρίσκονται γύρω από κάθε αντλία. Εκτός από τις τρεις υποβρύχιες αντλίες υδροληψίας, κοντά στον χώρο αφαλάτωσης υπάρχει γεώτρηση, η οποία αντλεί θαλασσινό νερό και το οδηγεί στην δεξαμενή θαλασσινού νερού. Το νερό από το παράκτιο τσιμεντένιο φρεάτιο καθώς και το νερό της γεώτρησης μεταφέρεται μέσω αγωγού πολυαιθυλενίου Φ250 σε δεξαμενή θαλασσινού νερού χωρητικότητας 25m³ κατασκευασμένη και αυτή από πολυαιθυλένιο, η οποία βρίσκεται στον χώρο του συστήματος αφαλάτωσης.



Εικόνα 5: Απεικόνιση των τριών υποβρύχιων αντλιών (αριστερά) και της δεξαμενής συλλογής θαλασσινού νερού (δεξιά) [37].

5.1.2. Αντλίες τροφοδοσίας - Στάδιο προ-κατεργασίας – Φίλτραση θαλασσινού νερού

Οι αντλίες τροφοδοσίας που χρησιμοποιούνται είναι τρεις, βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση και είναι υπεύθυνες για την άντληση του θαλασσινού νερού από την δεξαμενή με κατεύθυνση προς την προ-κατεργασία που ακολουθεί. Σε κάθε αντίστροφη ώσμωση αντιστοιχεί μια αντλία τροφοδοσίας, ενώ η τρίτη είναι εφεδρική. Οι αντλίες αυτές είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα duplex (υλικό με μεγάλη αντοχή στην διάβρωση θαλασσινού νερού). Στη συνέχεια, στο στάδιο προ-κατεργασίας, ακολουθεί η φίλτραση του θαλασσινού νερού με την χρήση έξι φίλτρων άμμου σε παράλληλη σύνδεση όπου γίνεται η συγκράτηση της θολότητας του θαλασσινού νερού. Τα έξι φίλτρα είναι χωρισμένα σε τρεις ομάδες από δύο φίλτρα σε κάθε ομάδα, έχουν διάμετρο 1.6m και το υλικό κατασκευής τους είναι το fiberglass. Κάθε ομάδα έχει δύο αυτόματες βάνες πεταλούδας, μία στην είσοδο και μία στην γραμμή αποχέτευσης. Κάθε 24 ώρες λειτουργίας το σύστημα αφαλάτωσης σταματά και πραγματοποιεί διαδοχικά αντίστροφο πλύσιμο σε κάθε ομάδα φίλτρων. Την ώρα της πλύσης κλείνει η βάνη εισόδου κάθε ομάδας και ανοίγει η βάνη στην γραμμή αποχέτευσης. Το νερό για το αντίστροφο πλύσιμο της μίας ομάδας είναι φιλτραρισμένο νερό από τις άλλες δύο ομάδες. Η διάρκεια της αντίστροφης πλύσης της μίας ομάδας είναι πέντε λεπτά. Τα έξι φίλτρα βρίσκονται εγκατεστημένα σε δωμάτιο που υπάρχει στον χώρο του συστήματος αφαλάτωσης.



Εικόνα 6: Απεικόνιση αντλιών τροφοδοσίας και φίλτρων άμμου [37].

5.1.3. Αντίστροφη ώσμωση

Μετά από την φίλτρανση του, το νερό από τα φίλτρα άμμου οδηγείται σε δύο “container” που βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση, διαστάσεων 12 m σε μήκος, 2.5m πλάτος και 2,9m ύψος, όπου βρίσκεται ο εξοπλισμός της αφαλάτωσης με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Κάθε container έχει τον παρακάτω βασικό εξοπλισμό:



Εικόνα 7: Απεικόνιση των container, μέσα στα οποία βρίσκονται τα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης [37].

1) Αυτόματη βάννα εισόδου η οποία ανοίγει όταν πρέπει να λειτουργήσει η εκάστοτε αφαλάτωση.



Εικόνα 8: Απεικόνιση αυτόματης βάννας εισόδου [37].

2) Σύστημα δοσομέτρησης αντικαθαλωτικού για την αποφυγή επικάθισης αλάτων στις RO μεμβράνες, αποτελούμενο από δοσομετρική αντλία και κάδο αποθήκευσης διαλύματος αντικαθαλωτικού όγκου 180 lit.



Εικόνα 9: Κάδος αποθήκευσης αντικαθαλωτικού χωρητικότητας 180 lit [37].

3) Τρία φίλτρα φυσιγγίων 5μm για φίλτρανση του θαλασσινού νερού και την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών πριν εισέλθει στις RO μεμβράνες. Κάθε φίλτρο είναι κατασκευασμένο από PVC και διαθέτει 9 φυσίγγια 5μm μήκους 40 ιντσών.



Εικόνα 10: Απεικόνιση τριών φίλτρων φυσιγγίων 5μm [37].

4) Αντλία υψηλής πίεσης. Χρησιμοποιείται εμβολοφόρα αντλία (axial piston) με υψηλό βαθμό απόδοσης και πίεση λειτουργίας 60 bar. Το υλικό κατασκευής της είναι από ανοξείδωτο super duplex, για μέγιστη αντοχή στη διάβρωση θαλασσινού νερού. Το θαλασσινό νερό πριν εισέλθει στην αντλία υψηλής φιλτράρεται επιπλέον από δύο φυσίγγια 1μm για μεγαλύτερη προστασία της αντλίας από σωματίδια. Κάθε φίλτρο είναι κατασκευασμένο από PVC και διαθέτει 9 φυσίγγια 1μm 40 ιντσών.



Εικόνα 11: Αντλία υψηλής πίεσης [37].

5) Δέκα μεμβρανοθήκες διαμέτρου 8 ιντσών μέγιστης πίεσης λειτουργίας 1200 psi (83bar) τοποθετημένα παράλληλα. Σε κάθε μεμβρανοθήκη βρίσκονται τοποθετημένες επτά RO μεμβράνες σε σειρά, δηλαδή η απόρριψη της μιας αποτελεί την είσοδο στην επόμενη.



Εικόνα 12: Απεικόνιση των μεμβρανοθηκών [37].

6) Σύστημα ανάκτησης ενέργειας αποτελούμενο από εναλλάκτη πίεσης και αντλία booster. Μέσω του συστήματος αυτού γίνεται ανάκτηση της ενέργειας που υπάρχει στο ρεύμα της απόρριψης των μεμβρανών . Το σύστημα ανάκτησης ενέργειας έχει βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο από 95%.



Εικόνα 13: Σύστημα ανάκτησης ενέργειας [37].

7) Σύστημα έκπλυσης μεμβρανών το οποίο αποτελείται από δεξαμενή πολυαιθυλενίου όγκου 3m³ και αντλία έκπλυσης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για την έκπλυση του συστήματος των μεμβρανών με αφαλατωμένο νερό σε κάθε σταμάτημα της RO λειτουργίας. Η δεξαμενή έκπλυσης γεμίζει αυτόματα με αφαλατωμένο νερό μέσω αυτόματης βάνας που υπάρχει στην είσοδο της.



Εικόνα 14: Σύστημα έκπλυσης μεμβρανών [37].

Το εξερχόμενο νερό σε κάθε container αφαλάτωσης χωρίζεται σε δύο ρεύματα, το αφαλατωμένο νερό και το συμπύκνωμα (brine). Το συμπύκνωμα οδηγείται σε δεξαμενή όγκου 3m³ που βρίσκεται τοποθετημένη έξω από τα container. Από την δεξαμενή αυτή μέσω αγωγού η άλμη οδηγείται με βαρύτητα στη θάλασσα αξιοποιώντας το υψόμετρο εγκατάστασης (+8m). Τα δύο ρεύματα αφαλατωμένου νερού από τα 2 container ενώνονται και οδηγούνται στην κοινή μετά-κατεργασία του συστήματος αφαλάτωσης.

5.1.4. Στάδιο μετά-κατεργασίας

Η μετά-κατεργασία αποτελείται από τα τέσσερα φίλτρα πρόσδοσης σκληρότητας (φίλτρα ανθρακικού ασβεστίου – CaCO₃) τοποθετημένα σε παράλληλη σύνδεση. Η διάμετρος κάθε δοχείου είναι 1.6m και το υλικό κατασκευής τους είναι το fiberglass. Το νερό, κατά την διέλευση του από τα φίλτρα πρόσδοσης σκληρότητας εμπλουτίζεται με ανθρακικό ασβέστιο. Για να γίνει αυτό, στην είσοδο των φίλτρων υπάρχει σταθμός δοσομέτρησης θεικού οξέος αποτελούμενος από δεξαμενή αποθήκευσης του οξέος, όγκου 1m³, και δύο δοσομετρικές αντλίες. Κάθε δοσομετρητής αντιστοιχεί σε κάθε container αφαλάτωσης. Με την δοσομέτρηση θεικού οξέος ελαττώνεται το pH του παραγόμενου νερού σε μια τιμή γύρω στο 4 ώστε να μπορεί να λιώσει το ανθρακικό ασβέστιο και να περάσει στο νερό. Στην έξοδο των φίλτρων πρόσδοσης σκληρότητας υπάρχει σταθμός δοσομέτρησης διαλύματος σόδας (NaOH) αποτελούμενος από κάδο όγκου 180lit και δύο δοσομετρικές αντλίες. Όταν λειτουργεί το container αφαλάτωσης λειτουργεί και η αντίστοιχη δοσομετρική διάλυματος σόδας. Με την δοσομέτρηση σόδας γίνεται αύξηση του pH σε τιμές 7.5 – 8. Με την πρόσδοση σκληρότητας στο νερό και την αύξηση του pH το τελικώς παραγόμενο νερό είναι εύγεστο και μη διαβρωτικό για τα δίκτυα σωλήνωσης που διανέμουν το νερό στην Ύδρα. Πριν το νερό εισέλθει στην δεξαμενή αποθήκευσης ποσίμου γίνεται χλωρίωση του για απολύμανση με την χρήση σταθμού δοσομέτρησης διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου αποτελούμενο από κάδο όγκου 180 lit και δύο δοσομετρικές αντλίες.



Εικόνα 15: Απεικόνιση σταθμού δοσομέτρησης θεικού οξέος(αριστερά) και των φίλτρων πρόσδοσης σκληρότητας (δεξιά) [37].

5.1.5. Δεξαμενισμός πόσιμο νερού - Μεταφορά στις κεντρικές δεξαμενές του Δήμου Ύδρας – Ηλεκτρική τροφοδοσία.

Το πόσιμο νερό μετά την χλωρίωση του οδηγείται σε δύο τσιμεντένιες δεξαμενές όγκου 600m^3 η καθεμία, οι οποίες βρίσκονται στον χώρο του συστήματος αφαλάτωσης. Οι δύο δεξαμενές είναι συγκοινωνούντα δοχεία. Στην σωλήνωση που οδηγεί το νερό προς τις δεξαμενές ποσίμου υπάρχουν εγκατεστημένα δύο ηλεκτρομαγνητικά παροχόμετρα τα οποία καταγράφουν συνεχώς την ροή του παραγόμενου ποσίμου νερού καθώς και τα συνολικά κυβικά που έχουν παραχθεί. Σε ότι αφορά την μεταφορά, το νερό με αντλίες 5.5 bar οδηγείται στις κεντρικές δεξαμενές της Ύδρας, στα Καλά Πηγάδια. Οι αντλίες είναι συνολικά 3, δύο σε λειτουργία και μια εφεδρική. Στα Καλά Πηγάδια υπάρχουν δύο δεξαμενές χωρητικότητας 600m^3 η καθεμία, οι οποίες δέχονται αφαλατωμένο νερό από το Μανδράκι μέσω των αντλιών τροφοδοσίας. Στέλνοντας νερό μέσω των αντλιών τροφοδοσίας στα Καλά Πηγάδια μειώνεται η στάθμη στις δεξαμενές αφαλατωμένου νερού στο Μανδράκι και όταν αυτή πέσει κάτω από το 80% της μέγιστης χωρητικότητας της τότε ξεκινάει να λειτουργεί η αφαλάτωση. Οι αντλίες μεταφοράς στέλνουν νερό με ροή λίγο μεγαλύτερη από αυτήν που παράγεται από την αφαλάτωση και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι συχνές επανεκκινήσεις της μονάδας. Όταν γεμίσουν οι δεξαμενές στα Καλά Πηγάδια σταματούν την τροφοδοσία οι αντλίες. Καθώς σταματούν οι αντλίες, ανεβαίνει η στάθμη στις δεξαμενές στο Μανδράκι έως ότου γεμίσει τις δεξαμενές αφαλατωμένου νερού.



Εικόνα 16: Απεικόνιση αντλιών τροφοδοσίας νερού στα Καλά Πηγάδια (αριστερά) και δεξαμενής αποθήκευσης αφαλατωμένου νερού (δεξιά) [37].

Γενικά, κάθε container αφαλάτωσης παράγει 37 m³ / ώρα αφαλατωμένο νερό και απορρίπτει 48 m³ / ώρα άλμη, άρα η τροφοδοσία κάθε container είναι 85 m³ / ώρα. Συνολικά και για τα δύο container η τροφοδοσία είναι 170 m³ / ώρα, 74 m³ / ώρα το παραγόμενο και 96 m³ / ώρα η απορριπτόμενη άλμη. Από τα 170 m³ / ώρα εισερχόμενου θαλασσινού νερού τα 60 m³ / ώρα τα δίνει η γεώτρηση ενώ τα υπόλοιπα 110 m³ / ώρα προέρχονται από τις αντλίες υδροληψίας.

Το σύστημα αφαλάτωσης διαθέτει υποσταθμό μέσης τάσης μετασχηματιστή 630 kVA, ο οποίος έχει είσοδο από την ΔΕΗ 20kV και έξοδο 400V. Στην γραμμή των 20kV υπάρχει το ρολόι της ΔΕΗ. Το σύστημα αφαλάτωσης ελέγχεται από PLC και διαθέτει Η/Υ εγκατεστημένο στον χώρο εγκατάστασης, μέσω το οποίου ο χειριστής ελέγχει την λειτουργία του συστήματος. Έπειτα, μέσω ασύρματου internet η ΤΕΜΑΚ συνδέεται και παρακολουθεί την λειτουργία της μονάδας ενώ σε περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης του συστήματος αφαλάτωσης η μονάδα μέσω κινητής τηλεφωνίας ενημερώνει με κλήση την εταιρεία ώστε να υπάρχει άμεση ενημέρωση και επίλυση του προβλήματος.

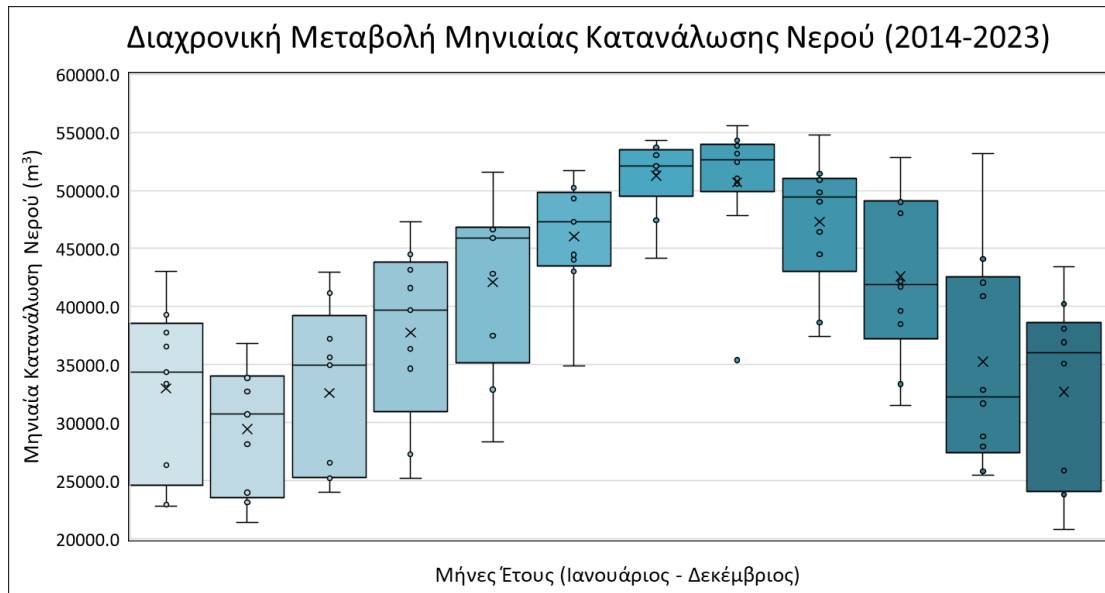
Τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου το νησί δέχεται πολλούς τουρίστες, η μονάδα λειτουργεί 24 ώρες, ενώ τους χειμερινούς μήνες λειτουργεί περίπου 12 ώρες. Η τιμή του παραγόμενου νερού είναι 0,96€ συν τον Φ.Π.Α. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας, στον οποίο φαίνεται η μηνιαία κατανάλωση νερού σε κυβικά μέτρα ανά μήνα του εκάστοτε έτους από την έναρξη λειτουργίας της μονάδας μέχρι και σήμερα, ενώ η συνολική παραγωγή από το 2014 μέχρι και σήμερα είναι περίπου 4,5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού [37].

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		39.304,00	33.372,00	36.580,00	37.764,50	43.058,00	34.356,50	22.948,28	26.339,30	22.799,65
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		33.862,50	30.733,00	32.679,50	36.832,50	34.226,00	28.148,00	21.394,25	23.138,75	23.997,45
ΜΑΡΤΙΟΣ		34.941,50	37.243,00	35.622,00	41.174,00	42.950,00	25.327,50	24.051,45	26.539,30	25.215,20
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		41.597,50	43.141,50	39.682,00	47.295,50	44.518,00	25.246,50	27.273,91	36.341,45	34.667,90
ΜΑΙΟΣ		46.107,00	46.984,50	46.619,00	51.579,50	45.921,00	28.377,50	32.865,75	42.819,55	37.505,95
ΙΟΥΝΙΟΣ		43.040,50	49.315,00	47.308,00	50.222,50	51.700,00	34.898,00	44.460,20	49.484,20	44.019,00
ΙΟΥΛΙΟΣ		47.445,50	51.575,50	53.357,00	53.716,00	54.312,00	44.173,00	51.599,00	53.060,00	52.096,00
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	35.393,00	54.319,00	52.811,00	47.845,50	55.588,00	53.824,00	53.177,00	51.011,75	50.549,90	52.432,50
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	37.461,00	50.124,50	51.456,00	49.021,00	54.758,50	50.884,00	38.608,00	46.456,25	49.816,80	44495
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	33.325,50	39.654,50	52.828,00	48.033,50	49.372,00	49.004,50	31.508,00	41.698,55	42.145,95	38518
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31.659,50	32.817,50	42.071,00	40.890,50	53.142,00	44.083,00	25.810,00	27.933,80	25.500,89	28824,5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	36.937,00	35.106,50	38.093,00	38.143,00	43.442,00	40.222,50	25.901,00	24.185,00	20.846,80	23844,5
	174.776,00	498.320,50	529.623,50	515.781,00	574.887,00	554.703,00	395.531,00	415.878,19	446.582,89	428.415,65

Πίνακας 11: Μηνιαία κατανάλωση νερού σε κυβικά μέτρα (m³) στο νησί της Ύδρας από την έναρξη λειτουργίας της μονάδας [37].

