



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**Διερεύνηση ενεργειακής κάλυψης εγκατάστασης  
επεξεργασίας λυμάτων στη νήσο Κω μέσω  
ανάπτυξης υβριδικού συστήματος ενέργειας**

**Ιάσοντας Νίκας-Νασιούλης**

**Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς,  
Καθηγητής ΕΜΠ**

**Αθήνα, Φεβρουάριος 2023**



## Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού προγράμματος «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Τα τρία εξάμηνα του μεταπτυχιακού δεν θα μπορούσαν να κλείσουν χωρίς να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που με στήριξαν στην εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αξιότιμο κ. Ευάγγελο Μπαλτά, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την εξαιρετική συνεργασία μας, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας μου. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για δεύτερη φορά, έπειτα και από την διπλωματική εργασία των προπτυχιακών μου σπουδών. Η ιδέα της εργασίας γεννήθηκε στα προπτυχιακά μαθήματα που διδάσκει και εξελίχθηκε από τα μαθήματα του μεταπτυχιακού και το τελικό αποτέλεσμα προέκυψε έπειτα από τις καθοριστικές συμβουλές του.

Οφείλω να ευχαριστήσω την Δρ. Άννα Γεωργαντάκη, Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων του ΔΕΔΔΗΕ, για τα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τον Δρ. Κώστα Λαγουβάρδο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, για τα λεπτομερή ανεμολογικά δεδομένα, τον κ. Κωνσταντίνο Μούρα, ΔΕΥΑ Κω, για τα δεδομένα υδρευτικής κατανάλωσης και την κα Ευαγγελία Γαλαίου, ΔΕΔΔΗΕ Κω, για επιπρόσθετα δεδομένα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις της νήσου Κω.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους μου και ιδιαίτερα την Τζένη Παπαπαναγοπούλου, που έκαναν την εμπειρία μου στον ενάμιση χρόνο του μεταπτυχιακού μοναδική και με βοήθησαν σε ολόκληρο αυτό το ταξίδι. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Λεωνίδα και Σοφία και τον αδελφό μου Ορφέα, για την αμέριστη υποστήριξη και ενθάρρυνση που μου παρείχαν σε κάθε βήμα καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ιάσωνας Νίκας-Νασιούλης  
Φεβρουάριος 2023



# Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη .....	viii
Extended Abstract.....	x
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Γενική αναφορά .....	1
1.2 Αντικείμενο της εργασίας .....	3
1.3 Διάρθρωση της εργασίας.....	4
<b>2 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ .....</b>	<b>5</b>
2.1 Γενικά στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων.....	5
2.2 Μέθοδος αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας.....	7
2.3 Ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές για την αποθήκευση ενέργειας.....	11
2.4 Πλεονεκτήματα και οφέλη από τη κατασκευή ενός υβριδικού συστήματος.....	12
2.5 Υβριδικά συστήματα με χρήση θαλασσινού νερού.....	13
2.6 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα υβριδικά συστήματα.....	15
2.6.1 Αιολική Ενέργεια .....	15
2.6.2 Ηλιακή ενέργεια – Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	19
2.6.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	20
2.6.4 Στοιχεία παραγωγής ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος .....	23
2.7 Αφαλάτωση και κατανάλωση ενέργειας .....	27
2.7.1 Γενικά στοιχεία .....	27
2.7.2 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα .....	29
2.7.3 Μέθοδοι αφαλάτωσης .....	32
2.7.4 Αντίστροφη ώσμωση.....	32
2.7.5 Ενέργεια για την αφαλάτωση.....	36
2.8 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και κατανάλωση ενέργειας.....	37
2.8.1 Γενικά στοιχεία .....	37
2.8.2 Αρχές επεξεργασίας .....	37
2.8.3 Θεσμικό πλαίσιο.....	39
2.8.4 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων .....	41
2.8.5 Ενεργειακό κόστος κατά την επεξεργασία λυμάτων .....	45
<b>3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>46</b>
3.1 Κως .....	46
3.2 Ιστορικά στοιχεία .....	47
3.3 Γεωμορφολογικά Δεδομένα .....	48
3.4 Προστατευόμενο φυσικό περιβάλλον.....	49
3.5 Χρήσεις Γης .....	53
3.5 Εδαφολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά .....	54
3.6 Μετεωρολογικά δεδομένα .....	55

3.6 Δημογραφικά στοιχεία – Τουριστική κίνηση .....	56
3.7 Οδικό δίκτυο .....	58
3.8 Μεταφορές- Συγκοινωνία.....	59
3.9 Ενέργεια.....	60
3.10 Ύδρευση .....	61
3.11 Άρδευση.....	61
3.12 Διαχείριση και επεξεργασία λυμάτων .....	63
3.12.1 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Κω .....	63
3.12.2 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Δικαίου .....	64
3.12.3 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Ηρακλειδών .....	64
<b>4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....</b>	<b>66</b>
4.1 Τεχνική περιγραφή έργου.....	66
4.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας .....	66
4.2.1 Μοντέλο ανεμογεννητριών και εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας .....	66
4.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από υδροηλεκτρικό έργο.....	69
4.3 Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών.....	70
4.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών .....	71
4.4.1 Τοπικός σταθμός παραγωγής και αιχμές δικτύου .....	71
4.4.2 Ενεργειακή κατανάλωση ΕΕΛ ΔΕ Ηρακλειδών .....	73
4.5 Προσομοίωση .....	74
<b>5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....</b>	<b>76</b>
5.1 Σενάριο 1: Ενεργειακή κάλυψη ΕΕΛ σε προτεραιότητα και κάλυψη αιχμών δικτύου .....	76
5.2 Σενάριο 2: Κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων ΕΕΛ και αφαλάτωση θαλασσινού νερού.....	81
5.3 Σύγκριση εκπομπών CO <sub>2</sub> για τις ανάγκες της ΕΕΛ πριν και μετά την ένταξη υβριδικού συστήματος .....	89
5.4 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων .....	90
<b>6. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ.....</b>	<b>92</b>
6.1 Υπολογισμός συνολικού κόστους έργου.....	92
6.3 Υπολογισμός ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης.....	93
6.4 Χρηματοδότηση επένδυσης.....	93
6.5 Εκτίμηση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> emmissions) .....	95
6.5.1 Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System) .....	95
6.5.2 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω.....	96
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....</b>	<b>97</b>
7.1 Συμπεράσματα και σύνοψη αποτελεσμάτων .....	97
7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	99
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>100</b>



## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μία όλο και αυξανόμενη ανησυχία στο τομέα της ενέργειας, σε έναν από τους βασικότερους πυλώνες που συντέλεσαν στην ανάπτυξη των σύγχρονων κοινωνιών. Η ανησυχία αυτή είναι πρωτίστως για τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων καθώς δεν είναι ανεξάντλητα, για τη διαθεσιμότητά τους και για το κόστος τους όταν αυξάνεται η ζήτηση τους χειμερινούς μήνες. Επιπρόσθετα, υπάρχει έντονη συζήτηση για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που διέπουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων, καθώς οι εκπομπές ρύπων κατά τη καύση φαίνεται να ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το ερευνητικό ενδιαφέρον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει στραφεί στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), με στόχο την βιώσιμη, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση της ενέργειας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) για να επιταχυνθεί η στροφή προς τις μονάδες ΑΠΕ, είναι πλέον θεσμοθετημένο η εκπομπή ρύπων από σταθμούς παραγωγής ενέργειας, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, να κοστολογείται και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας να καλούνται να πληρώσουν σημαντικά κόμιστρα.

Στην Ελλάδα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εκμετάλλευση των ΑΠΕ υπάρχει στον νησιωτικό της τομέα, όπου ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της μεγάλης τουριστικής επισκεψιμότητας. Οι ηλεκτρικές ανάγκες των ελληνικών νησιών συνήθως καλύπτονται είτε από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με βάση ορυκτά καύσιμα, είτε μέσω της διασύνδεσης τους με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας, γεγονός που οδηγεί σε ενεργειακή εξάρτηση από άλλες περιοχές και χαμηλή ποιότητα ρεύματος. Με την ανάπτυξη μονάδων ΑΠΕ ένα νησί γίνεται πιο αυτόνομο και μειώνεται η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι. Έτσι, τα ακριβά κόμιστρα προς την Ε.Ε. μειώνονται αισθητά.

Προς την ίδια κατεύθυνση με τις μονάδες ΑΠΕ, ολοένα και προχωράει η έρευνα για την ευρεία αποθήκευση ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες ΑΠΕ, ώστε να εξομαλυνθεί το χάσμα μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μεγαλύτερη διείσδυση των μονάδων ΑΠΕ είναι η χρησιμοποίηση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για να ξεπεραστεί η ασυνέχεια στην παραγωγή. Οι καινοτομίες που μειώνουν δραστικά το κόστος των συστημάτων αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ριζοσπαστικές αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο στην νησιωτική όσο και στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Παράλληλα, ανησυχητική είναι η έλλειψη υδατικών πόρων, σε παγκόσμιο επίπεδο. Το πρόβλημα αυτό, επηρεάζει τόσο τον πλανήτη, όσο και την Ελλάδα, της οποίας τα περισσότερα νησιά έχουν ελάχιστα αποθέματα υδατικών πόρων. Η κάλυψη των υδατικών αναγκών των νησιών λαμβάνει χώρα με δύο, κυρίως, μεθόδους: είτε με μεταφορά αφαλατωμένου νερού μέσω υδροφόρων πλοίων, μια διαδικασία αρκετά δαπανηρή, είτε μέσω φραγμάτων (όπου αυτό είναι εφικτό), είτε μέσω δαπανηρών ενεργοβόρων γεωτρήσεων που αντλούν από τα υπόγεια αποθέματα νερού. Ελπιδοφόρα λύση για την άρδευση εκτάσεων στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας αποτελεί η επαναχρησιμοποίηση



κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων, ειδικά σε περιοχές με ανεπάρκεια υδατικών αποθεμάτων.