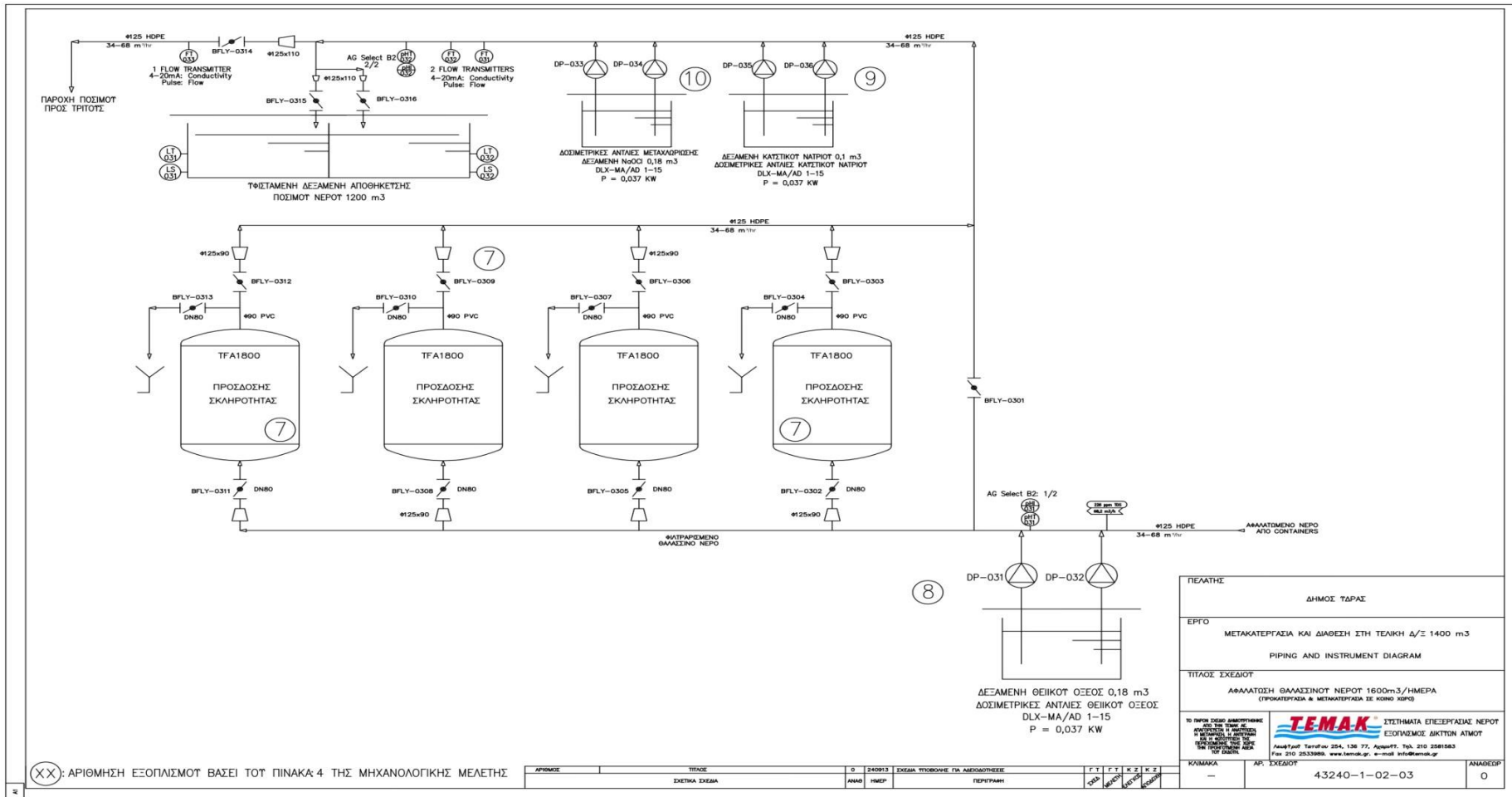
Οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται μεταξύ των μηνών κάθε έτους, οφείλονται κυρίως σε απώλειες που υπάρχουν στο δίκτυο της Ύδρας, ενώ από το 2020 και μετά οι τιμές παρουσιάζουν μια μείωση εξαιτίας της πανδημίας του Covid-19. Το 2023, οι τιμές είναι πιο αντιπροσωπευτικές σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, καθώς την περίοδο αυτή ξεκίνησε επιδιόρθωση του δικτύου της Ύδρας, με αποτέλεσμα να μειωθεί το ποσοστό των απωλειών. Στο παρακάτω γράφημα, απεικονίζεται η διακύμανση που υπάρχει στα

κυβικά νερού συναρτήσει των μηνών του έτους από το 2014 έως και το 2023 (π.χ., Ιανουάριος 2014 έως και Ιανουάριος 2023 κοκ).



Σχήμα 5.1.5.1: Απεικόνιση διαχρονικής μεταβολής μηνιαίας κατανάλωσης νερού σε m³.

Παρακάτω απεικονίζεται και η πορεία του νερού από το στάδιο υδροληψίας έως και την μετά-κατεργασία του νερού σε PID (Process Instrument Diagram) σχέδια.



Σχήμα 5.1.5.4: Μετά-κατεργασία αφαλατωμένου νερού σε PID μορφή [37].

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η μονάδα αφαλάτωσης όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, λειτουργεί περίπου 12 ώρες τους χειμερινούς μήνες, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες λειτουργεί 24 ώρες (ως καλοκαιρινοί μήνες θεωρούνται το δεύτερο μισό του Μαΐου, ο Ιούνιος, ο Ιούλιος, ο Αύγουστος, ο Σεπτέμβριος και ο Οκτώβριος). Κατά την χειμερινή περίοδο, η μονάδα ξεκινά την λειτουργία της περίπου στις 4:00 π.μ. έως και τις 12:00 μ.μ. και ύστερα ξεκινάει στις 18:00 μ.μ. έως και τις 22:00 μ.μ. όπου συμπληρώνεται το 12ωρο. Η μονάδα σταματάει την λειτουργία της όταν συμπληρωθεί η στάθμη της δεξαμενής αφαλατωμένου νερού, και ξεκινάει όταν υπάρξει ζήτηση από τις δεξαμενές στα Καλά Πηγάδια. Ο μέγιστος χρόνος παραμονής του αφαλατωμένου νερού στην δεξαμενή είναι 4-5 μέρες. Την χειμερινή περίοδο, η μονάδα μπορεί να κάνει έως και 3 επανεκκινήσεις την ημέρα, ενώ οι ανάγκες του νησιού είναι στα επίπεδα των 1100 m³/ημέρα [37].

Στην παρούσα διπλωματική, διερευνήθηκε, κατά τους χειμερινούς μήνες, ποιες ώρες της ημέρας, είναι οικονομικότερο για την μονάδα να λειτουργεί. Λαμβάνοντας σαν δεδομένο τις 3 επανεκκινήσεις την ημέρα κατά μέγιστο καθώς και το γεγονός ότι η μονάδα λειτουργεί περίπου 12 ώρες τους χειμερινούς μήνες εξετάστηκαν οι εξής περιπτώσεις :

1. 4ωρη λειτουργία της μονάδας με την δυνατότητα έως και 3 επανεκκινήσεων.
2. 6ωρη λειτουργία της μονάδας με την δυνατότητα έως και 2 επανεκκινήσεων.
3. 12ωρη λειτουργία της μονάδας χωρίς επανεκκινήσεις.

Η έρευνα αυτή ξεκίνησε με τον υπολογισμό της οικονομικότερης τιμής €/kWh των 4ώρων, των 6ώρων, του 12ώρου σεναρίου και της τιμής αυτής που θα προέκυπτε αν η μονάδα λειτουργούσε τις ίδιες ώρες με δυναμική τιμολόγηση (με διαφορετική τιμή €/kWh για κάθε ώρα λειτουργίας στην διάρκεια τόσο του 12ώρου τον χειμώνα όσο και του 24ώρου το καλοκαίρι). Σκοπός της ήταν η σύγκριση των τιμών που υπολογίστηκαν από τα παραπάνω σεναρία με την πραγματική τιμή €/kWh που χρεωνόταν η εταιρεία ΤΕΜΑΚ στο διάστημα 2016-2023. Αρχικά λοιπόν, ελήφθησαν οι ωριαίες τιμές κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας €/kWh για τα έτη 2016 έως και 2023 από τον ENTSO (European Network of Transmission System Operators for Electricity), έναν Ευρωπαϊκό οργανισμό, ο οποίος αντιπροσωπεύει διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχει σαν στόχο την βέλτιστη λειτουργία της εσωτερικής Ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα, απεικονίζονται οι τιμές της kWh για κάθε μήνα του έτους από το 2016 έως και το 2023 της εταιρείας ΤΕΜΑΚ [37] [38] [39].

KWh	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	97102,8	106014,6	117299,1	122230,2	103517,7	73934,1	74536,8	64851
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	91073,7	98853	115038,9	100977,9	80055	63555,3	65353,5	66696,8
ΜΑΡΤΙΟΣ	108381	109397,4	127039,2	122709	77776,8	75624,9	73072,5	75452,1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	127310,4	119527,5	146535,6	125564,7	74243,1	78922,5	105536,7	98720,1
ΜΑΙΟΣ	137587,2	138145,8	155488,2	135306	88364,4	101696,4	120709,8	112039,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	138662,4	139358,4	150863,4	151877,1	105202,8	121908,3	140520,9	129947,7
ΙΟΥΛΙΟΣ	153855,6	164556,9	162984	160532,4	141086,1	141674,1	144609,2	149966,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	166812,9	165269,1	165623,4	165483,9	157431,3	140623,5	142812	151189,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	155049	154575	167003,4	155067,6	119041,5	129282	135331,2	121191,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	151046,1	148441,5	150706,8	147788,3	98931,6	115235,1	114063	108455,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	143625	124279,2	158465,7	126031,2	76341	81233,1	70291,2	79332,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	115924,2	121029	138192,3	126977,4	78892,5	68307,9	61128,9	73441,8

Πίνακας 12: Μηνιαίες τιμές kWh για το σύστημα αφαλάτωσης στο Μανδράκι της Ύδρας.

Η ενεργειακή συνιστώσα του τιμολογίου που αντιμετωπίζει η εταιρεία ΤΕΜΑΚ (κόστος kWh) χωρίς την προσθήκη ρυθμιζόμενων χρεώσεων (ισχύς, χρεώσεις για το Εθνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το Εθνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικό τέλος για την μείωση εκπομπών αέριων ρύπων) φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και αποτελεί περίπου το 50% του λογαριασμού.

€ (ΤΕΜΑΚ)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4956,47	5481,88	6274,41	6440,42	5947,13	4237,17	4301,95	28248,04
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4758,77	5087,81	6045,24	5335,84	4601,9	3711,11	3760,65	11619,8
ΜΑΡΤΙΟΣ	5674,98	5701,04	6778,26	6343,38	4365,81	4405,1	4164,83	13224,63
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6524,55	6182,39	7579,4	6573,68	4440,24	4648,76	6009,45	14725,21
ΜΑΙΟΣ	7151,09	7225,31	8144,12	7132,72	5241,87	5816,9	7001,61	16163,86
ΙΟΥΝΙΟΣ	7307,79	7288,59	7867,32	7896,03	6170,09	7034,03	8086,32	18021,73
ΙΟΥΛΙΟΣ	7980,32	8546,57	8499,71	8405,72	8142,35	8097,01	8226,03	20601,18
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	8707,25	8623,28	8670,93	8597,4	8973,95	8057,4	59501,23	20960,73
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	8129,02	8064,4	8653,1	8121,73	6969,6	7460,92	95911,79	16743,25
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7843,33	7780,94	7943,63	8480,36	5801,09	6569,08	60587,7	15020,54
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7602,22	6611,4	8319,73	7266,27	4451,78	4708,18	24781,87	12788,02
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6062,5	6323,3	7142,26	7277,6	4600,09	4006,27	20237,39	11761,52

Πίνακας 13: Αποκλειστική τιμή ρεύματος χωρίς το συνυπολογισμό ρυθμιζόμενων χρεώσεων, επιδοτήσεων και πιστώσεων.

Με βάση τις τιμές που παρουσιάζονται στους δύο παραπάνω πίνακες, μπορεί να υπολογιστεί η τιμή της kWh στο διάστημα 2016-2023 που χρεωνόταν η εταιρεία.

€/kWh (ΤΕΜΑΚ)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,051	0,052	0,053	0,053	0,057	0,057	0,058	0,436
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,052	0,051	0,053	0,053	0,057	0,058	0,058	0,174
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,052	0,052	0,053	0,052	0,056	0,058	0,057	0,175
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,051	0,052	0,052	0,052	0,060	0,059	0,057	0,149
ΜΑΙΟΣ	0,052	0,052	0,052	0,053	0,059	0,057	0,058	0,144
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,053	0,052	0,052	0,052	0,059	0,058	0,058	0,139
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,052	0,052	0,052	0,052	0,058	0,057	0,057	0,137
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,052	0,052	0,052	0,052	0,057	0,057	0,417	0,138
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,052	0,052	0,052	0,052	0,059	0,058	0,709	0,138
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,052	0,052	0,053	0,057	0,059	0,057	0,531	0,138
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,053	0,053	0,053	0,058	0,058	0,058	0,353	0,161
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,052	0,052	0,052	0,057	0,058	0,059	0,331	0,160

Πίνακας 14: Διαχρονική μεταβολή της τιμής €/kWh – απολογιστική χρέωση ΤΕΜΑΚ.

Στην συνέχεια, υπολογίστηκε η τιμή του ρεύματος χρησιμοποιώντας τις ωραίες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας από τον ENTSO, η οποία διαιρεμένη με τις kWh της κατανάλωσης μας δίνει την τιμή της €/kWh που θα χρεωνόταν η ΤΕΜΑΚ αν λειτουργούσε την μονάδα τις ίδιες ακριβώς ώρες χειμώνα και καλοκαίρι χρησιμοποιώντας μοτίβο δυναμικής τιμολόγησης.

€(ENTSO)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4823,73	8529,97	6354,04	9666,82	6306,45	4149,62	17248,05	13145,27
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3954,39	5665,94	6091,93	6842	4047,91	3479	14698,41	11070,86
ΜΑΡΤΙΟΣ	4548,58	5246,76	5700,9	7704,66	3741,64	4713,54	21470,86	10083,46
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5106,75	5641,06	7345,53	8340,65	2354,48	5515,09	28225,63	13023,23
ΜΑΙΟΣ	5787,05	6508,2	8792,32	9200,2	3092,82	6618,35	27862,89	12267,37
ΙΟΥΝΙΟΣ	5713,16	7140,3	9185,85	10344,2	3583,97	10180,62	33819,38	11895,22
ΙΟΥΛΙΟΣ	6553,34	8637,44	10427	9980,64	5806,6	14441,05	48912,46	16895,14
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6514,83	8375,88	10549,91	10589,86	7267,25	17109,56	62355,87	16527,95
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6194,57	8194,1	11279,47	9450,52	5543,05	17417,02	56376,13	12355,7
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6521,25	8179,53	10672,2	9354,65	4678,49	22866,57	26520,62	12059,87
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6350,09	9260,82	11138,17	7299,09	4229,42	19275,96	16587,31	8566,68
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6043,08	6807,08	9959	7852,22	4912,66	16702,79	17871,62	7616,72

Πίνακας 15: Τιμή ρεύματος υπολογισμένη με βάση την τιμή €/kWh από τον ENTSO.

€/kWh (ENTSO)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,050	0,080	0,054	0,079	0,061	0,056	0,231	0,203
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,043	0,057	0,053	0,068	0,051	0,055	0,225	0,166
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,042	0,048	0,045	0,063	0,048	0,062	0,294	0,134
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,040	0,047	0,050	0,066	0,032	0,070	0,267	0,132
ΜΑΙΟΣ	0,042	0,047	0,057	0,068	0,035	0,065	0,231	0,109
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,041	0,051	0,061	0,068	0,034	0,084	0,241	0,092
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,043	0,052	0,064	0,062	0,041	0,102	0,338	0,113
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,039	0,051	0,064	0,064	0,046	0,122	0,437	0,109
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,053	0,068	0,061	0,047	0,135	0,417	0,102
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,043	0,055	0,071	0,063	0,047	0,198	0,233	0,111
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,044	0,075	0,070	0,058	0,055	0,237	0,236	0,108
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,052	0,056	0,072	0,062	0,062	0,245	0,292	0,104

Πίνακας 16: Τιμή €/kWh με δυναμική τιμολόγηση.

6.1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ - ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Για την εύρεση της καλύτερης ώρας εκκίνησης στην περίπτωση που η μονάδα λειτουργεί ανά 4 ώρες με την δυνατότητα έως και τριών επανεκκινήσεων, υπολογίστηκε για κάθε μέρα του έτους από το 2016-2023 ο μέσος όρος των τιμών €/kWh από τον ENTSO των 21 4ώρων που υπάρχουν στην διάρκεια μιας ημέρας. Ο οικονομικότερος μέσος όρος, τοποθετούνταν αυτόματα σαν πρώτη επιλογή τετραώρου για κάθε επόμενη εξεταζόμενη μέρα. Το δεύτερο τετράωρο, ήταν το επόμενο πιο οικονομικό τετράωρο, ανάμεσα σε εκείνα που δεν επικάλυπταν το πρώτο (π.χ. αν το οικονομικότερο τετράωρο ξεκινούσε στις 15:00 μ.μ., τότε το δεύτερο οικονομικότερο

τετράωρο δεν θα μπορούσε να ξεκινάει νωρίτερα από τις 19:00). Τέλος, με την ίδια μέθοδο υπολογιζόταν και το τρίτο οικονομικότερο τετράωρο.

Η ίδια προσέγγιση ακολουθήθηκε και για την βωρη λειτουργία της μονάδας με την δυνατότητα έως και δύο επανεκκινήσεων, καθώς και για την 12ωρη λειτουργία. Παρακάτω απεικονίζονται οι μέσοι όροι των τιμών των τετράωρων, των εξάωρων και του δωδεκάωρου ανά μήνα, καθώς και οι οικονομικότερες ώρες εκκίνησης λειτουργίας της μονάδας στην κάθε περίπτωση.

Μέσες μηνιαίες (4HR)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
€/kWh								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,046	0,062	0,050	0,071	0,053	0,044	0,204	0,158
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,042	0,049	0,049	0,066	0,044	0,042	0,191	0,138
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,038	0,043	0,039	0,054	0,035	0,051	0,240	0,103
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,037	0,041	0,046	0,057	0,023	0,058	0,215	0,101
ΜΑΙΟΣ	0,040	0,045	0,056	0,063	0,032	0,060	0,217	0,099
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,041	0,051	0,061	0,068	0,034	0,084	0,241	0,092
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,043	0,052	0,064	0,062	0,041	0,102	0,338	0,113
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,039	0,051	0,064	0,064	0,046	0,122	0,437	0,109
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,053	0,068	0,061	0,047	0,135	0,417	0,102
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,043	0,055	0,071	0,063	0,047	0,198	0,233	0,111
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,058	0,066	0,050	0,044	0,202	0,192	0,083
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,047	0,052	0,068	0,054	0,046	0,199	0,225	0,086

Πίνακας 17: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο τετράωρο σενάριο.

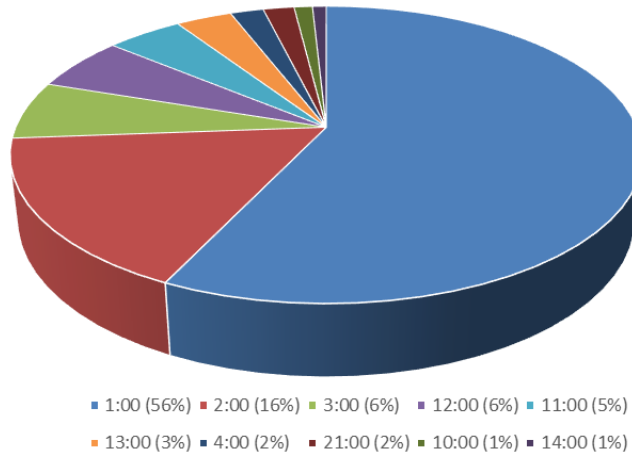
Μέσες μηνιαίες (6HR)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
€/kWh								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,046	0,063	0,051	0,071	0,052	0,044	0,202	0,156
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,041	0,049	0,049	0,066	0,043	0,042	0,188	0,135
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,038	0,042	0,039	0,054	0,034	0,050	0,236	0,102
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,037	0,040	0,046	0,057	0,023	0,058	0,216	0,101
ΜΑΙΟΣ	0,040	0,045	0,056	0,063	0,032	0,060	0,216	0,099
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,041	0,051	0,061	0,068	0,034	0,084	0,241	0,092
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,043	0,052	0,064	0,062	0,041	0,102	0,338	0,113
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,039	0,051	0,064	0,064	0,046	0,122	0,437	0,109
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,053	0,068	0,061	0,047	0,135	0,417	0,102
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,043	0,055	0,071	0,063	0,047	0,198	0,233	0,111
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,058	0,067	0,049	0,043	0,202	0,191	0,082
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,047	0,052	0,068	0,053	0,046	0,198	0,224	0,085

Πίνακας 18: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο εξάωρο σενάριο.

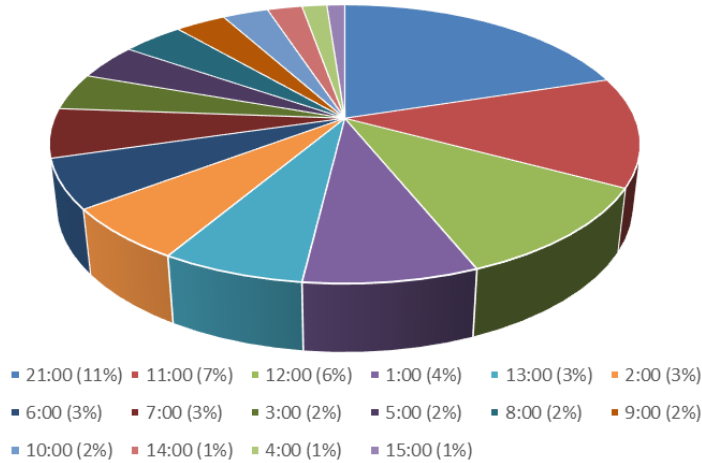
Μέσες μηνιαίες (12HR)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
€/kWh								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,046	0,067	0,052	0,072	0,053	0,046	0,210	0,167
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,042	0,052	0,050	0,066	0,045	0,045	0,200	0,143
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,038	0,043	0,040	0,055	0,036	0,053	0,248	0,109
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,037	0,042	0,046	0,059	0,025	0,061	0,226	0,104
ΜΑΙΟΣ	0,040	0,045	0,056	0,064	0,032	0,061	0,219	0,101
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,041	0,051	0,061	0,068	0,034	0,084	0,241	0,092
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,043	0,052	0,064	0,062	0,041	0,102	0,338	0,113
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,039	0,051	0,064	0,064	0,046	0,122	0,437	0,109
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,053	0,068	0,061	0,047	0,135	0,417	0,102
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,043	0,055	0,071	0,063	0,047	0,198	0,233	0,111
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,040	0,061	0,067	0,050	0,045	0,208	0,200	0,088
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,047	0,053	0,069	0,054	0,050	0,209	0,236	0,089

Πίνακας 19: Μέσες μηνιαίες τιμές €/kWh στο δωδεκάωρο σενάριο.