Προκειμένου να μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες ανάλογα με τη ζήτηση, είναι απαραίτητο σε αυτόνομα νησιωτικά συστήματα η εισαγωγή μονάδων αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός Υβριδικού Συστήματος (ΥΣ), το οποίο θα αξιοποιεί το πλούσιο αιολικό δυναμικό του νησιού της Κω και σε ώρες που υπάρχει περίσσεια ενέργειας θα γίνεται αποθήκευσή της με τη μέθοδο της αντλιοσταμείωσης ή και μέσω μπαταρίας. Αντίστοιχα, όταν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας, είτε θα ενεργοποιείται το υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ) και θα παράγεται ενέργεια μέσω υδατόπτωσης νερού από υψομετρική διαφορά (υδροηλεκτρική ενέργεια), είτε θα απελευθερώνεται ενέργεια από μπαταρία αποθήκευσης.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, προσομοίωση και αξιολόγηση ενός ΥΣ για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) στη νήσο Κω. Επιπρόσθετα, εξετάζεται είτε η αποθήκευση περίσσειας ενέργειας σε μπαταρία είτε η εκμετάλλευση της περίσσειας ενέργειας για αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Το έργο που μελετάται περιλαμβάνει 3 ανεμογεννήτριες (Α/Γ), ένα υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ), μια μονάδα αφαλάτωσης, μία μπαταρία αποθήκευσης, ένα αντλιοστάσιο, έναν ταμιευτήρα θαλασσινού νερού και τέλος, έναν ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού. Οι παραπάνω διατάξεις συνδυάζονται με τον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής (ΤΣΠ) της Κω, σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης από τις μονάδες ΑΠΕ. Το σύστημα εξετάζεται και οικονομικώς, μέσω αναλυτικής κοστολόγησης των προτεινόμενων έργων. Τέλος, αναπτύσσεται μεθοδολογία για την εκτίμηση των δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω, σύμφωνα με το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System) και διερευνάται πώς μπορεί να συνεισφέρει το μελετώμενο ΥΣ στη μείωση των κομίστρων προς την Ε.Ε.

# Extended Abstract

## Introduction

In recent years, there has been a growing concern in the energy sector, one of the key pillars that have contributed to the development of modern societies. This concern is primarily about the environmental impact of fossil fuel use, as emissions from combustion appear to be largely responsible for the greenhouse effect. In addition, there is a concern about the fact that fossil fuel reserves are limited and with the rate at that they are currently consumed, in a few decades there will be an extremely expensive source of energy.

Nowadays the interest in the production of electricity has turned to Renewable Energy Sources (RES), aiming at sustainable, economically and environmentally friendly energy management. In the European Union (EU), in order to speed up the shift to RES, emissions from power plants, such as carbon dioxide, are now institutionalized, cost and power plants required to pay significant fares.

In Greece, there is a special interest in the exploitation of RES in its island sector. Especially during the summer months, there are high energy requirements due to the high tourist traffic. The electricity needs of the Greek islands are usually met either by autonomous power plants based on fossil fuels or through their interconnection with the mainland network of the country, which leads to energy dependence on other areas and low electric energy quality. With the development of RES units, an island becomes more autonomous and the dependence on fossil fuels is reduced, as a result, the fares to the EU are reduced.

At the same time, the lack of water resources worldwide is worrying. This problem affects both the planet and Greece, where most of the islands have minimal water resources. Meeting the water needs of the islands takes place in two main ways: either by transporting desalinated water by watercraft, a process that is quite expensive, or by dams (where possible), or by costly energy-intensive drilling from underground water supplies.

In order to be able to meet the energy needs, at any time and depending on demand, it is necessary to introduce energy storage units in autonomous island systems. Energy storage can be achieved through a Hybrid System (HS), which will utilize the rich wind potential of the island of, Kos and in hours when there is excess energy will be stored through pumping. Respectively, when there is an energy shortage, the hydroelectric station will be activated and energy will be produced through water drop from an altitude difference (hydroelectric energy).

The object of the present thesis is the study, simulation and evaluation of a HS to cover part of water and energy needs on the island of Kos. Priority is the energy coverage of one of the wastewater treatment plant (WTP) of Kos. This project includes 3 wind turbines, a hydroelectric station, a desalination plant, a pumping station, a battery, a seawater reservoir and finally, a desalinated water reservoir. The above units are combined with the Local Power Station (LPS) of Kos, aiming at, as much as possible, the coverage of the water and energy

requirements of the island by the RES. Finally, a methodology is being developed for the assessment of carbon dioxide emission rights by the Kos LPS, according to the Emissions Trading System of the European Union. It is being examined how the HS can contribute to the reduction of tariffs to the EU.

## **Study Area**

Kos is a Greek island, part of the Dodecanese island chain in the southeastern Aegean Sea. Kos is the third largest island of the Dodecanese by area, after Rhodes and Karpathos. The surface of the island is 295.3 sq.km. with a coastline of 112 km. The capital of the island which is the main port of the island. It is 200 nautical miles from the port of Piraeus. The island also has an airport which is located at a distance of 27 km, southwest of the city of Kos, near the village of Antimacheia.

The population of the island according to the 2011 census amounts to 33,388 permanent residents. However, the island also has strong tourist traffic, during the summer months and not only. The easy access by ferry or plane and the natural beauty of the island make Kos a very attractive destination. Thus, the population during the summer months is up to twice as large. The climate of Kos, in general, is Mediterranean, characterized by mild winters, with plenty of rain, strong winds, at times, and periods with relatively high sunshine. At the same time, it is estimated that the dry or hot season lasts from the end of April until mid-September. In terms of temperature, the lowest average minimum appears in February (8.32 °C) with an average absolute minimum temperature of 2.75 °C, while the highest average maximum temperature appears in July (30.67 °C) with an average absolute max temperature of 5.75 °C. As for the precipitation, it should be noted that the average rainfall is 559.54 mm with the month of December appearing with the highest average monthly rainfall of 121.96 mm. January is the month with the highest maximum daily rainfall (134.90 mm). In terms of winds, the prevailing winds are North with an average annual number of days that show an intensity above 8 Beaufort at 17.96, most of them appearing November to March (11.85 days).

The energy needs of the island are served by an Autonomous Power Station of 138.74 MW located in the area of Mastichari, west of the island. It supplies electricity to the island complex of the islands of Kos, Kalymnos, Tenedos, Leros, Lipsi, Gyali, Nisyros, Tilos and Pserimos. The fuels used are low oil and diesel. The above fuels are in following applicable quality standards. Kos in March 2021 had an installed RES capacity of 24.38 MW, of which 15.20 MW is from wind farms and 8.78 MW from solar panels. The main source of energy, however, is the thermal power plant that is installed on the island.

The water needs of the island are covered mainly by drilling and natural springs. Kos is supplied with water from 23 boreholes with flows from 15 to 80 m<sup>3</sup>/h. The available water covers completely the water supply needs. The tourism sector consumes very high quantities, as a result of which it operates in competition with the agricultural sector. However, there are water supply projects aimed at meeting both irrigation needs and household water. Drilling is found in various parts of the island, especially in the lowland parts of the island where many

landowners have private wells. Irrigation is enhanced by the reservoirs in the area of Plati and in the area of Mesaria.

The monthly variation of water needs, as well as electricity needs of WTP is shown in Figure 1 and Figure 2.

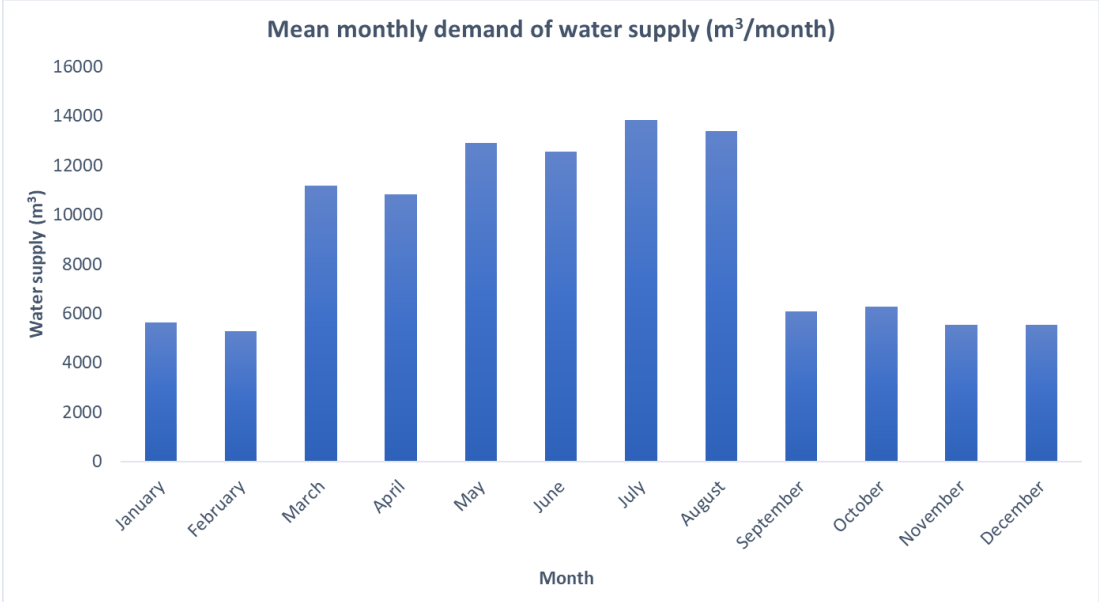


Figure 1 Mean Monthly Demand of Water Supply (m³/month)

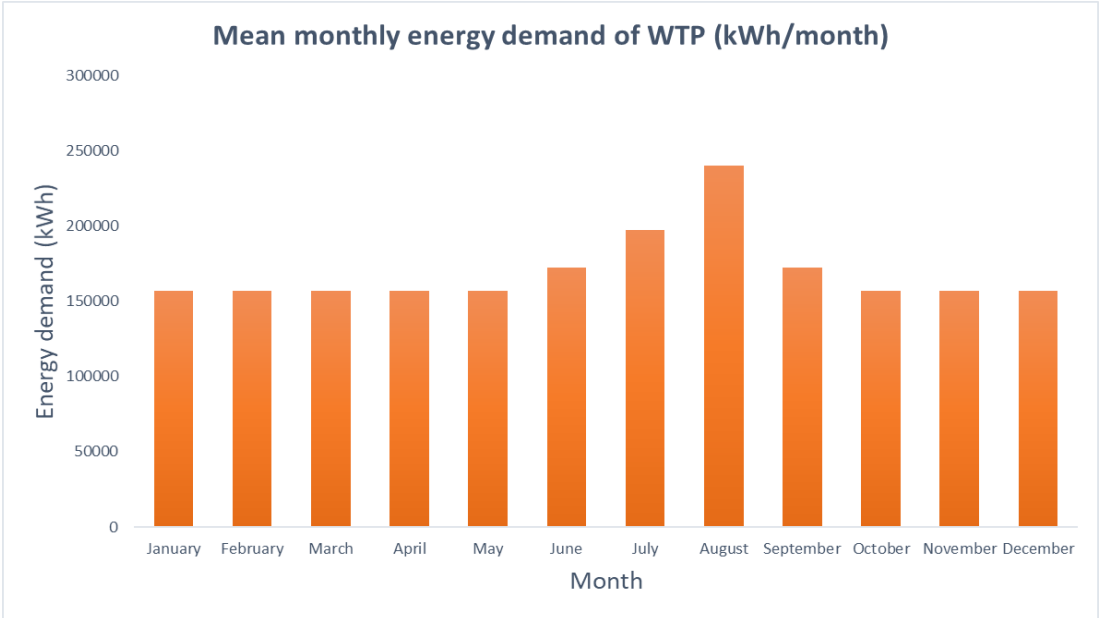


Figure 2 Mean Monthly Energy Demand of WTP (kWh/month)