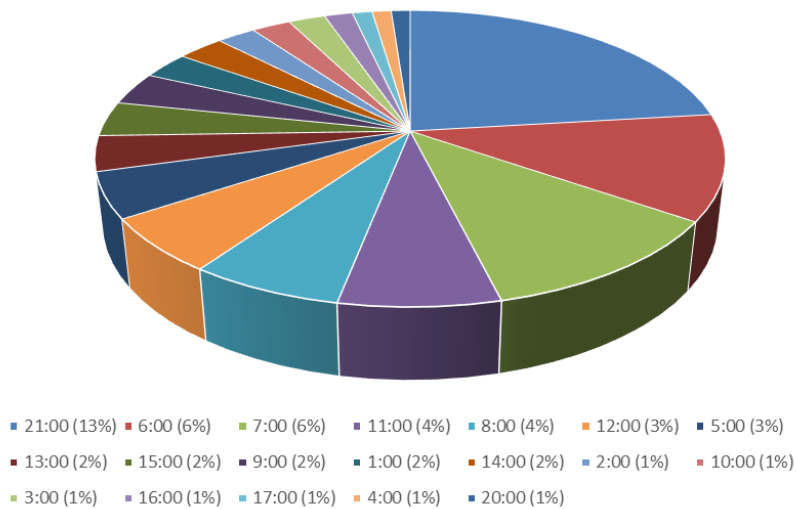
Οικονομικότερη ώρα εκκίνησης λειτουργίας πρώτου τετραώρου κατά την περίοδο 2016-2023.



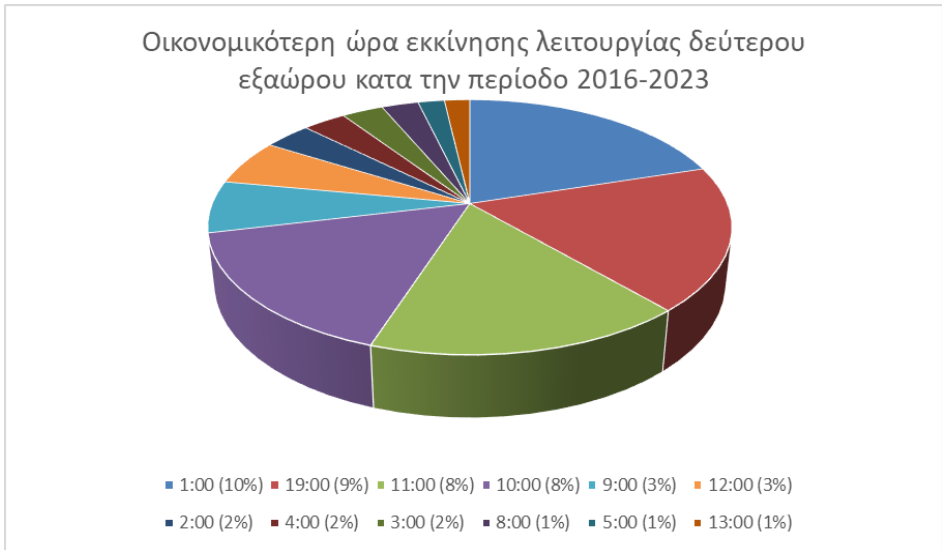
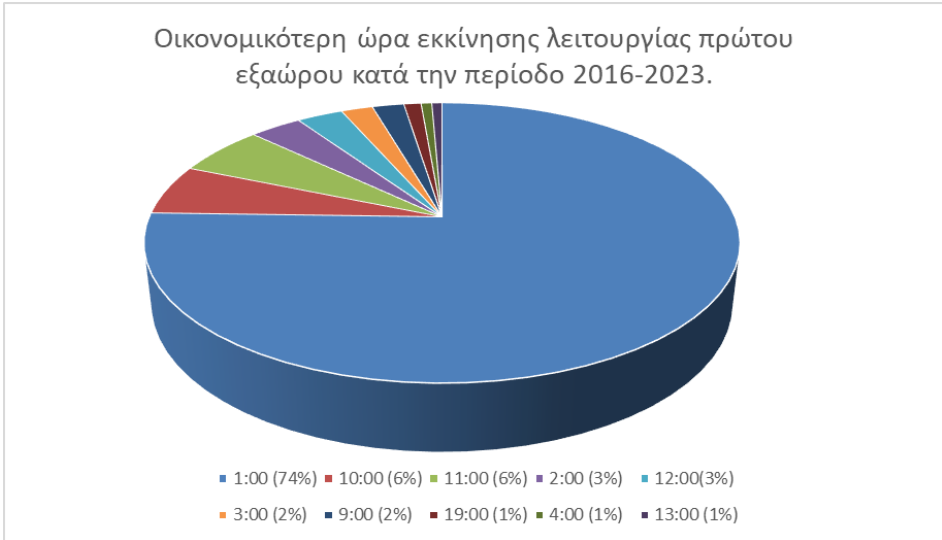
Οικονομικότερη ώρα εκκίνησης λειτουργίας δεύτερου τετραώρου κατά την περίοδο 2016-2023.



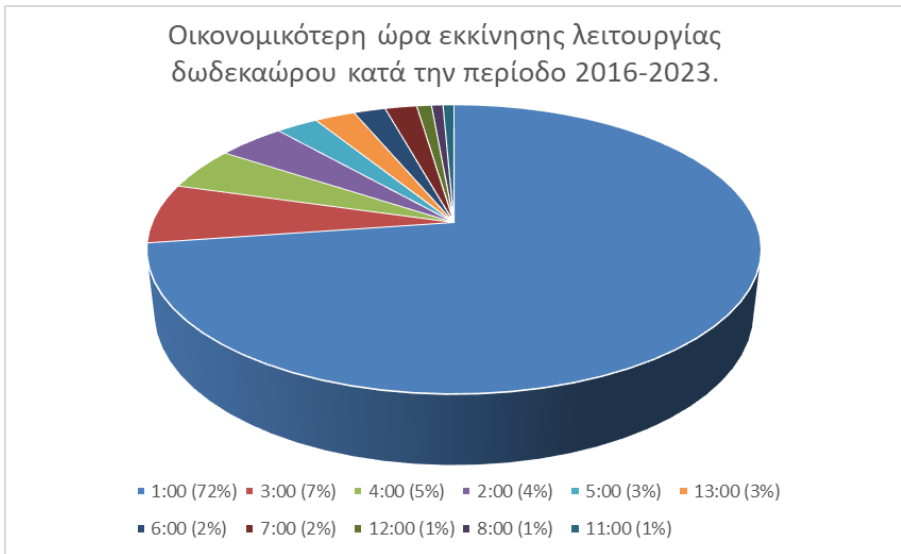
Οικονομικότερη ώρα εκκίνησης λειτουργίας τρίτου τετραώρου κατά την περίοδο 2016-2023.



Σχήμα 6.1.1: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης των οικονομικότερων τετραώρων την περίοδο 2016-2023.



Σχήμα 6.1.2: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης των οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2016-2023.

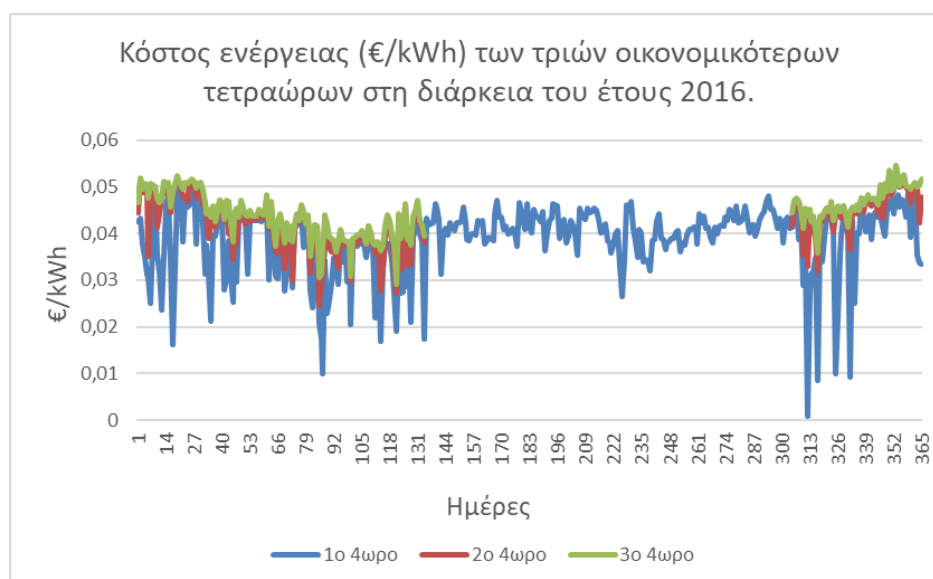


Σχήμα 6.1.3: Ποσοστιαία απεικόνιση ώρας εκκίνησης του οικονομικότερου δωδεκαώρου την περίοδο 2016-2023.

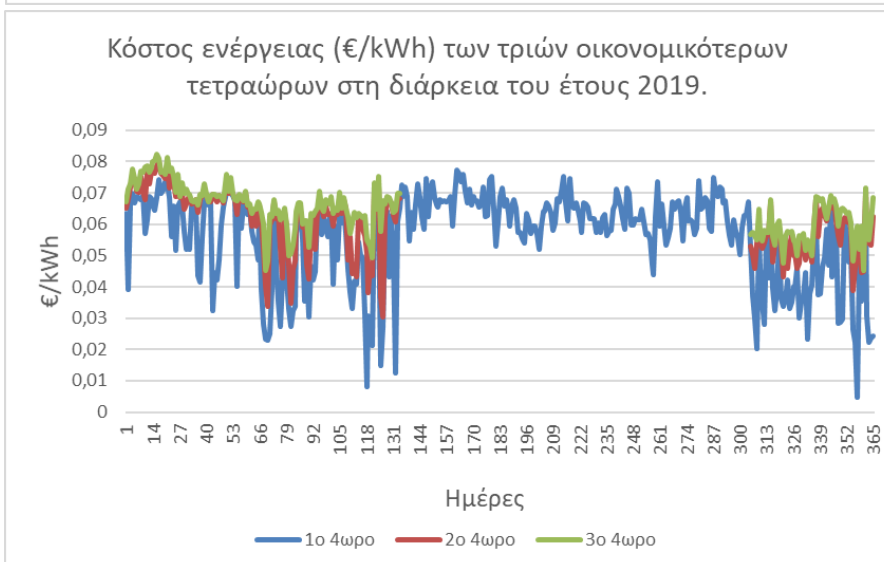
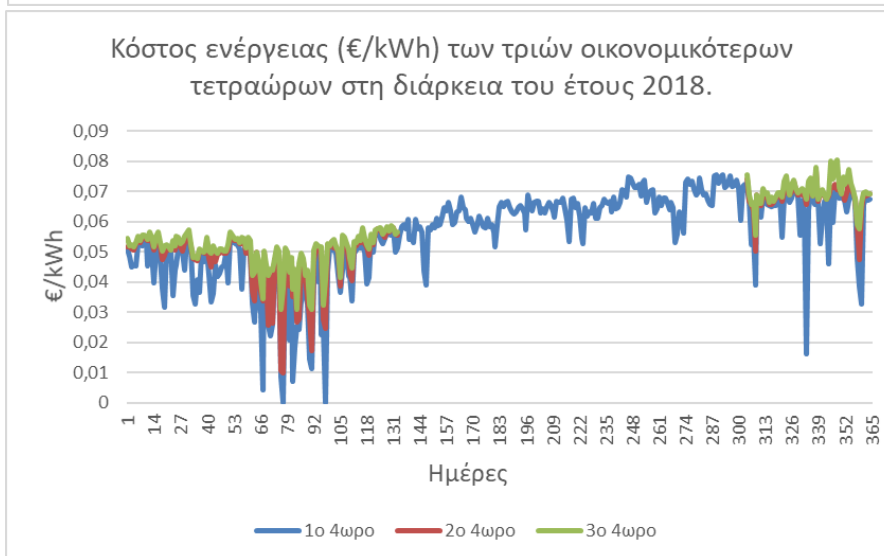
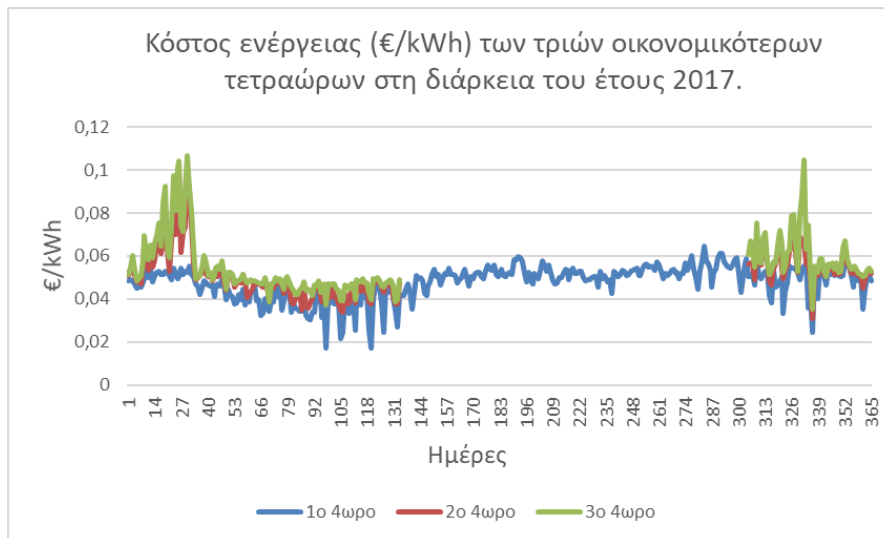
Από τα παραπάνω γραφήματα προκύπτει, ότι αν η μονάδα λειτουργούσε υπό καθεστώς δυναμικής τιμολόγησης, τότε η οικονομικότερη ώρα εκκίνησης της μονάδας στο διάστημα 2016-2023 θα ήταν στις 1:00 π.μ. ανεξάρτητα από το ποιο σενάριο λειτουργίας θα εφαρμοζόταν. Η επιλογή του δεύτερου και τρίτου οικονομικότερου τετραώρου καθώς και του δεύτερου οικονομικότερου εξαώρου, είναι πιο δύσκολη διότι δεν υπάρχουν μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ωρών και τα ποσοστά είναι μικρά συγκριτικά με την οικονομικότερη ώρα εκκίνησης. Ωστόσο, ωφέλιμο θα ήταν για το νησί, η μονάδα ως επί το πλείστον να λειτουργούσε βραδινές ώρες για να μην επιβαρύνεται το δίκτυο της Ύδρας τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες που θεωρούνται ώρες αιχμής. Σε ότι αφορά το 12ώρο σενάριο, είναι πιο δύσκολο στην πράξη να εφαρμοστεί. Αυτό συμβαίνει, διότι η μονάδα στην διάρκεια της ημέρας σταματάει την λειτουργία της όταν οι δεξαμενές χωρητικότητας 1200 m³ αφαλατωμένου νερού γεμίσουν. Η αφαλάτωση, ξεκινάει να λειτουργεί, όταν υπάρξει ζήτηση από τις δεξαμενές στα Καλά Πηγάδια. Επομένως, το δωδεκάωρο σενάριο θα αποτελούσε μια πρακτική λύση σε περίπτωση επέκτασης της χωρητικότητας των δεξαμενών αφαλατωμένου νερού. Με αυτόν τον τρόπο, όχι μόνο θα μπορούσε να λειτουργεί η μονάδα με λιγότερες έως καθόλου επανεκκινήσεις, αλλά θα υπήρχαν και μέρες κυρίως τον χειμώνα που η ζήτηση του νησιού είναι μικρότερη συγκριτικά με το καλοκαίρι, όπου η μονάδα θα μπορούσε να μην λειτουργεί καθόλου, συνυπολογίζοντας ταυτόχρονα το μέγιστο επιτρεπόμενο διάστημα παραμονής του νερού εντός των δεξαμενών.

6.1.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΕΤΡΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΚΑΙ 3 ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΕΩΝ

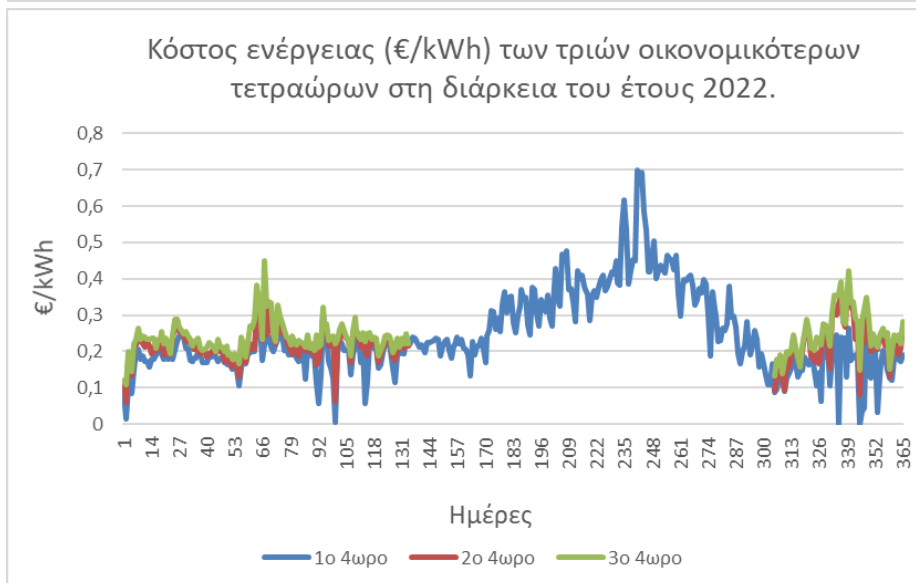
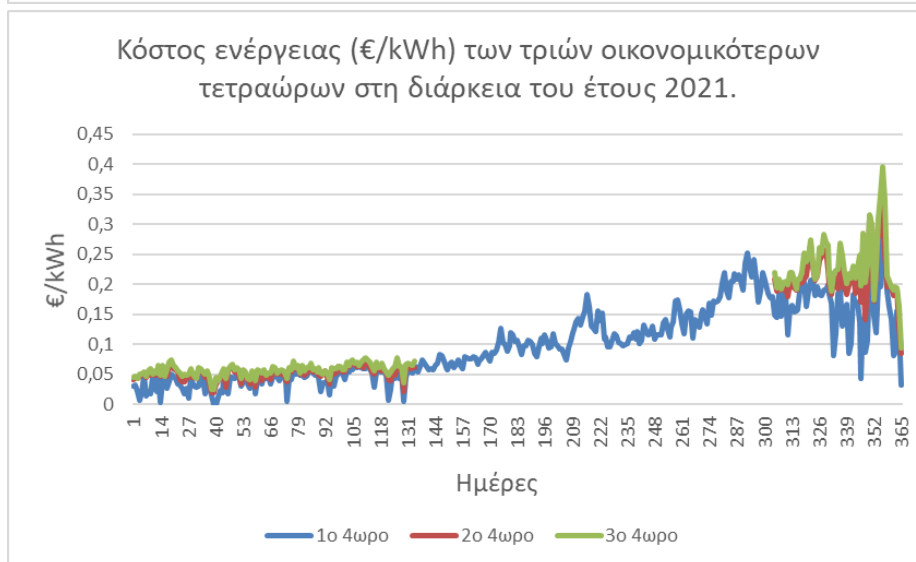
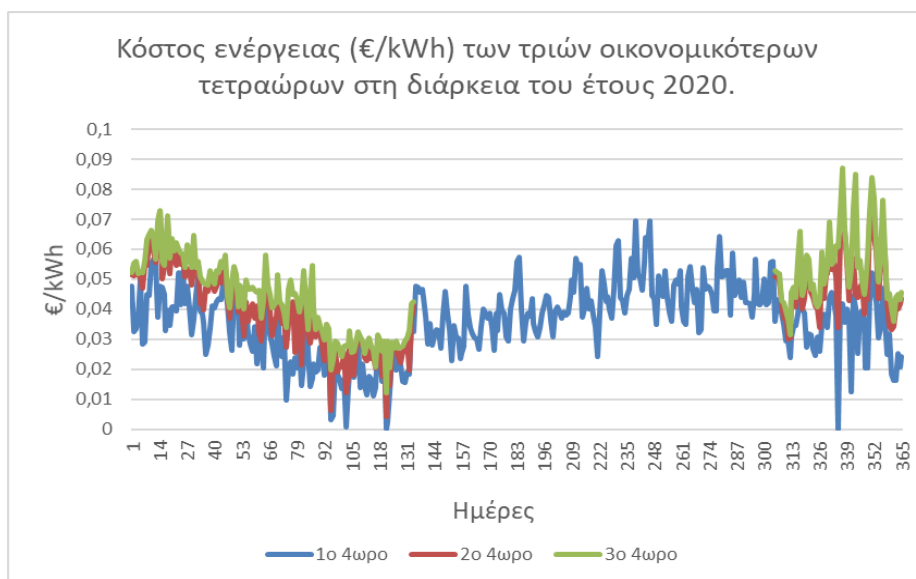
Παρακάτω απεικονίζονται οι διακυμάνσεις της τιμής €/kWh ανά έτος στο διάστημα 2016-2023 των τριών οικονομικότερων τετραώρων.