## Technical Description and Methodology

The hybrid RES system under study consists of a wind farm with a total capacity of 2.55 MW, which is composed of 3 wind turbines of 0.85 MW. In addition, it consists of two desalination plants with a total capacity of 1920 m<sup>3</sup>/d and a capacity of 6.5 kW/m<sup>3</sup>. The desalination plant is accompanied by a 10 kW power pump in order to pump water to the desalinated water reservoir with a capacity of 200000 m<sup>3</sup>. If the offered wind energy does not adequately cover the needs, the water of the upper tank will supply a small hydroelectric power station, which will cover the energy deficit. If the electricity demand cannot be met by the net produced energy, then the deficit will be covered by the local power station.

The equation between supply – power of a turbine is as follows:

$$I = \gamma \cdot Q \cdot H_{man} \cdot n \quad (1)$$

Where:

- $\gamma$ : the specific weight of water, which is equal to the acceleration of gravity  $g$  and the density of water
- $H$ : the total height
- $n$ : the coefficient outpour of the turbine

To describe the vertical distribution of wind speed, the power law distribution is used, which is based on the theory of boundary layers

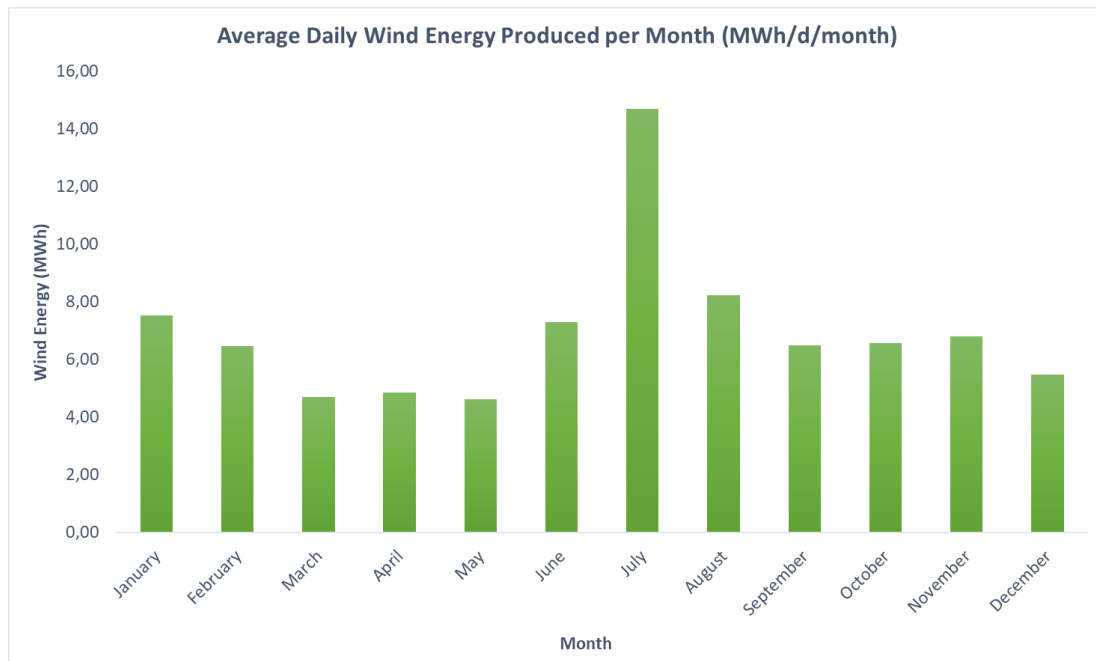
$$u_2 = u_1 \cdot \frac{\ln(\frac{z_2}{z_0})}{\ln(\frac{z_1}{z_0})} \quad (2)$$

Where:  $u_1$  and  $u_2$  are the velocities at altitudes  $z_1$  and  $z_2$  and  $z_0$  the roughness parameter

Initially, after contacting the National Observatory of Athens, wind speed measurements were taken from the meteorological station located in the biological treatment plant of Kos. Specifically, the measurements are every 10 minutes and refer to the period from 1/1/2016 to 31/12/2020. The measurements were reduced from a 10-minute step to a 1-hour step through the "Hydrognomon" time series processing software.

Then, the altitude of the biological treatment of Kos was determined, which is 37 m. Knowing that the height of the anemometer is 5 m, the altitude of determining the wind is 42 m above sea level. With the known altitude at which the wind speed measurements were made and knowing the altitude of the rotor of the wind turbines, the altitude correction of the time series of the wind data is made with the relation of the exponential distribution (power law). For the study project, the Vestas V-52 850 kW wind turbine model was selected and based on the published power curves, a 6th degree polynomial equation is derived that calculates the actual wind turbine power as a function of wind speed. Using the corrected wind speeds and

the polynomial equation, the hourly time series of energy produced in kWh is obtained. Thus, the following Figure 3 shows the average daily wind energy produced per month.



**Figure 3** Average Daily Wind Energy Produced per Month (MWh/d/month)

In the present work, for the HS under study, two different operating scenarios are simulated and evaluated. The first scenario aims to cover the energy needs of the wastewater treatment plant (WTP) and secondarily to store energy to cover peaks in the network. The second scenario aims to cover the energy needs of the wastewater treatment plant and, secondarily, the water supply with desalinated water of the seaside settlement of Kardamena. In addition, in both scenarios, advanced wastewater treatment will be carried out for its reuse in green irrigation. In all scenarios the wind turbines electrify the settlement, providing 30% of the energy directly to the electricity network, while the remaining 70% for the other uses.

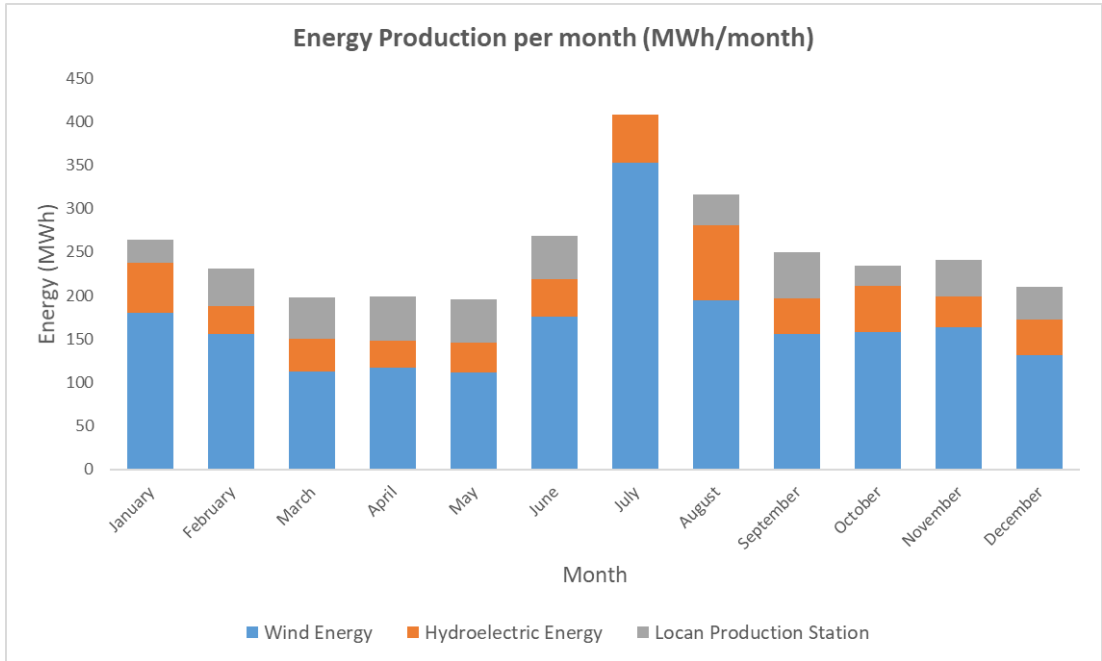
- **Scenario 1 - Energy coverage of WTP as a priority and energy storage**

During the simulation of the operation of the Hybrid System, in the first scenario, priority is given to covering the energy needs of WTP and then covering the network peaks of the island of Kos. Specifically, the principle of the simulation is the production of wind energy from the wind farm. As it can be seen from Figure 5.1, 30% of the generated electricity is available directly to the grid, while the remaining 70% is primarily directed to the pumping station for pumping seawater and the excess to the energy storage battery. In addition, treated wastewater from WTP is reused for the irrigation of surrounding greenery.

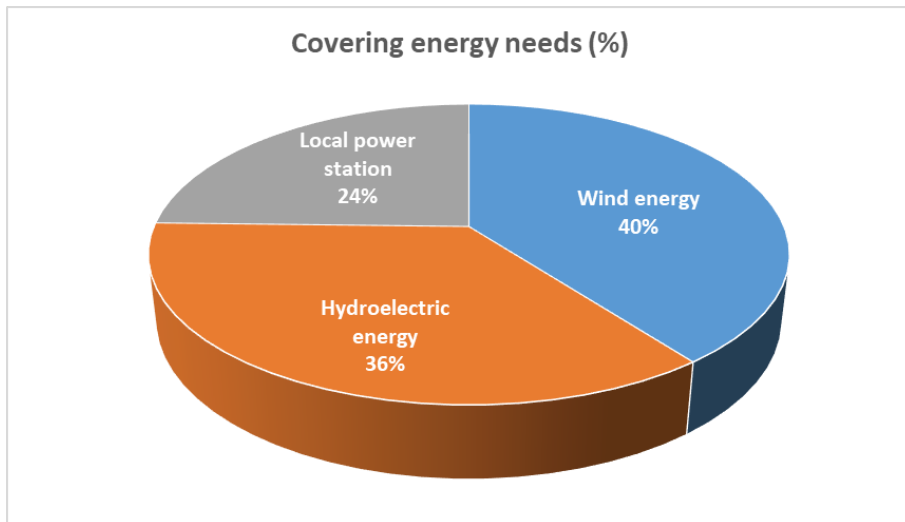
The pumping of seawater in the upper tank in case of excess energy and the operation of the hydroelectric power station in case of deficit smooths out the sharp fluctuation of the produced energy. Thus, with the presence of the Hybrid System instead of an

individual wind farm, much higher percentages of reliability in meeting the needs for energy and water supply are achieved and scenario 1 fulfills its purpose.