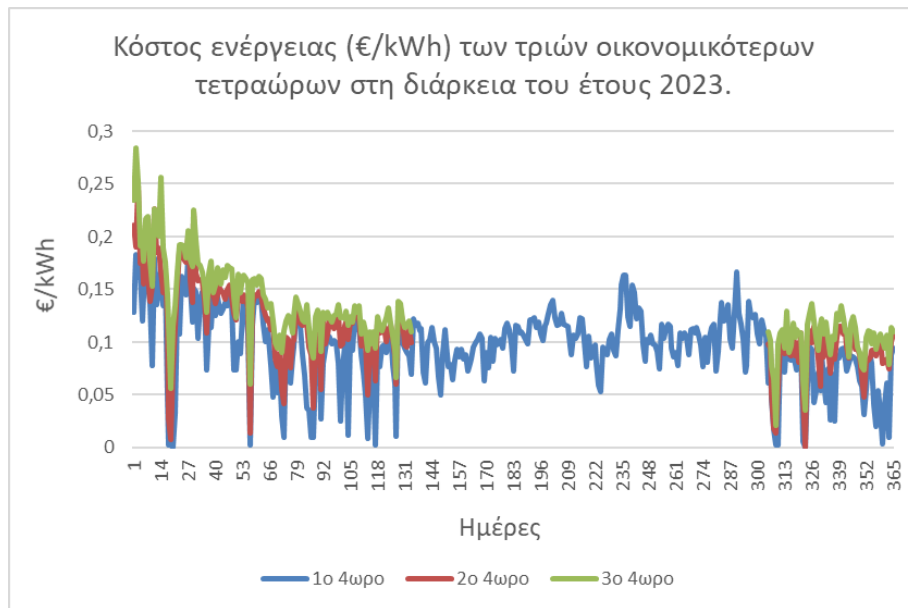
Σχήμα 6.1.1.1: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα το 2016.



Σχήμα 6.1.1.2: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2017 έως το 2019.

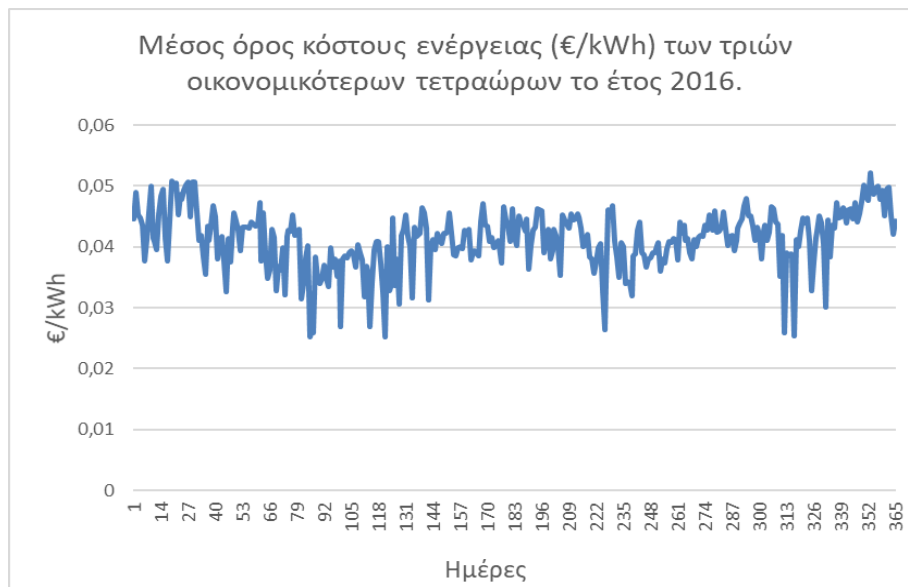


Σχήμα 6.1.1.3: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2020 έως το 2022.

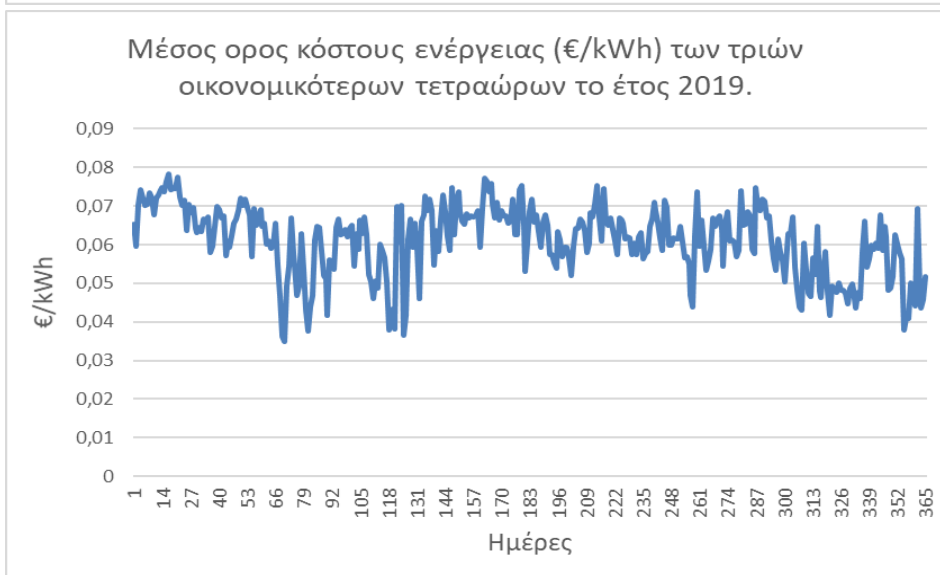
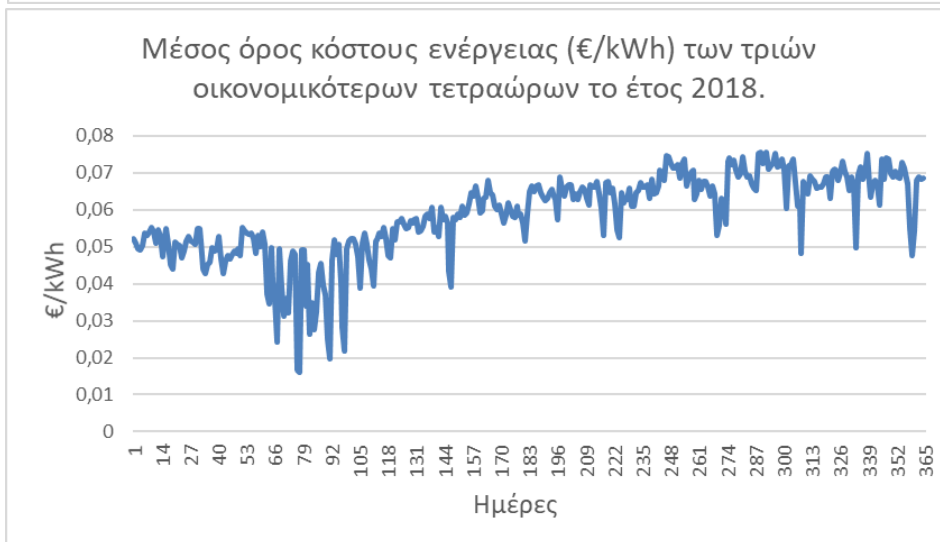
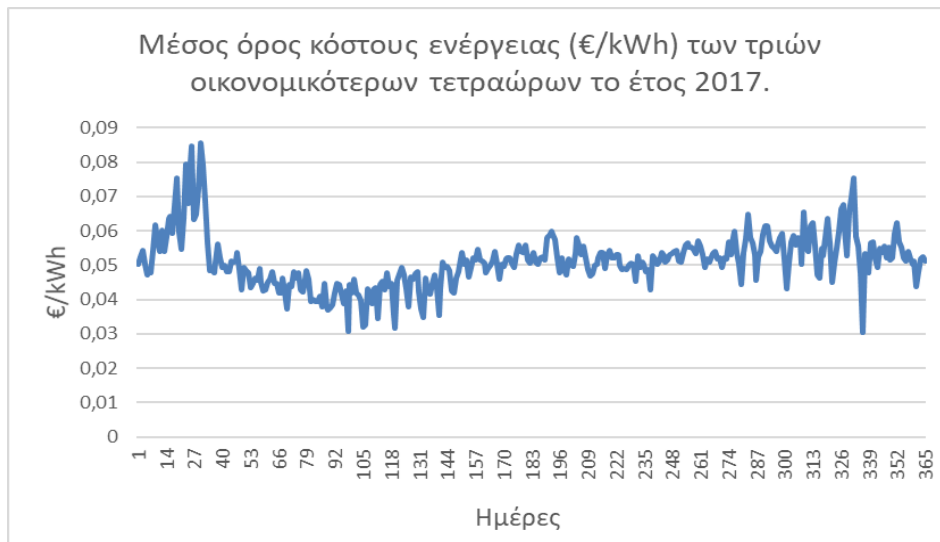


Σχήμα 6.1.1.4: €/kWh για τα τρία οικονομικότερα σενάρια το 2023.

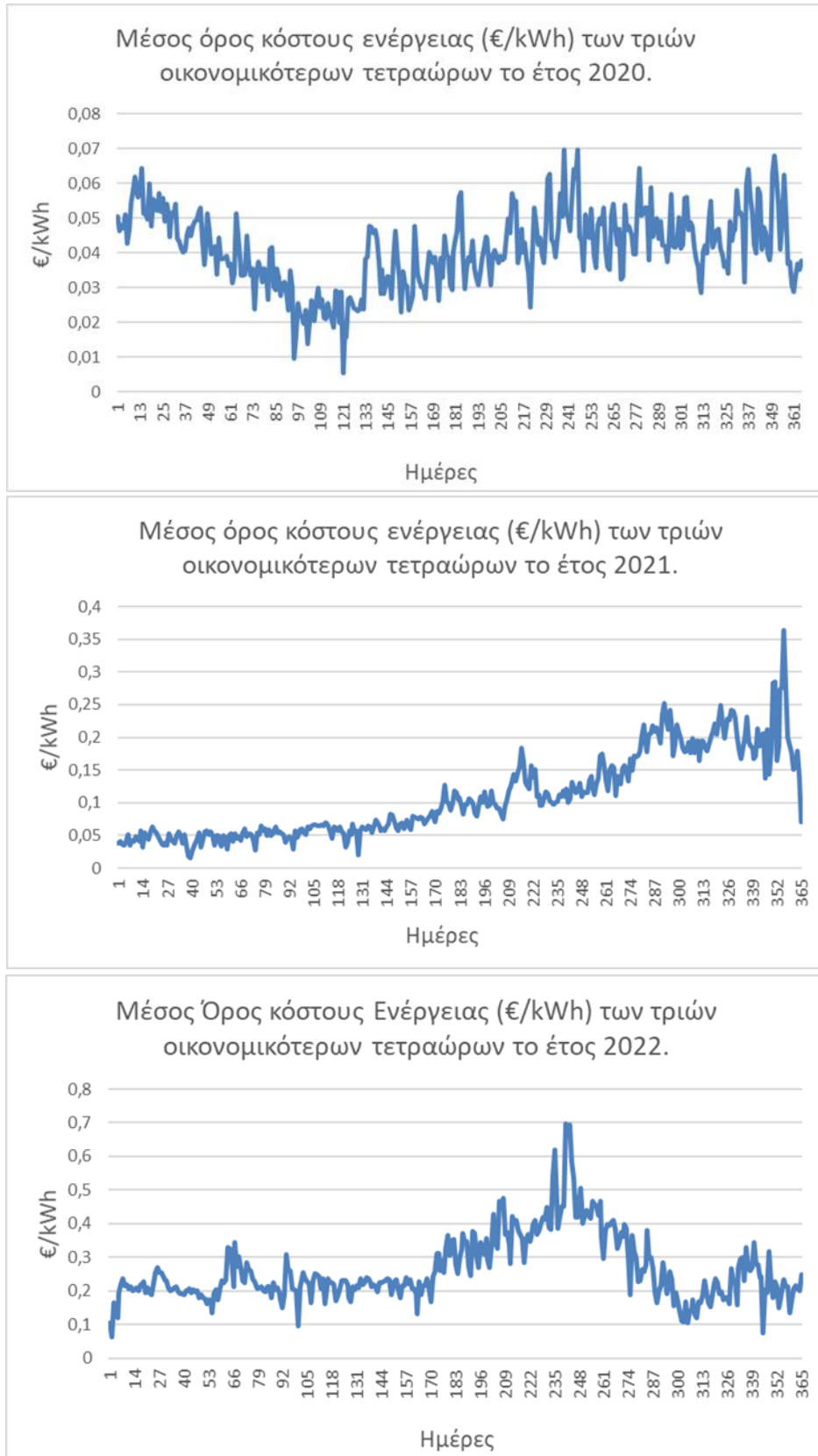
Στα παραπάνω γραφήματα, γίνεται απεικόνιση της διαφοράς των τιμών €/kWh των τριών οικονομικότερων τετραώρων. Τα διαστήματα στα οποία διακρίνεται μόνο η μπλε καμπύλη (πρώτο τετράωρο) αφορούν καλοκαιρινές περιόδους όπου η μονάδα λειτουργεί 24 ώρες, γι' αυτό και υπάρχει μόνο μια τιμή. Δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις τιμές μεταξύ των τριών τετραώρων, με εξαίρεση την περίοδο 2020-2023, όπου η τιμή έχει πολλές αυξομειώσεις (ειδικότερα τον Δεκέμβριο του 2020 και του 2021 καθώς και τον Ιανουάριο του 2023). Στα ακόλουθα γραφήματα διακρίνονται και οι μέσοι όροι των οικονομικότερων τετραώρων ανά έτος.



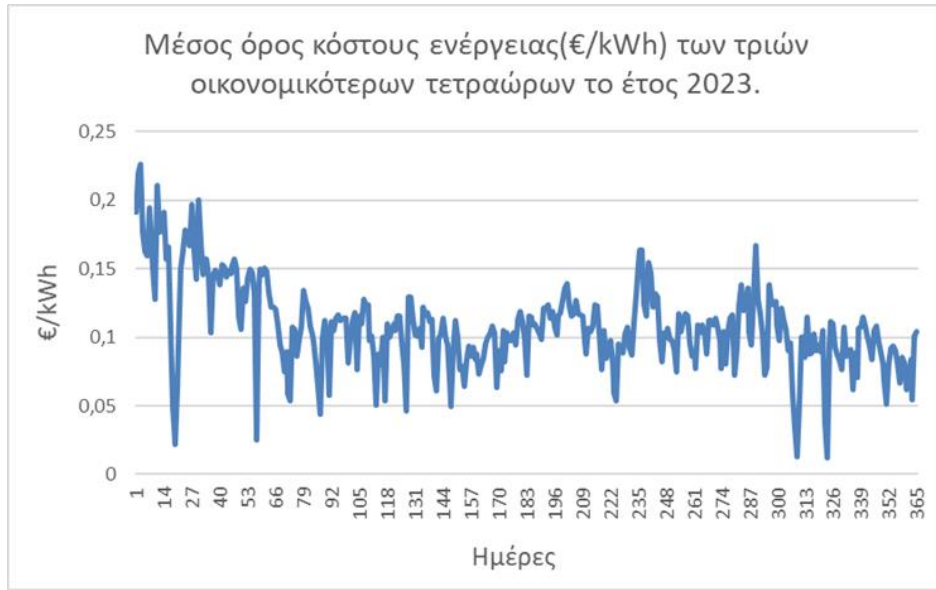
Σχήμα 6.1.1.5: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα το 2016.



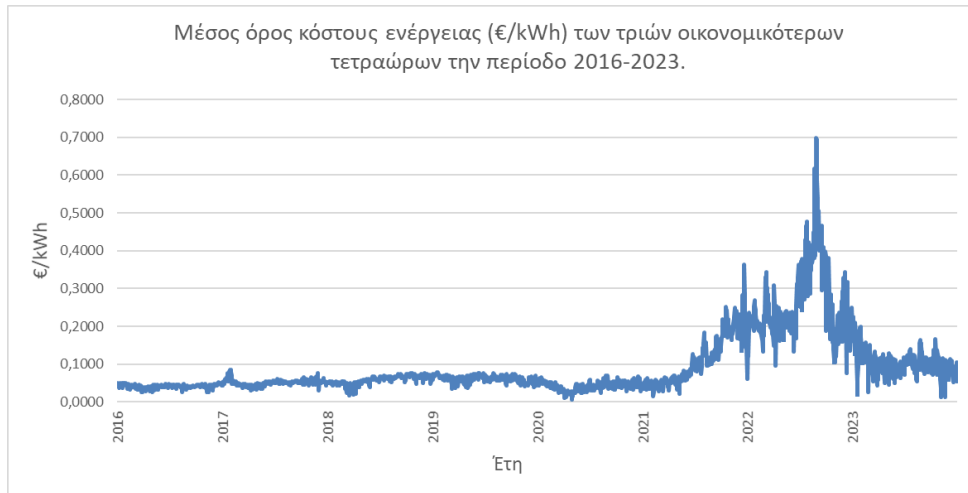
Σχήμα 6.1.1.6: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2017 έως το 2019.



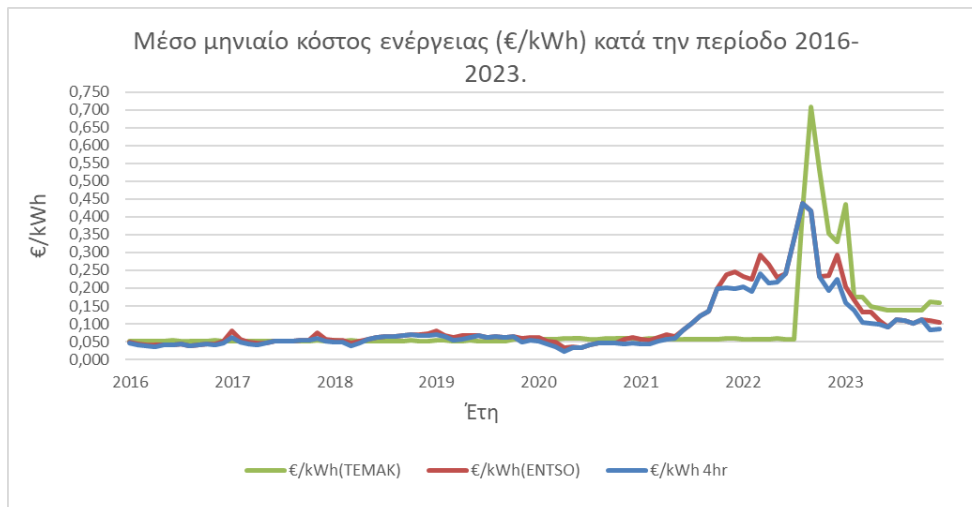
Σχήμα 6.1.1.7: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετράωρα από το 2020 έως το 2022.



Σχήμα 6.1.1.8: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετάρωρα το 2023.



Σχήμα 6.1.1.9: Μέσος όρος €/kWh για τα τρία οικονομικότερα τετάρωρα την περίοδο 2016-2023.

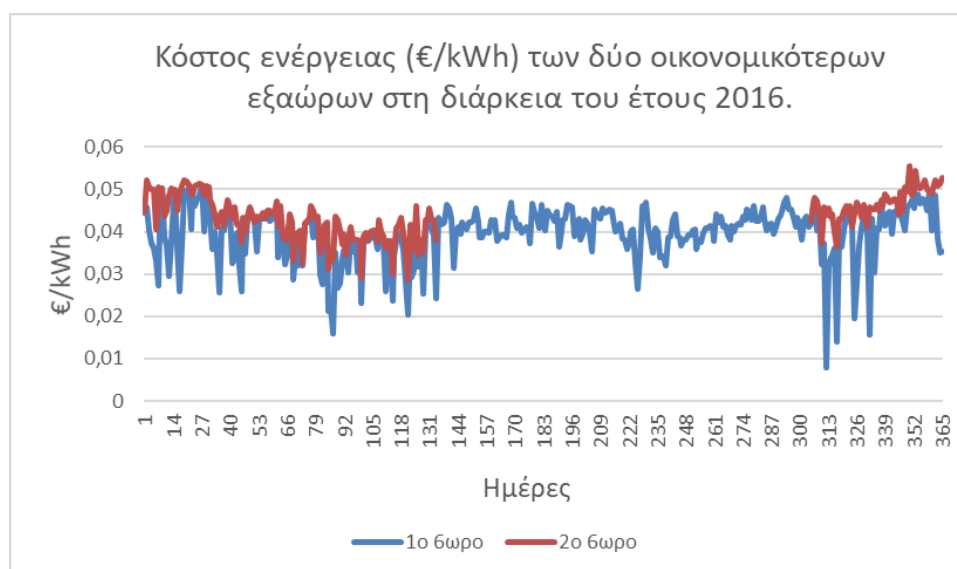


Σχήμα 6.1.1.10: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του τετάρωρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.