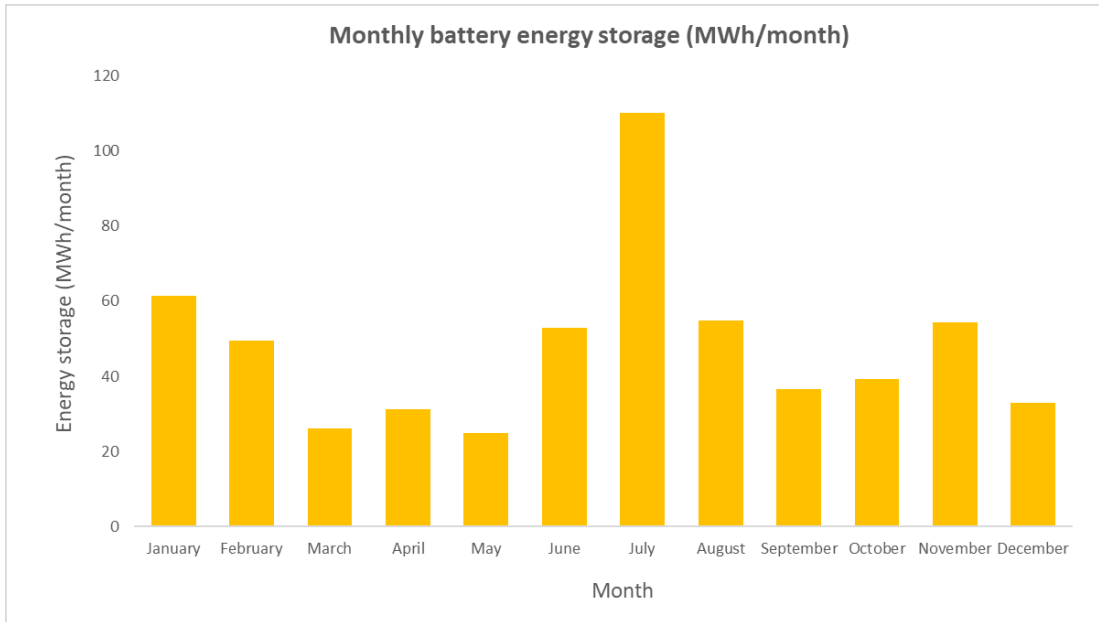
**Results: (Figures 4,5,6)**



**Figure 4** Energy production per month (MWh/month)



**Figure 5** Covering Energy Needs (%)



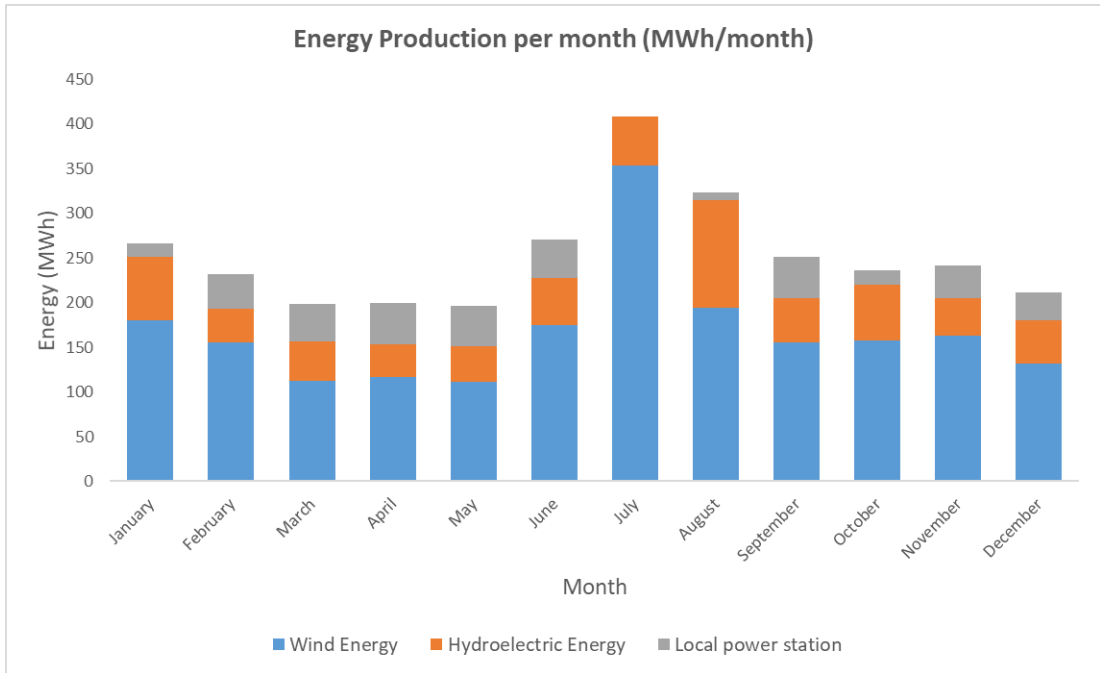
**Figure 6** Monthly battery energy storage (MWh/month)