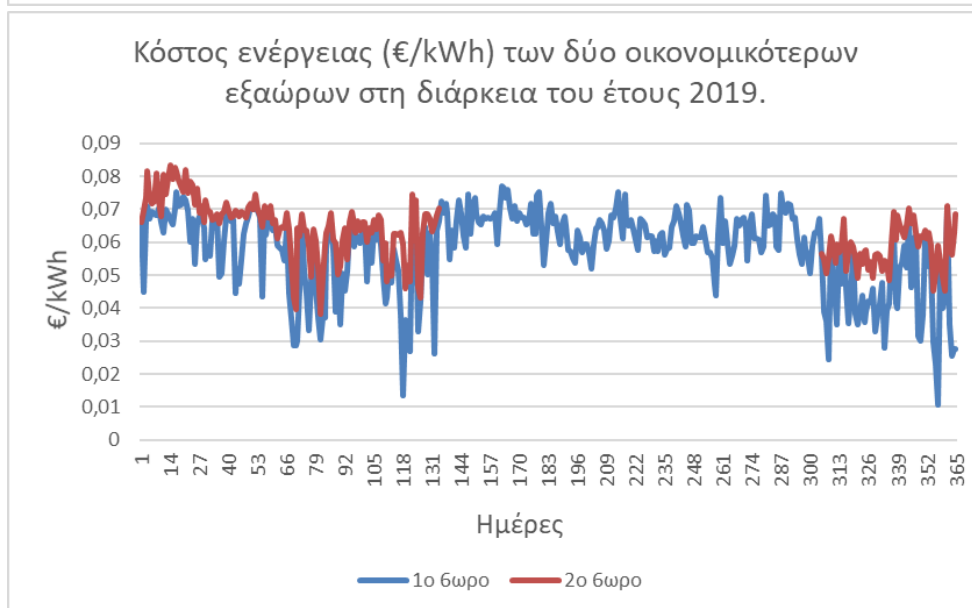
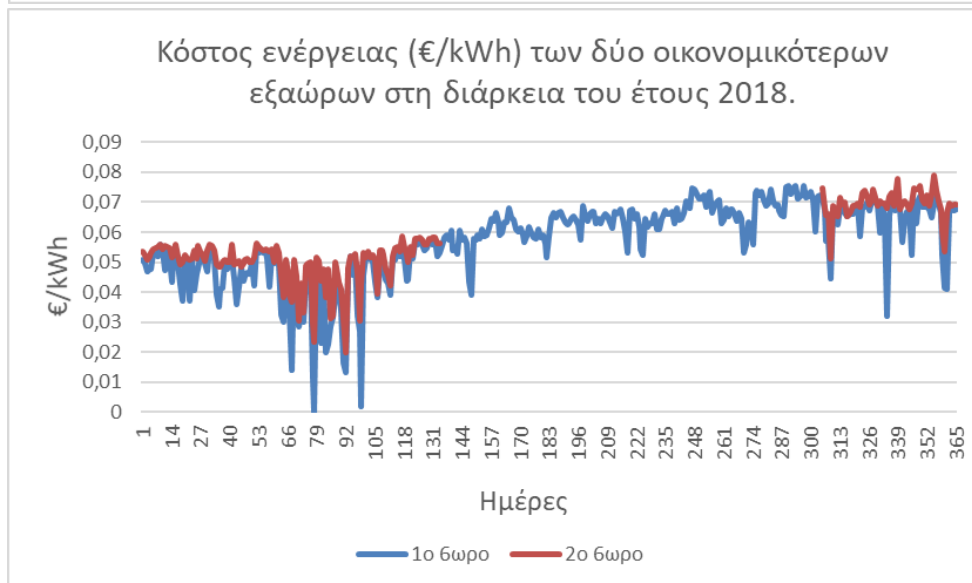
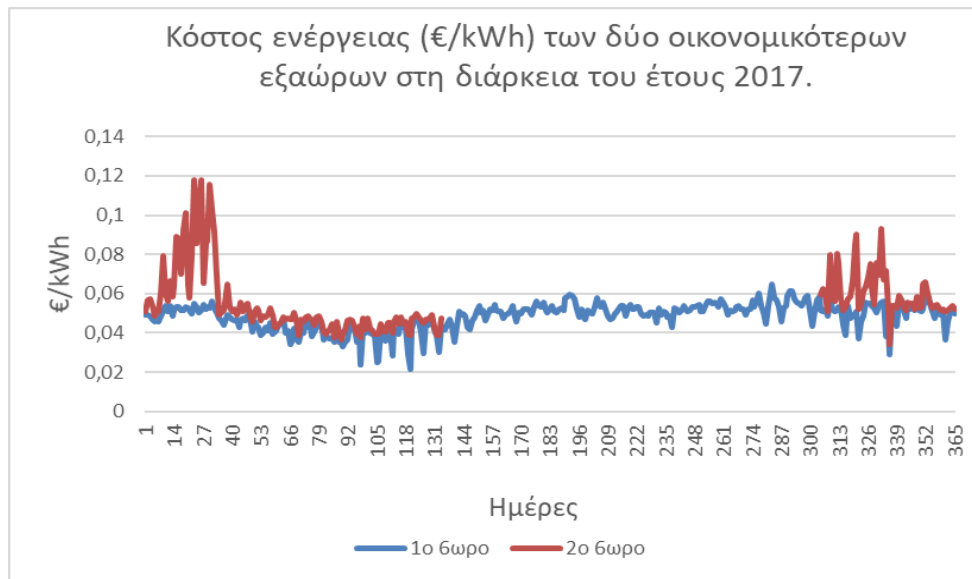
Ο μέσος όρος της τιμής €/kWh των τριών οικονομικότερων τετραώρων παρουσιάζει μια σταθερότητα τα πρώτα χρόνια. Τον Ιανουάριο του 2017, υπάρχει μια απότομη αύξηση της τιμής έως και τα 0,085€/kWh, η οποία στη συνέχεια κυμαίνεται στα 0,06 με 0,07 €/kWh έως και τα μέσα του 2021. Από εκείνη την περίοδο και ύστερα, η τιμή διαρκώς αυξάνεται με αποκορύφωμα τα περίπου 0,69€/kWh τον Σεπτέμβριο του 2022. Από τον Σεπτέμβριο του 2022, η τιμή μειώνεται και παραμένει κατά μέσο όρο στα 0,1€/kWh κατά τη διάρκεια του έτους 2023. Πραγματοποιώντας σύγκριση μεταξύ των τριών τιμών €/kWh (Σχήμα 6.1.1.10), προκύπτει πως υπάρχουν διαστήματα όπου η μονάδα, χρησιμοποιώντας καθεστώς σταθερής τιμολόγησης χρεωνόταν μεγαλύτερη τιμή €/kWh, με αποκορύφωμα την περίοδο προς τα τέλη του 2022 και ύστερα, όπου το κόστος ανέβηκε συγκριτικά με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Αναφορικά με το σενάριο των τριών οικονομικότερων τετραώρων και το δωδεκάωρο σενάριο με δυναμική τιμολόγηση (ENTSO), προκύπτει πως καθόλη την περίοδο 2016-2023, η εφαρμογή των τετραώρων ήταν η οικονομικότερη επιλογή.

6.1.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΚΑΙ ΔΥΟ ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΕΩΝ

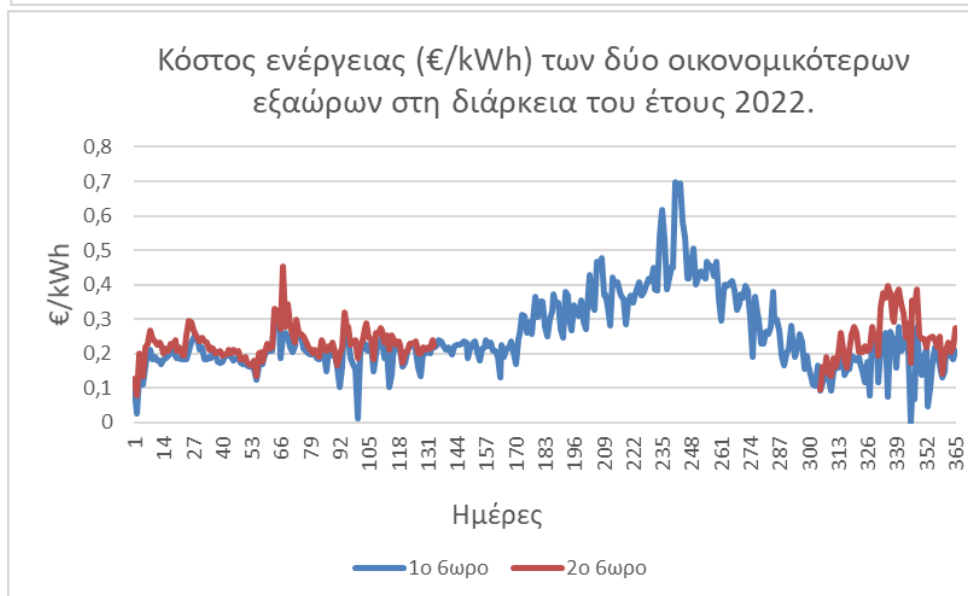
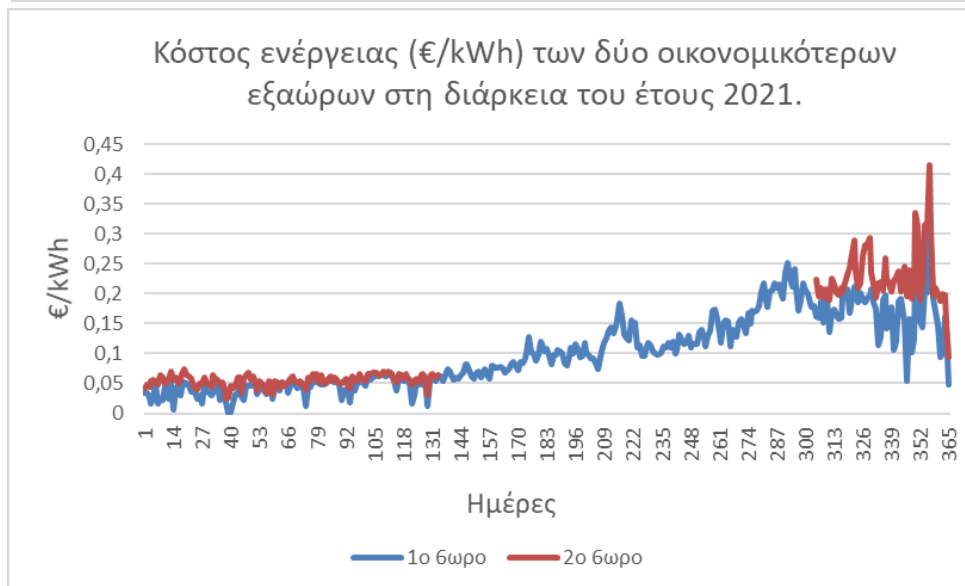
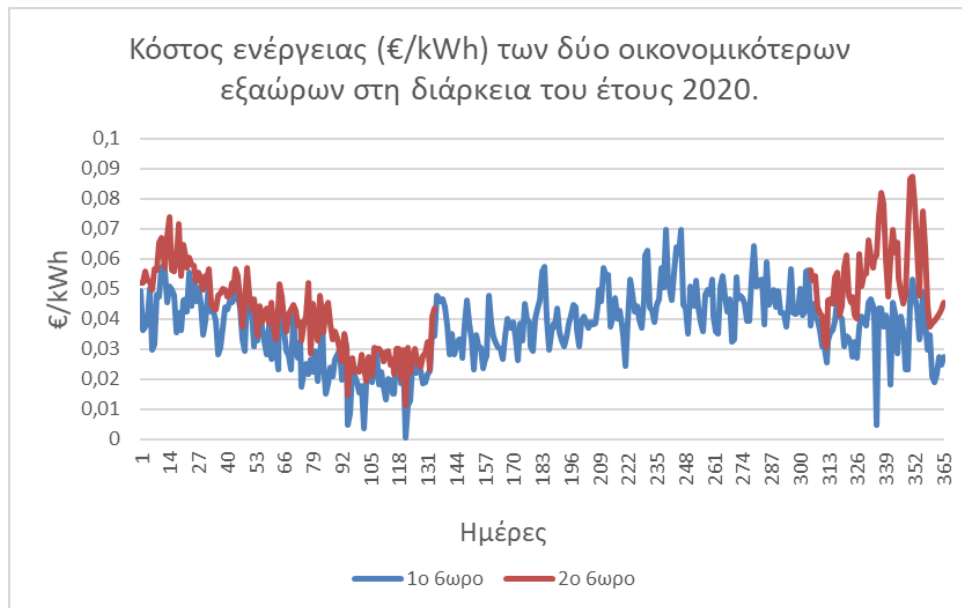
Όπως συνέβη με το τετράωρο σενάριο, έτσι και με το εξάωρο σενάριο με την δυνατότητα έως και δύο επανεκκινήσεων, υπολογίστηκαν τα κόστη ενέργειας €/kWh ανά έτος των οικονομικότερων εξάωρων και οι μέσοι όροι του κόστους ενέργειας σε €/kWh αυτών ανά έτος την περίοδο 2016-2023.



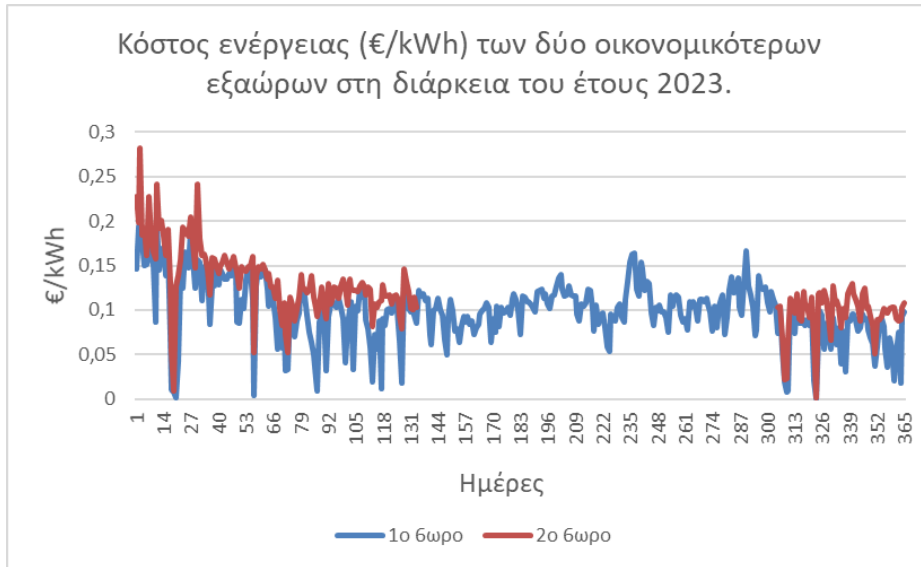
Σχήμα 6.1.2.1: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξάωρων το 2016.



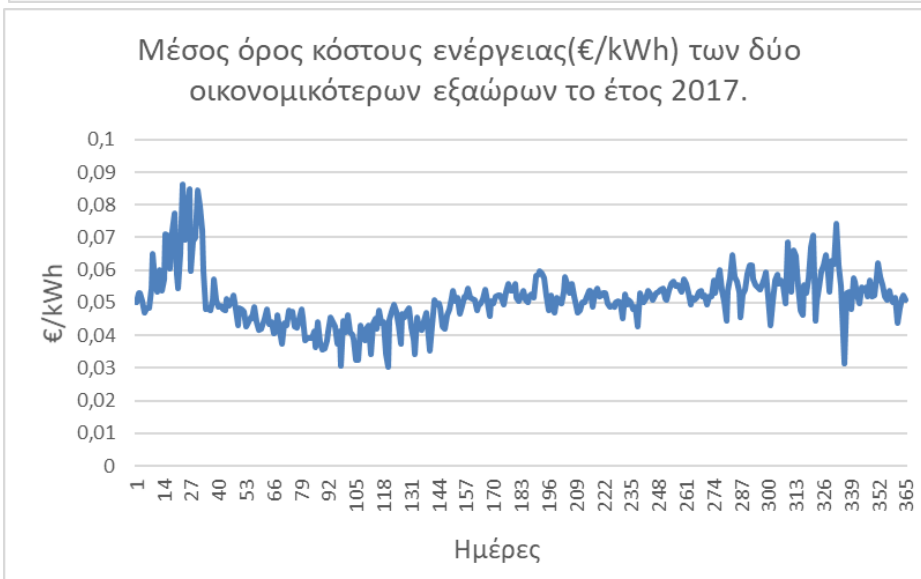
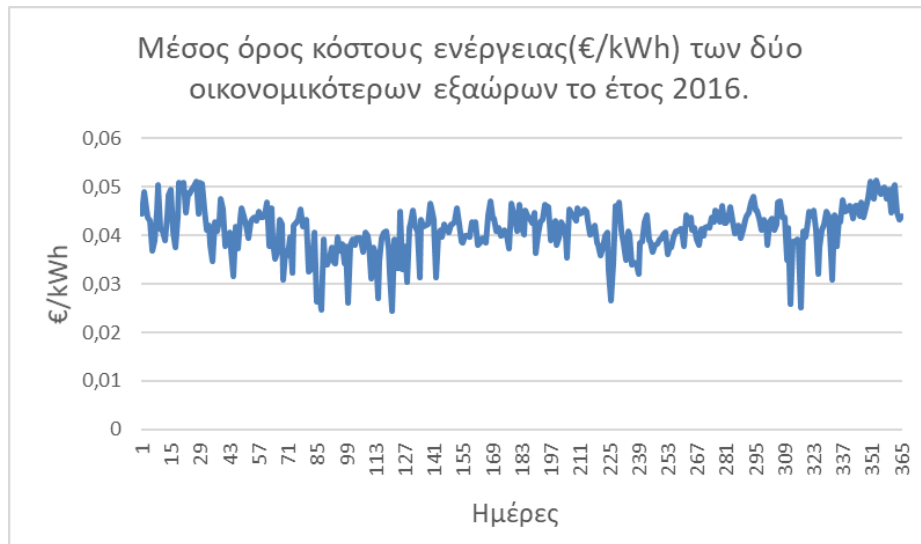
Σχήμα 6.1.2.2: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2017-2019.



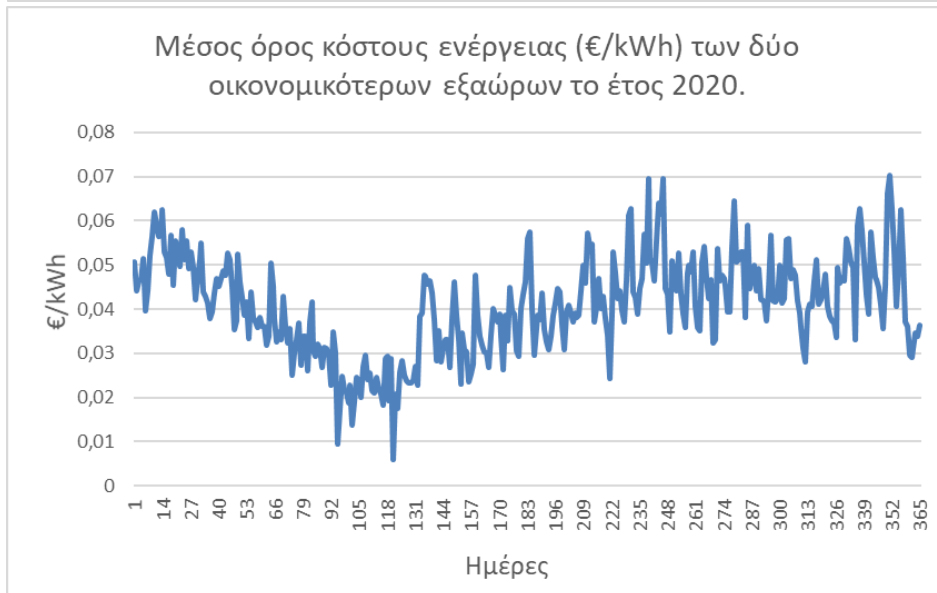
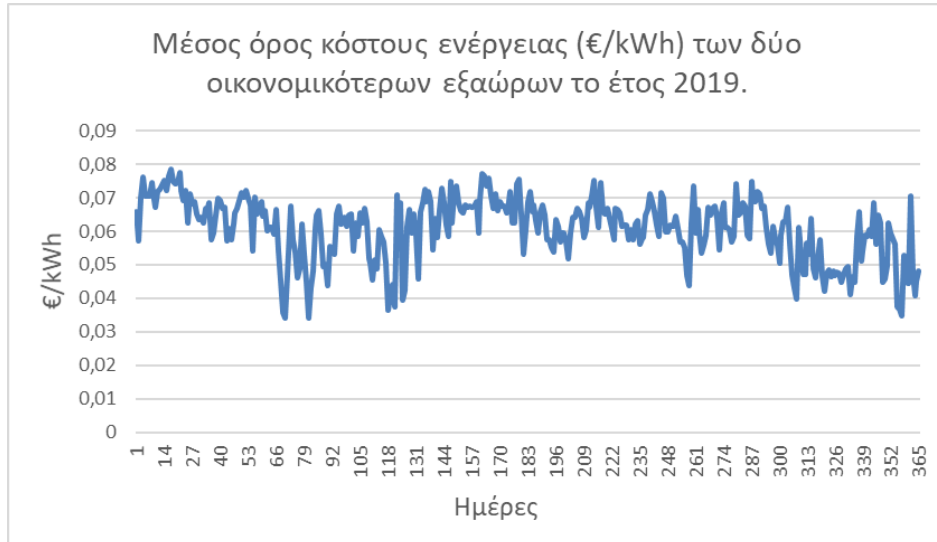
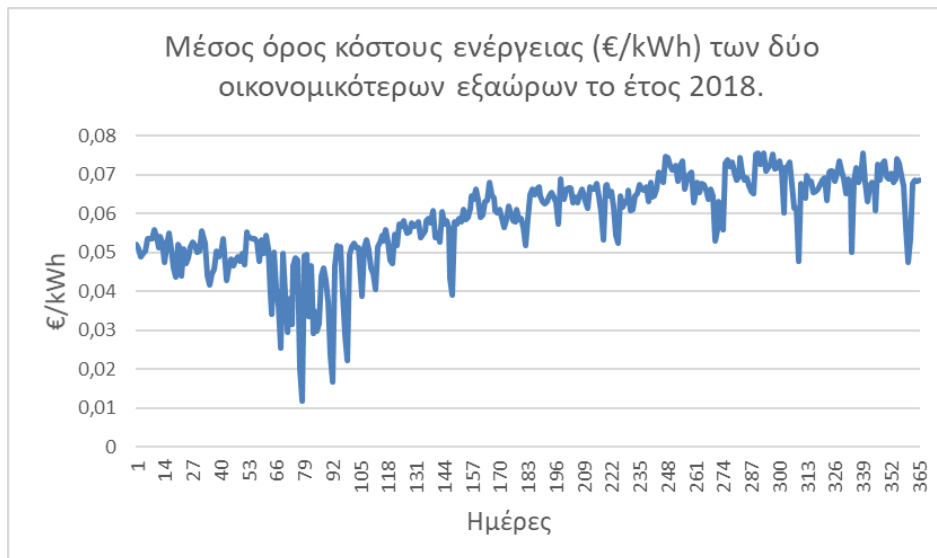
Σχήμα 6.1.2.3: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων την περίοδο 2020-2022.



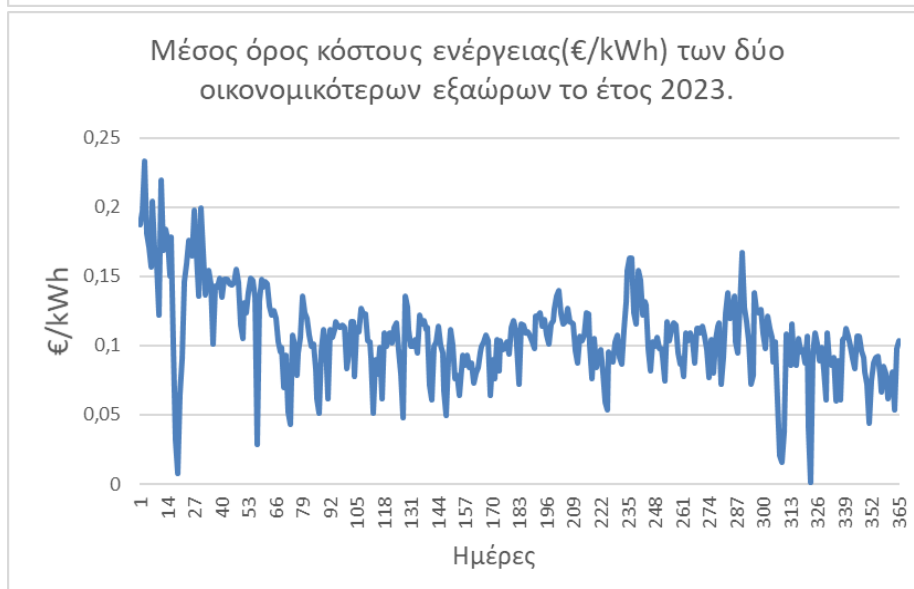
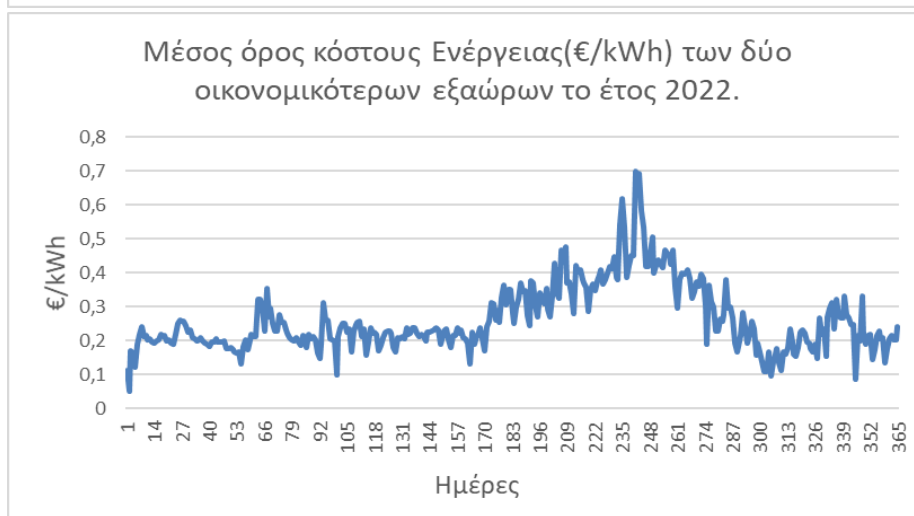
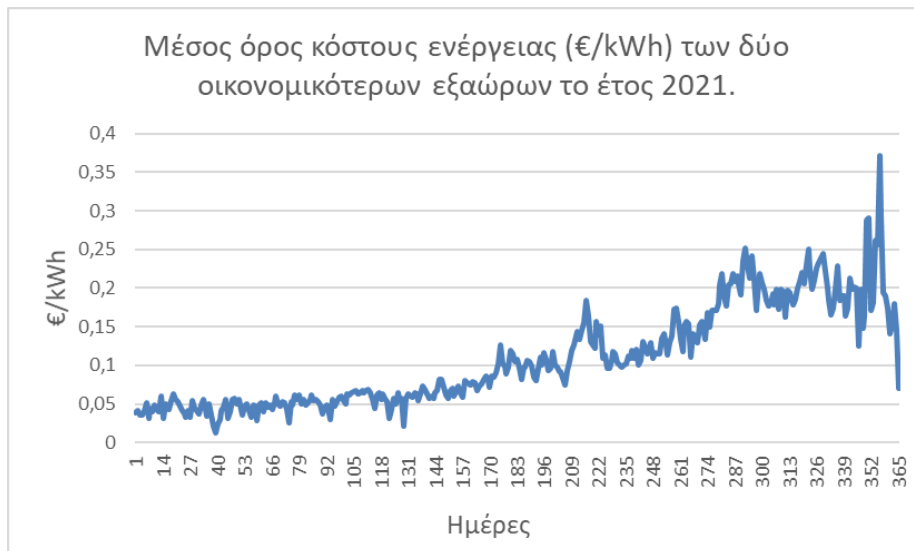
Σχήμα 6.1.2.4: €/kWh των δύο οικονομικότερων εξαώρων το 2023.



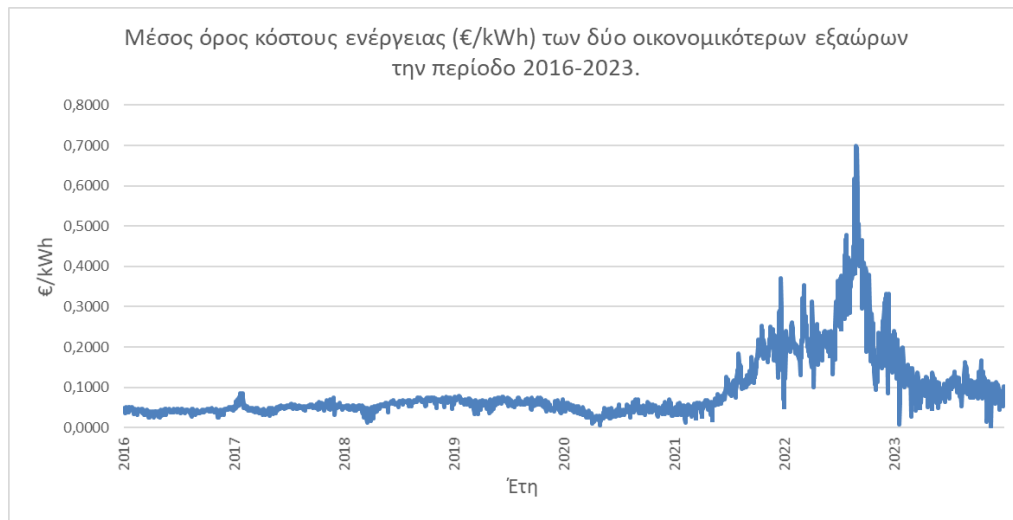
Σχήμα 6.1.2.5: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2016-2017.



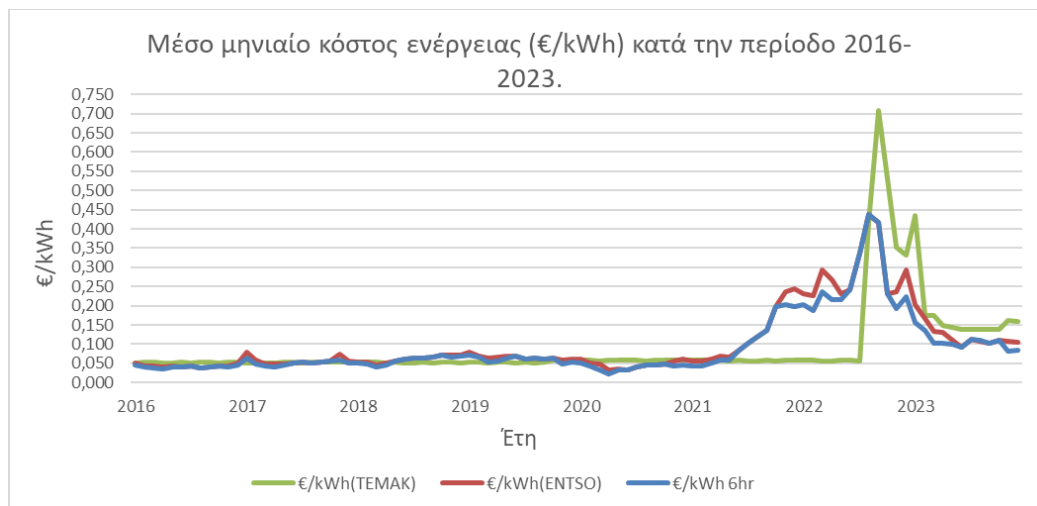
Σχήμα 6.1.2.6: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάρωρα την περίοδο 2018-2020.



Σχήμα 6.1.2.7: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2021-2023.



Σχήμα 6.1.2.8: Μέσος όρος €/kWh για τα δύο οικονομικότερα εξάωρα την περίοδο 2016-2023.



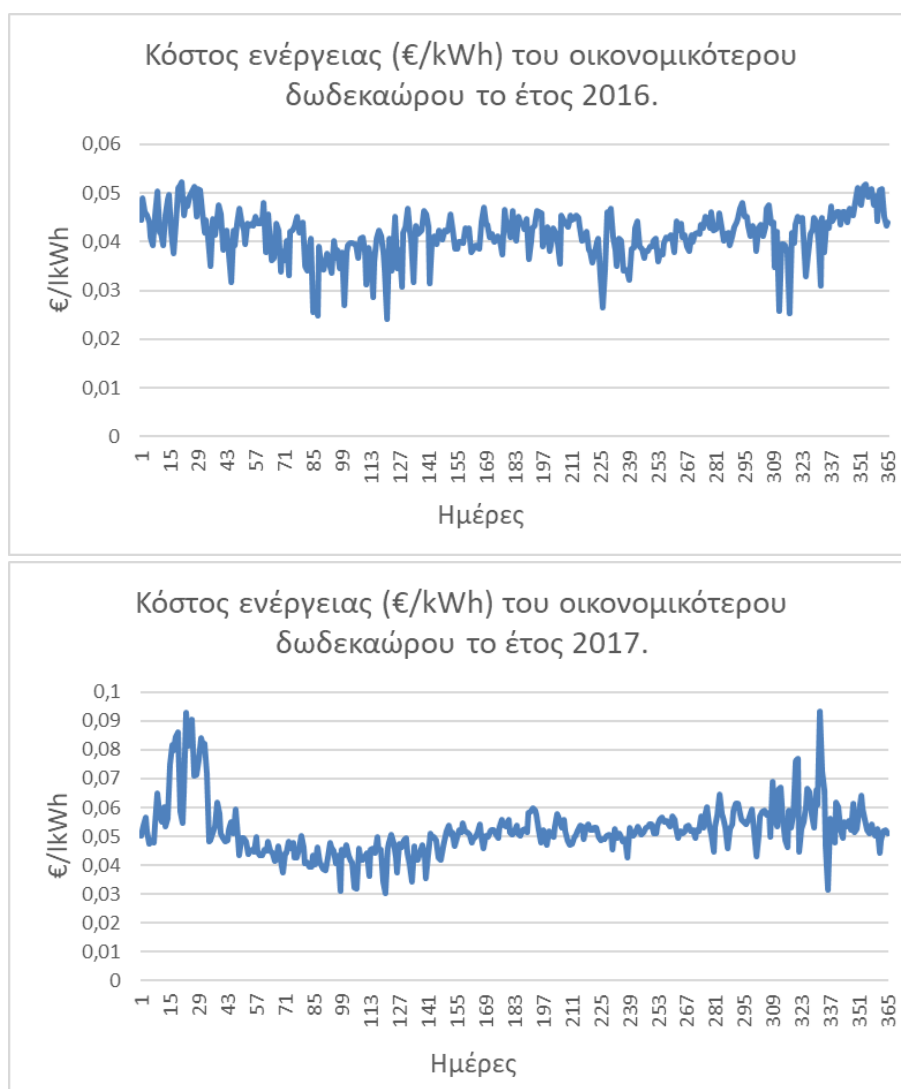
Σχήμα 6.1.2.9: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του εξάωρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.

Τα διαγράμματα κόστους ενέργειας σε €/kWh των δύο οικονομικότερων εξάωρων μοιάζουν αρκετά με αυτά των οικονομικότερων τετραώρων. Οι διαφορές μεταξύ του πρώτου και δεύτερου οικονομικότερου εξάωρου είναι μικρές με εξαίρεση τον Ιανουάριο του 2017 και τον Δεκέμβριο του 2020. Ο μέσος όρος κόστους ενέργειας €/kWh για το διάστημα 2016-2023 έχει ελάχιστες διαφορές συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές του τετράωρου σεναρίου. Ωστόσο, παρόλο που το κόστος ενέργειας €/kWh και ο μέσος όρος κόστους ενέργειας των δύο οικονομικότερων εξάωρων, όπως αυτός φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, είναι κοντά στο κόστος των τριών οικονομικότερων τετραώρων, η εφαρμογή του εξάωρου σεναρίου είναι πιο δύσκολα εφαρμόσιμη. Γενικά, πρέπει να υπάρχουν αρκετές επανεκκινήσεις, αφού η μονάδα σταματάει την λειτουργία της όταν γεμίζει η δεξαμενή αφαλατωμένου νερού. Σε ότι αφορά το οικονομικό κομμάτι, όπως και με την περίπτωση των τετραώρων, η τιμή €/kWh της εξάωρης λειτουργίας με έως και δύο επανεκκινήσεις βρίσκεται πολύ κοντά με την αντίστοιχη τιμή που πλήρωνε η εταιρεία στο διάστημα 2016 έως και τα μέσα του 2022. Από εκείνη την περίοδο, η εταιρεία χρησιμοποιώντας σταθερή τιμολόγηση,

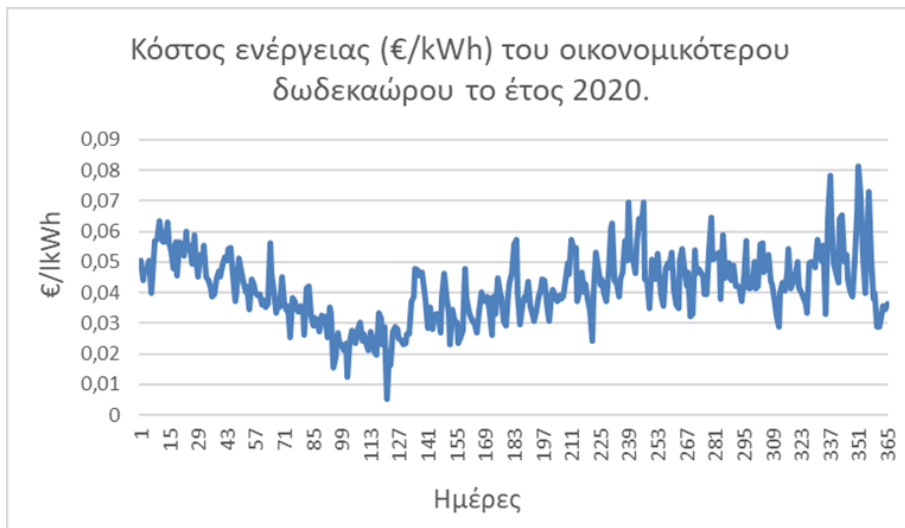
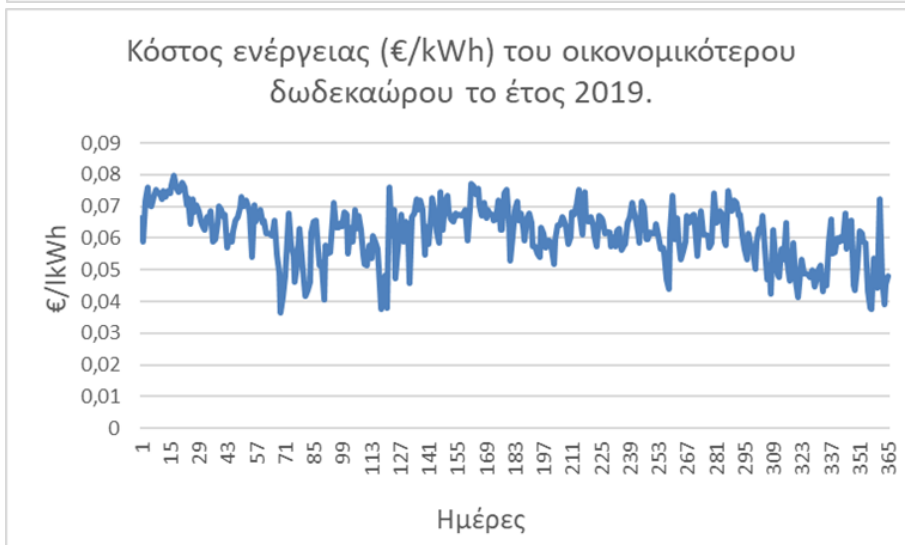
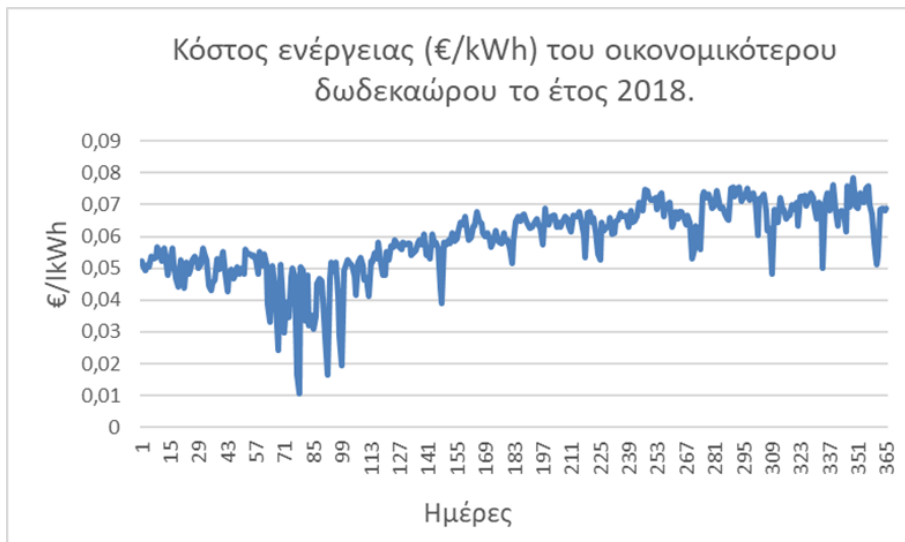
χρεωνόταν μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με αυτό που θα πλήρωνε αν η μονάδα λειτουργούσε με εξάωρο μοτίβο δυναμικής τιμολόγησης.

6.1.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΩΔΕΚΑΩΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

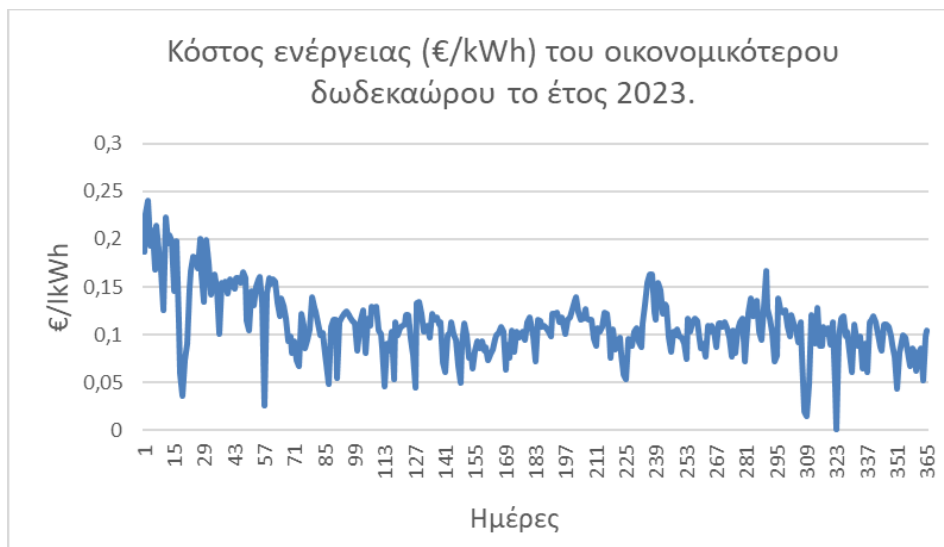
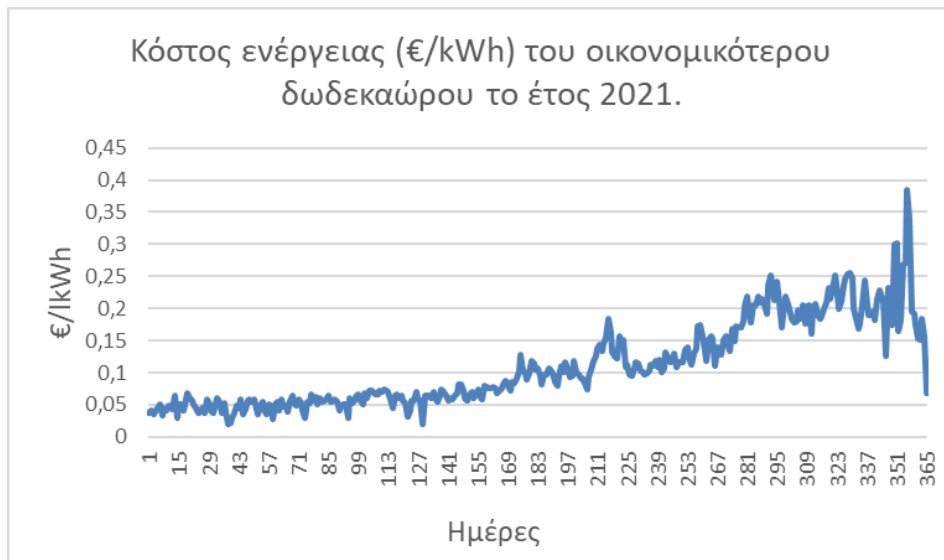
Το δωδεκάωρο σενάριο χωρίς επανεκκινήσεις είναι το πιο δύσκολα εφαρμόσιμο σενάριο καθώς όπως προαναφέρθηκε η μονάδα πρέπει να σταματάει την λειτουργία της όταν γεμίζουν οι δεξαμενές αφαλατωμένου νερού. Παρόλα αυτά, υπολογίστηκε το κόστος του οικονομικότερου δωδεκαώρου σε περίπτωση που μελλοντικά εφαρμοστούν οι προϋποθέσεις που θα το καταστήσουν ρεαλιστικό.



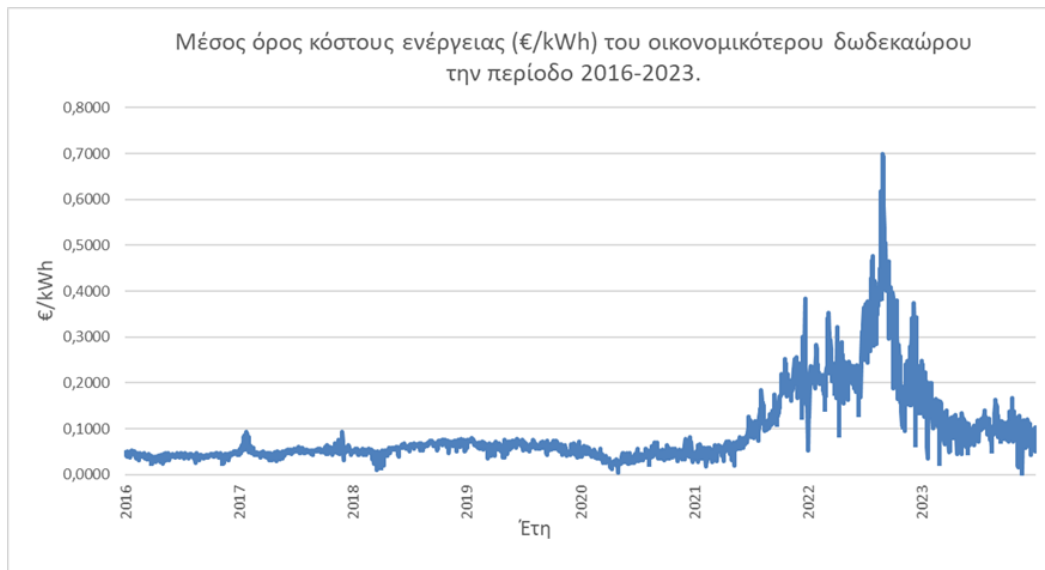
Σχήμα 6.1.3.1: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2016 και 2017.



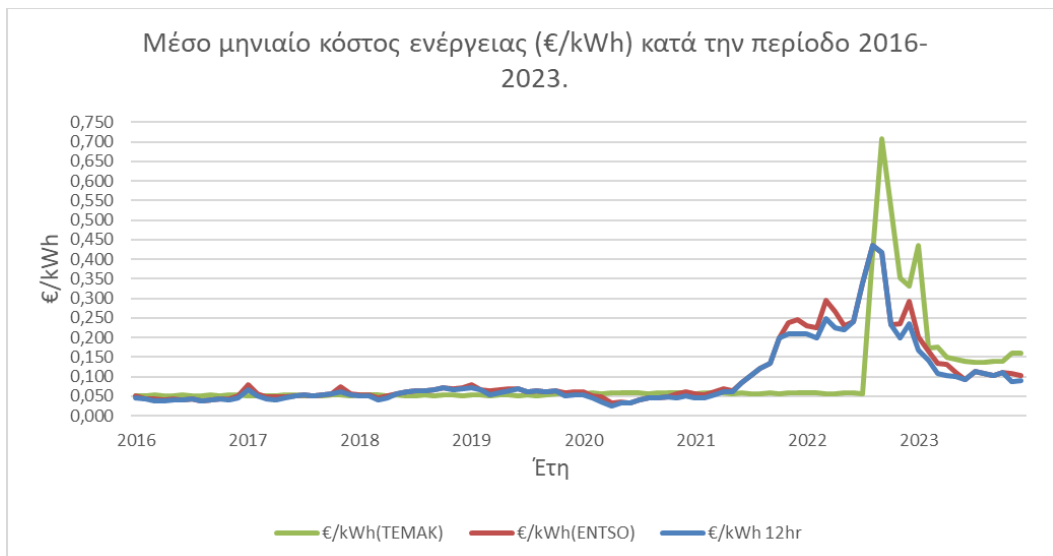
Σχήμα 6.1.3.2: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2018, 2019 και 2020.



Σχήμα 6.1.3.3: Τιμή €/kWh του οικονομικότερου δωδεκαώρου τα έτη 2021, 2022 και 2023.



Σχήμα 6.1.3.4: Μέσος όρος τιμής €/kWh του οικονομικότερου δωδεκάωρου στο διάστημα 2016-2023.

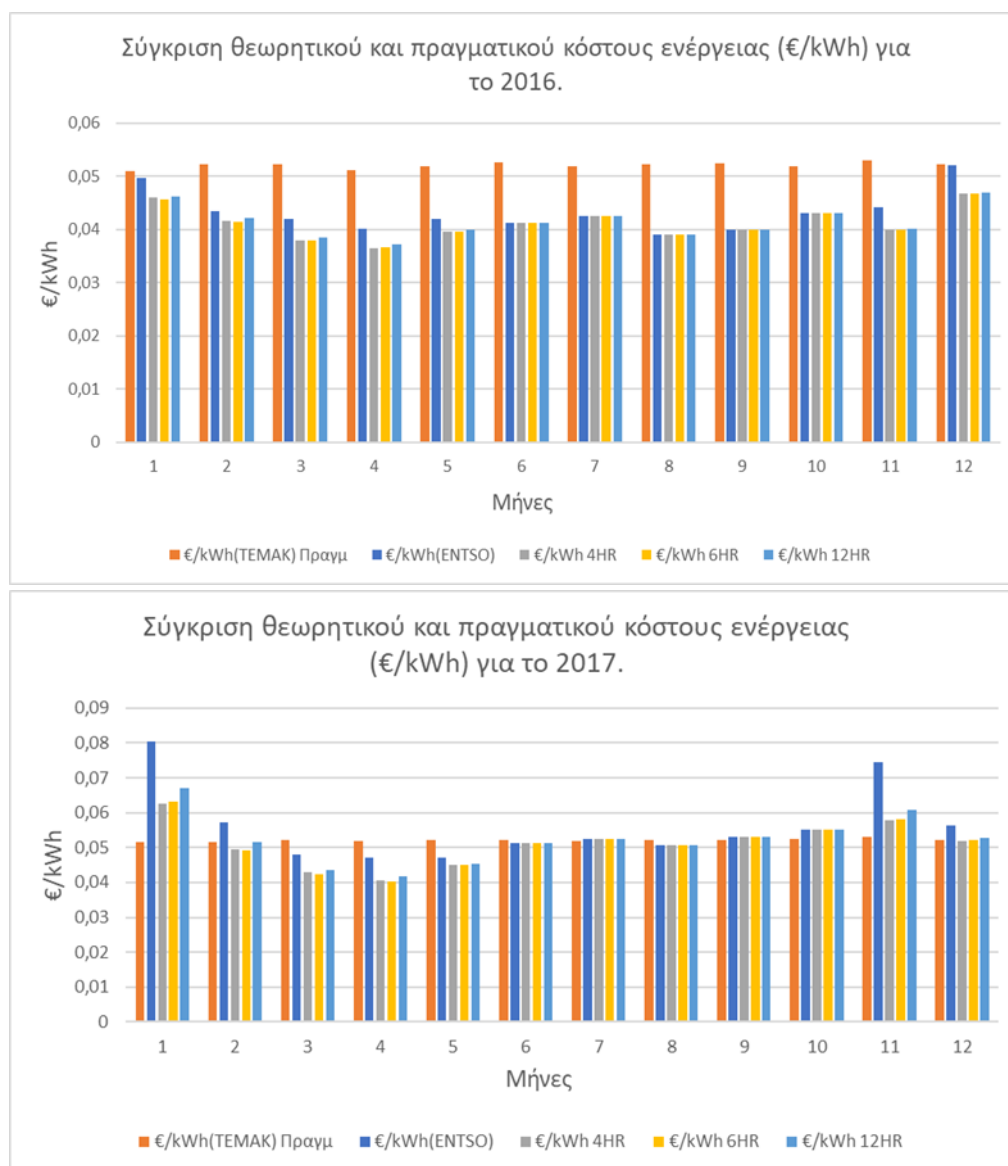


Σχήμα 6.1.3.5: Σύγκριση μέσου όρου κόστους ενέργειας €/kWh της TEMAK, του ENTSO και του δωδεκάωρου σεναρίου στην περίοδο 2016-2023.

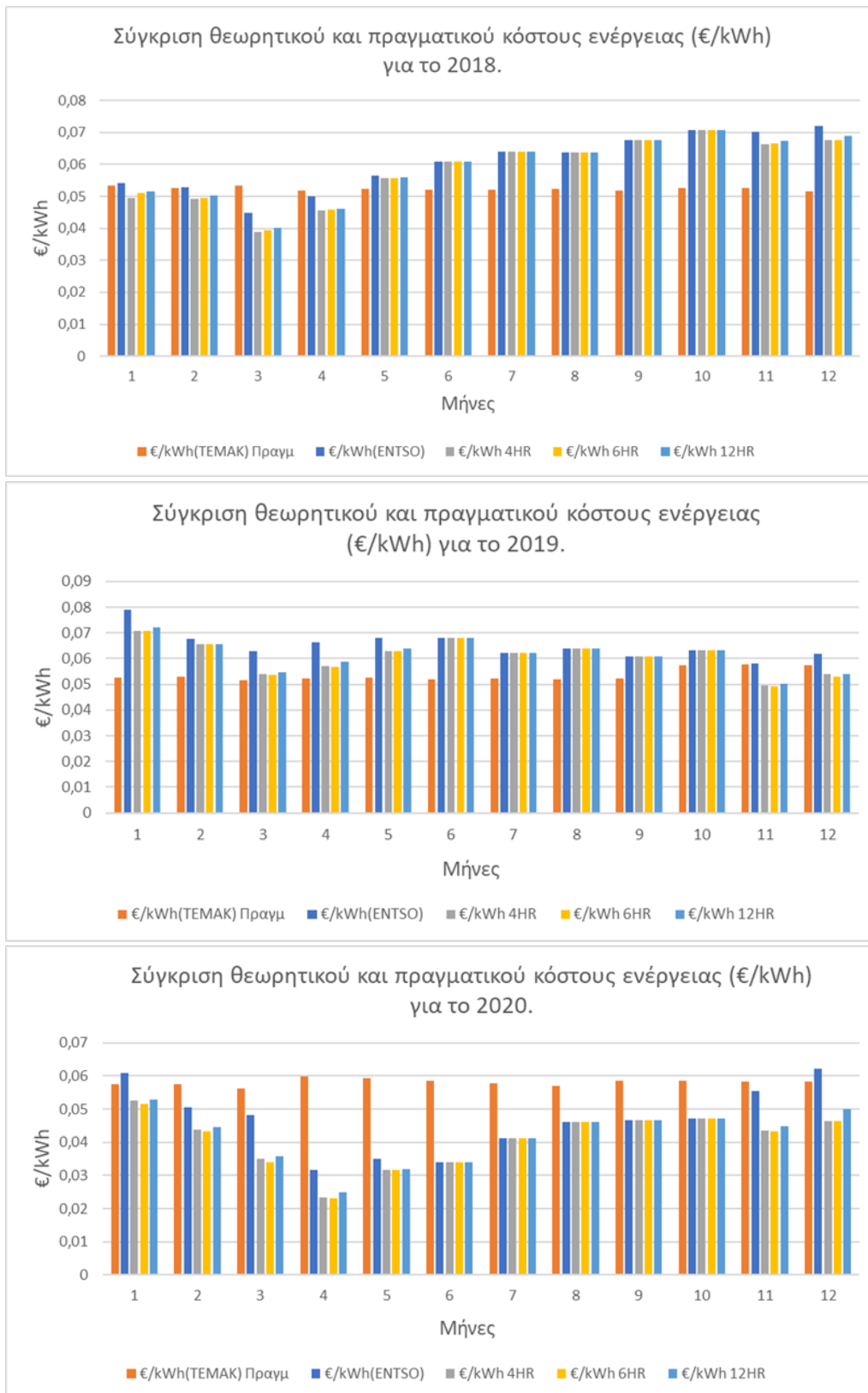
Μελετώντας τα γραφήματα κόστους ενέργειας και των τριών διαφορετικών σεναρίων (τετράωρο, εξάωρο, δωδεκάωρο), παρατηρείται πως υπάρχουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ της τιμής €/kWh αναμεσά τους. Ωστόσο, το δωδεκάωρο σενάριο είναι το ακριβότερο από τα υπόλοιπα δύο σχεδόν για όλη την περίοδο 2016-2023. Το μοναδικό αρνητικό των επανεκκινήσεων που υπάρχουν στο τετράωρο και στο εξάωρο σενάριο είναι πως αυτές, οδηγούν σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και σε καταπόνηση των κινητήρων των αντλιών. Ωστόσο, στην μονάδα υπάρχουν inverters, τα οποία βοηθούν σε ένα πιο ομαλοποιημένο ξεκίνημα της μονάδας ελαχιστοποιώντας έτσι την κατανάλωση.

6.1.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

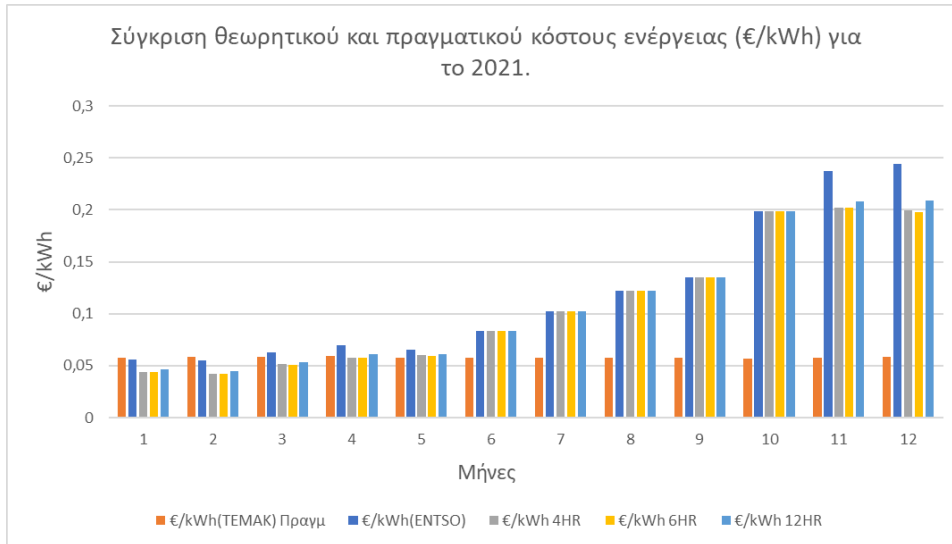
Ύστερα από την ανάλυση και σύγκριση της τιμής €/kWh και των τριών σεναρίων με αυτή του ENTSO και της ΤΕΜΑΚ, στα παρακάτω κοινά ραβδογράμματα παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι διαφορές τους σε ότι αφορά το κόστος της ενέργειας ανά έτος από το 2016-2023.



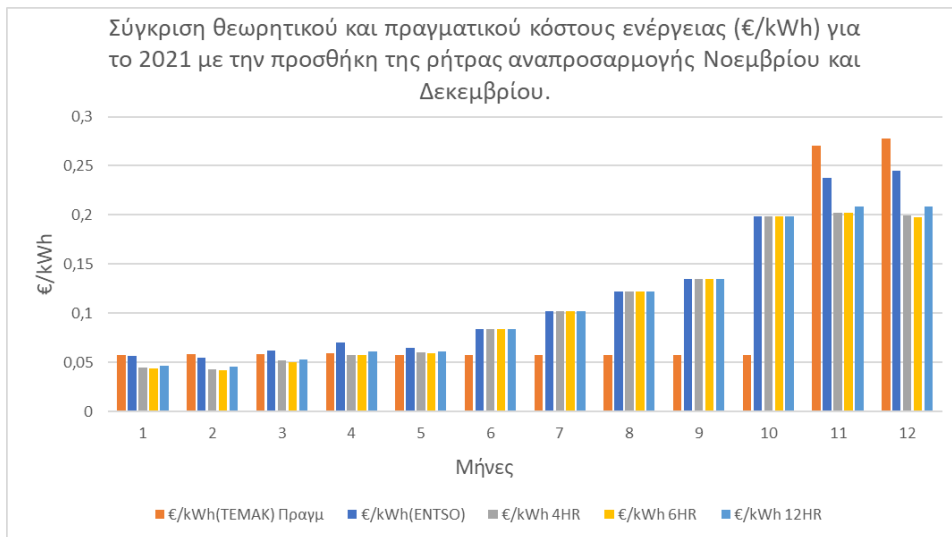
Σχήμα 6.1.4.1: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της ΤΕΜΑΚ τα έτη 2016 και 2017.



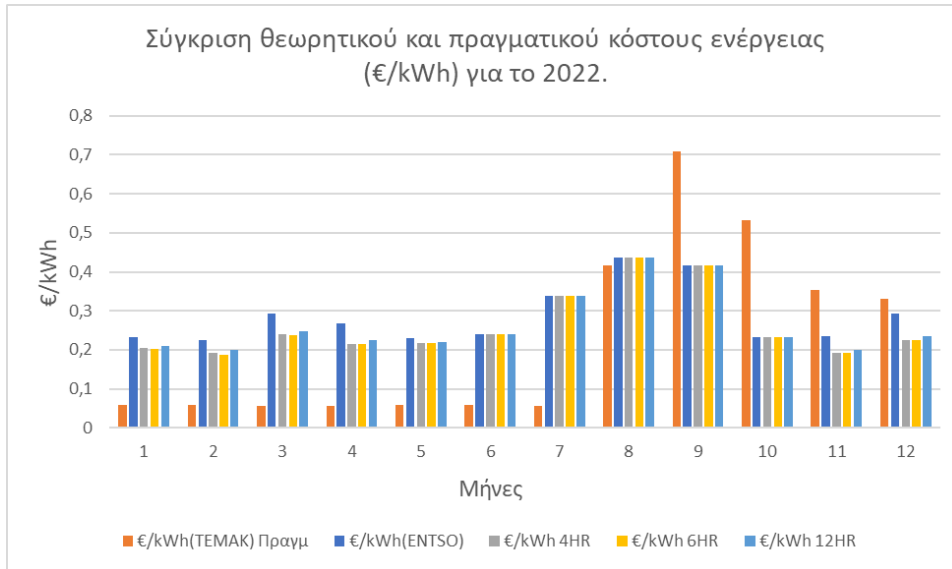
Σχήμα 6.1.4.2: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK τα έτη 2018, 2019, 2020.



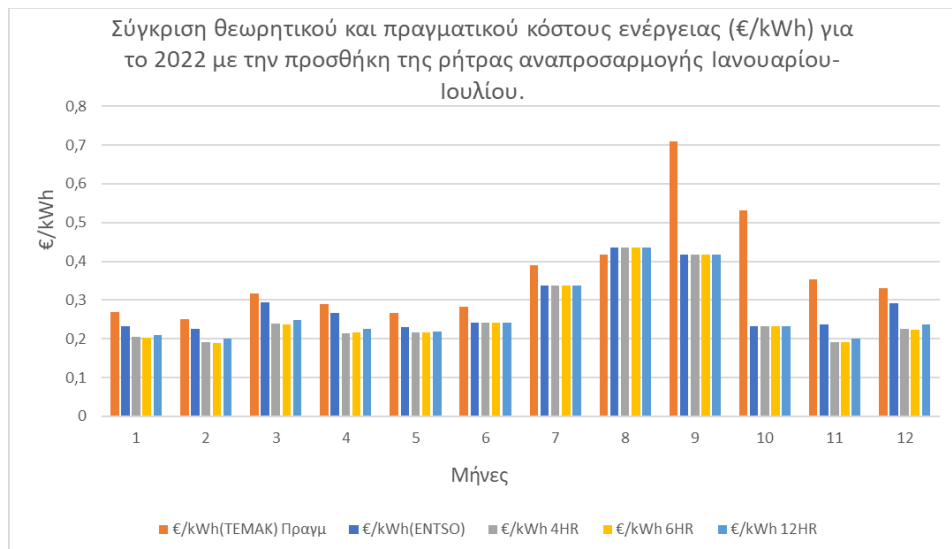
Σχήμα 6.1.4.3 : Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2021.



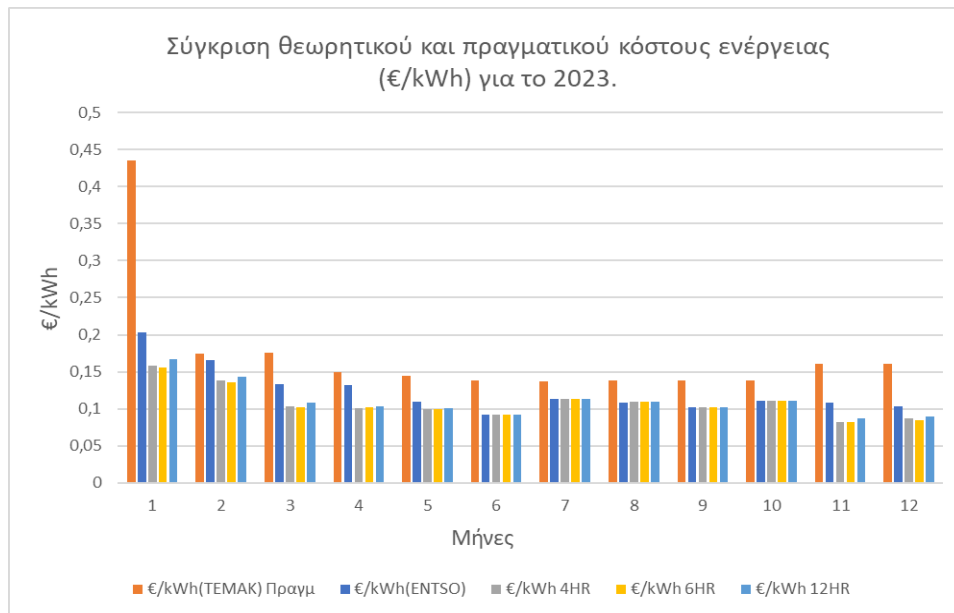
Σχήμα 6.1.4.4 : Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2021 , με την προσθήκη της ρήτρας αναπροσαρμογής τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο.



Σχήμα 6.1.4.5: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2022.



Σχήμα 6.1.4.6: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK το 2022 , με την προσθήκη της ρήτρας αναπροσαρμογής από τον Ιανουάριο έως και τον Ιούλιο.



Σχήμα 6.1.4.7: Διαφορές τιμής €/kWh των τριών σεναρίων με αυτό του ENTSO και της TEMAK τα έτη 2021, 2022, 2023.

Από τα παραπάνω γραφήματα, όπου γίνεται μια καθολική σύγκριση μεταξύ των τιμών €/kWh της TEMAK, του ENTSO και των τριών σεναρίων προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις :

- Το σενάριο όπου η μονάδα λειτουργεί τον χειμώνα τις ίδιες ώρες με αυτές της εταιρείας TEMAK με εφαρμογή δυναμικής τιμολόγησης είναι σχεδόν πάντα ακριβότερο σε σχέση με αυτό των τριών σεναρίων. Μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις, η τιμή €/kWh είναι μεγαλύτερη και από αυτή που χρεωνόταν η εταιρεία TEMAK με σταθερή τιμολόγηση.
- Ανάμεσα στο τετράωρο, το εξάωρο και το δωδεκάωρο σενάριο, η τιμή €/kWh του δωδεκάωρου, αν και με μικρή διαφορά είναι η ακριβότερη από τα προηγούμενα δύο. Υπάρχουν διαστήματα που οι τιμές είναι ακόμα και ίδιες (βλ. πίνακα 17, 18, 19) όμως τους περισσότερους μήνες στο διάστημα 2016-2023 το δωδεκάωρο σενάριο έχει την μεγαλύτερη τιμή €/kWh.
- Στο τετράωρο και στο εξάωρο σενάριο το κόστος της ενέργειας είναι σχεδόν ίδιο. Μάλιστα, στις περιπτώσεις που δεν είναι, υπάρχουν μήνες που το τετράωρο είναι ελάχιστα ακριβότερο και μήνες που συμβαίνει το ανάποδο. Το τετράωρο σενάριο ωστόσο σαν επιλογή είναι πιο ασφαλής εξαιτίας των μικρότερων διαστημάτων που υπάρχουν ανάμεσα στις επανεκκινήσεις. Οι τιμές των δύο αυτών σεναρίων συγκριτικά με την τιμή €/kWh της εταιρείας TEMAK παρουσιάζουν διαφορετικό χαρακτήρα αναλόγως και το έτος. Σ αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί πως στο κόστος της ενέργειας της εταιρείας TEMAK δεν έχουν συμπεριληφθεί, επιστροφές χρημάτων ή επιδοτήσεις του κράτους. Τον

Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο του 2022 καθώς και τον Ιανουάριο του 2023, όπου η τιμή χρέωσης €/kWh της ΤΕΜΑΚ αυξάνει σημαντικά συγκριτικά με αυτή του ENTSO και των τριών σεναρίων υπάρχει κρατική επιδότηση.

- Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται προς τα τέλη του 2021 (Οκτώβριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος) και το πρώτο επτάμηνο του 2022, όπου η τιμή χρέωσης €/kWh της ΤΕΜΑΚ είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με αυτήν των υπολοίπων σεναρίων. Στα διαστήματα αυτά, εμφανίζεται εκτός από το κόστος της ενέργειας σε €/kWh στον λογαριασμό και ένα υψηλό ποσό προερχόμενο από την εφαρμογή της ρήτρας αναπροσαρμογής, εξαιτίας του γεγονότος, ότι όπως φαίνεται και τους επόμενους μήνες υπάρχει αλλαγή στις τιμές του ρεύματος. Ο λόγος που εμφανίζονται δύο διαγράμματα για το 2021 και το 2022 είναι για τονιστεί η διαφορά που υπάρχει στο κόστος της ενέργειας με την εμφάνιση της ρήτρας αναπροσαρμογής.

7. ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ύστερα από την μελέτη που έγινε σχετικά με το ενεργειακό κόστος λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης στο Μανδράκι της Ύδρας προκύπτουν κάποια συμπεράσματα που αφορούν τόσο την επιλογή του καλύτερου σεναρίου λειτουργίας της μονάδας, την καλύτερη ώρα έναρξης λειτουργίας, όσο και κάποιες προτάσεις, των οποίων η εφαρμογή θα μπορούσε να βελτιώσει την οικονομική συμπεριφορά του συστήματος.

- Με βάση τα αποτελέσματα των διαγραμμάτων πίτας, συμπεραίνουμε πως η καλύτερη ώρα έναρξης ανεξαρτήτως σεναρίου (τετράωρο, εξάωρο, δωδεκάωρο) είναι η 1.00 π.μ. Στο τετράωρο σενάριο η ώρα αυτή αναδεικνύεται ως η καλύτερη επιλογή με μικρότερο ποσοστό (56%) συγκριτικά με το εξάωρο και το δωδεκάωρο σενάριο (74% και 72% αντίστοιχα). Το γεγονός ότι και στις 3 περιπτώσεις η μονάδα θα ξεκινάει την λειτουργία της νωρίς, δίνει την δυνατότητα σε περίπτωση εφαρμογής στον λειτουργό της μονάδας να διαχειριστεί οποιαδήποτε κατάσταση (αστοχία στην πρόβλεψη της ζήτησης) προκύψει στην διάρκεια της ημέρας.
- Το εξάωρο σενάριο και πιο συγκεκριμένα το δωδεκάωρο σενάριο, ενώ δεν βρίσκουν άμεση εφαρμογή σήμερα στην μονάδα αφαλάτωσης, μελλοντικά θα μπορούσαν να αποτελέσουν δύο πολλά υποσχόμενες λύσεις. Η απαραίτητη προϋπόθεση για να βρουν εφαρμογή, κυρίως η δωδεκάωρη περίπτωση, είναι η επέκταση της χωρητικότητας της δεξαμενής αφαλατωμένου νερού. Η μονάδα έχει δυναμικότητα παραγωγής έως και 1800 m³ / ημέρα και η δεξαμενή αφαλατωμένου νερού έχει χωρητικότητα 1200 m³ / ώρα. Το γεγονός ότι η μονάδα ξεκινάει την λειτουργία της όταν υπάρξει ζήτηση από τις δεξαμενές στα Καλά Πηγάδια, σημαίνει πως η μονάδα πρέπει να είναι ευέλικτη και γι' αυτό δεν μπορεί να παραμείνει εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η δεξαμενή αφαλατωμένου νερού στο Μανδράκι δεν αδειάζει ποτέ και ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι σε περίπτωση που εμφανιστεί βλάβη στην μονάδα να υπάρχει ποσότητα νερού να καλύψει τις ανάγκες μέχρι την αποκατάσταση της.
- Μια επέκταση της τάξης των 600m³, δηλαδή συνολικά 1800 m³ χωρητικότητα αποθήκευσης αφαλατωμένου νερού, όσο και η δυναμικότητα παραγωγής, αυτόματα θα πρόσδιδε μεγαλύτερη ευελιξία τόσο στην μονάδα όσο και στο ηλεκτρικό δίκτυο της Ύδρας. Μάλιστα, κατ' αυτόν τον τρόπο θα υπήρχαν μέρες τον χειμώνα με χαμηλή ζήτηση, όπου η μονάδα θα μπορούσε να παραμείνει κλειστή ενώ το καλοκαίρι θα λειτουργούσε λιγότερο από 24 ώρες όπως συμβαίνει σήμερα. Επίσης, μεγαλύτερη χωρητικότητα δεξαμενής συνεπάγεται και μικρότερο αριθμό επανεκκινήσεων της μονάδας, γεγονός που καθιστά το δωδεκάωρο σενάριο μια ρεαλιστική εφαρμογή. Ταυτόχρονα, σε ότι αφορά το όφελος που θα αποκομίσει το νησί της Ύδρας μετά από αυτήν την πρόταση,

είναι ότι δεν θα υπάρχει τόσο μεγάλη επιβάρυνση στο ηλεκτρικό της δίκτυο, αφού η μονάδα δεν θα λειτουργεί απαραίτητα τις πρωινές ώρες και σε ημερήσια βάση. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της επέκτασης της χωρητικότητας της δεξαμενής, είναι πως κάνει ευκολότερη την εφαρμογή της δυναμικής τιμολόγησης. Η μονάδα θα μπορούσε τον χειμώνα να λειτουργεί τις νυχτερινές ώρες όπου οι τιμές ρεύματος είναι φθηνότερες συγκριτικά με τις πρωινές.

- Τους χειμερινούς μήνες, όπου η ζήτηση είναι χαμηλή όπως συνέβη τους τελευταίους 2 μήνες του 2023 (υπήρξε επισκευή του δικτύου της Ύδρας και ελαχιστοποιήθηκαν οι απώλειες), θα μπορούσε να λειτουργεί μόνη της η μία μονάδα και να συμπληρώνει όπου και όταν χρειάζεται η δεύτερη. Το νερό τροφοδοσίας κάθε container (μέσα στα οποία βρίσκεται η κάθε αφαλάτωση) , αποτελείται από νερό γεώτρησης και θαλασσινό νερό. Κατά την λειτουργία της μιας μονάδας, το νερό γεώτρησης θα είναι μεγαλύτερο σε ποσοστό σε σχέση με το εισερχόμενο θαλασσινό νερό. Επομένως, το προς επεξεργασία νερό έχοντας λιγότερα TDS θα χρειαστεί μικρότερη εφαρμογή πίεσης για την αντίστροφη ώσμωση από τις αντλίες υψηλής πίεσης, με αποτέλεσμα να υπάρχει και μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, λαμβάνοντας σε κάθε περίπτωση υπόψη και την όποια διαφοροποίηση της ειδικής κατανάλωσης συναρτήσει της υψηλότερης φόρτισης της μονάδας.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Jakob Zink Thellufsen, Behnam Zakeri, Bryn Pickering, Stefan Pfenninger , Henrik Lund, Poul Alberg Østergaard, Miguel Chang, «Trends in tools and approaches for modelling the energy transition,» 2021.
- [2] IRENA, «RENEWABLE ENERGY AND CLIMATE PLEDGES,» 2020.
- [3] Marc-Fabian Korner, Jonathan Wagner, Martin Weibelzahl, Gilbert Fridgen, Raphael Heffron, «Industrial demand-side flexibility: A key element of a just energy transition and industrial development,» 2020.
- [4] IRENA, «POWER SYSTEM FLEXIBILITY FOR THE ENERGY TRANSITION,» 2018.
- [5] IRENA, «DEMAND-SIDE FLEXIBILITY FOR POWER SECTOR TRANSFORMATION,» 2019.
- [6] Anestis G. Anastasiadis, Goergios A. Vokas, Stavros D. Kaminaris, Constantinos S. Psomopoulos, Dimitrios K. Alexopoulos, «A review of flexibility options for high RES penetration in power systems - Focusing the Greek case,» 2021.
- [7] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας, «Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα,» 2019.
- [8] Clean Energy Wire, «Sector coupling - Shaping an integrated renewable energy system,» 2018.
- [9] IRENA, «SECTOR COUPLING IN FACILITATING INTEGRATION OF VARIABLE RENEWABLE ENERGY IN CITIES,» 2021.
- [10] Sanna Syri, Seela Tervo, Argo Rosin, Nima Javanshir, «Operation of district heat network in electricity and balancing markets with the power-to-heat sector coupling,» 2022.
- [11] Haoran Zhang, Guotao Wang, Yongtu Liang, Jinyue Yan, Rui Qui, «Green hydrogen-based energy storage service via power-to-gas technologies integrated with mulit-energy microgrid,» 2023.
- [12] Wa'ed Alyahya, Malak Al Ghadi, Jamal AL-omari, Tatiana Morosuk, Bourhan Tashtoush, «Renewable energy integration in water desalination : State-of-the-art review and competitive analysis,» 2023.

- [13] Aymer Maturana-Cordoba, Ricardo Mejia-Marchena, Anggie Cala, Joseph Soto-Verjel, Salvador Villamizar, Luis Mendoza-Zapata, «Unlocking synergies between seawater desalination and saline gradient energy: Assessing the environmental and economic benefits for dual water and energy production,» 2023.
- [14] Vincenzo Franzitta, Andrea Guercio, Domenico Curto, «A Review of the Water Desalination Technologies,» 2021.
- [15] PURETEC, «What is reverse osmosis ?,» Puretec Industrial water, 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://puretecwater.com/reverse-osmosis/what-is-reverse-osmosis>.
- [16] E Katsanidis, H N Lazarides, «Principles of Reverse Osmosis,» 2003.
- [17] C. Whapham, E. Maynard, «Quality and supply of water used in hospitals,» 2020.
- [18] Farid A. Hammad, Mohamed E. Zayed, S.M Sharaby, «Current progress in integrated solar desalination systems: Prospects from coupling configurations to energy conversion and desalination processes,» 2023.
- [19] Ridha Ben Mansour, Fahad A. Al-Sulaiman, Shafiqur Rehman, Suhaib M. Alawad, «Renewable energy systems for water desalination applications : A comprehensive review,» 2023.
- [20] P. Catrini, A. Buscemi, V. Lo Brano, A. Piacentino, S.Guarino, «3E assessment of a solar-driven reverse osmosis plant for seawater desalination in a small island of the Mediterranean Sea,» 2023.
- [21] Nnamdi Nwulu, Ewaoche John Okampo, «Optimisation of renewable energy powered reverse osmosis desalination systems: A state-of-the-art review,» 2021.
- [22] S. Rehman, Fahad A. Al-Sulaiman, Meer A.M. Khan, «A hybrid renewable energy system as a potential energy source for water desalination using reverse osmosis: A review,» 2018.
- [23] M. El Haj Assad, Enas Taha Sayed, Bassel Soudan, Mohamed Ali Abdelkareem, «Recent progress in the use of renewable energy sources to power water desalination plants,» 2018.
- [24] Abdul Latif Jameel, «Fresh water; fresh ideas. Can renewable energy be the future of desalination?,» 2020.

- [25] Michal Kaczmarczyk, Noredidine Ghaffour, Barbara Tomaszewska, Jochen Bundschuh, «State-of-the-art of renewable energy sources used in water desalination: Present and future prospects,» 2021.
- [26] Avraam Kartalidis, Dionysis Assimacopoulos, George Arampatzis, «Responding to Water Challenges Through Desalination: Energy Considerations,» 2017.
- [27] George Tchobanoglous, Petros Gikas, «Sustainable use of water in the Aegean Islands,» 2009.
- [28] K.A Kavadias, E. Kondili, J.K Kaldellis, «Renewable energy desalination plants for the Greek islands - technical and economic considerations,» 2004.
- [29] George Papadakis, Christos A. Karavitis, George Kyriakarakos, «Renewable Energy Desalination for Island Communities: Status and Future Prospects in Greece,» 2022.
- [30] ΤΕΜΑΚ, «Κύρια Δραστηριότητα,» 2023.
- [31] SYCHEM, «Η Εταιρεία,» 2023.
- [32] WATERA, «WATERA,» 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.watera.gr/>.
- [33] Emmanuel G. Dialynas, Nikolaos Mamassis, Andreas N. Angelakis, Konstantinos Zotalis, «Desalination Technologies: Hellenic Experience,» 2014.
- [34] Ελληνική Στατιστική Αρχή, «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ,» 2023.
- [35] Α. Σαμουρκασίδου, «ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΛΕΕΛΕΓΧΟΥ - ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΥΔΡΑΣ,» 2017.
- [36] ΤΕΜΑΚ, «ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΥΔΡΑΣ-ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ,» 2012.
- [37] ΤΕΜΑΚ, «ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΥΔΡΑΣ,» 2023.
- [38] ENTSO-E, «Transmission - Day ahead prices».

[39] ΑΔΜΗΕ, «ENTSO-E,» ΑΔΜΗΕ, [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.admie.gr/i-etaireia/symmetoches/entso-e>.