- **Scenario 2 - Energy coverage of WTP as a priority and desalination**

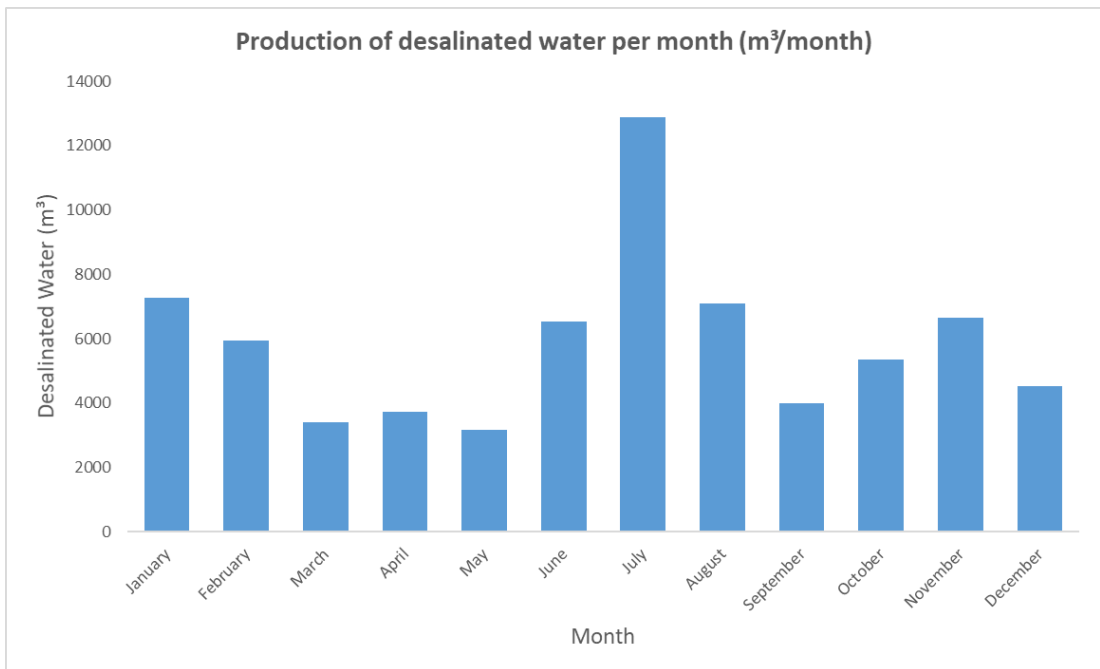
In Scenario 2, during the simulation of the HS the priority is to cover the energy requirements of the WTP and later the excess energy is used in the desalination unit. Specifically, as in Scenario 1, 30% of the energy produced by the wind farm is available directly to the grid. The remaining 70% is primarily used to pump water to the upper reservoir and secondarily to the desalination unit. The goal in this scenario is to cover the water supply of the settlement of Kardamena (population 2,000 inhabitants) with desalinated water and the energy coverage of WTP. In addition, treated wastewater from the WTP is reused for the irrigation of surrounding greenery

**Results: (Figures 7,8,9)**

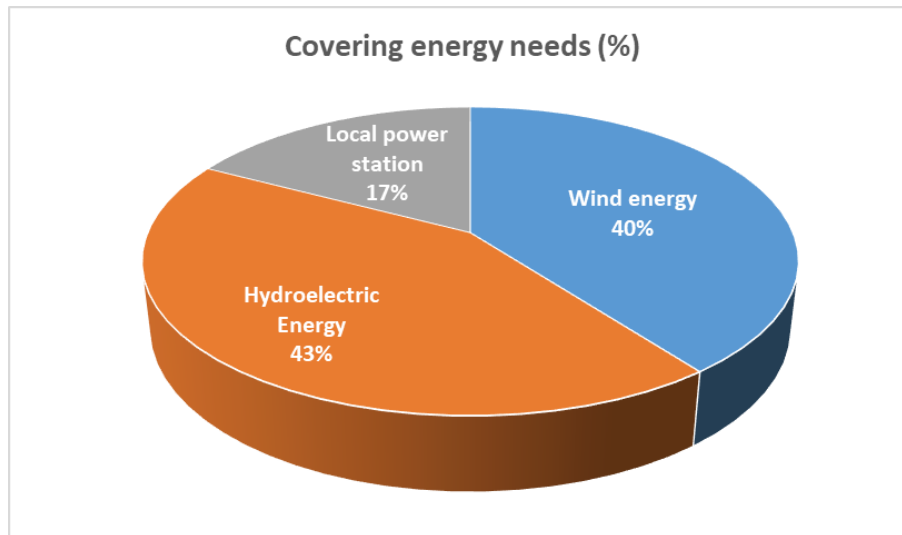




**Figure 7** Energy production per month (MWh/month)



**Figure 8** Production of desalinated water per month (m<sup>3</sup>/month)



**Figure 9** Covering Energy Needs (%)

## CO<sub>2</sub> emissions

The CO<sub>2</sub> emissions from the LPS of Kos are 7062 tn. With the studied inclusion of HS in scenario 1 the emissions are reduced by 5325 tn and in scenario 2 by 5861 tn.

The purpose is to compare the emitted pollutants before and after the inclusion of HS. For the CO<sub>2</sub> emissions of the LPS, it was assumed that they amount to 0.82 MWh/ton, which is considered a good approximation (Mantzouranis, 2021). A reduction in CO<sub>2</sub> emissions for the energy consumed for the needs of WTP is observed by 75.40% in Scenario 1 and by 83.00% in Scenario 2. Therefore, the environmental contribution of the HS is also perceived with the offered energy produced, which is free of emitted pollutants.

## Conclusion – Further Research

The main goal of this thesis is the development of a comprehensive methodology for the implementation of a Hybrid System with the participation of Renewable Energy Sources on the island of Kos.

Firstly, the Hybrid Systems and Renewable Energy Sources are briefly presented. Then, the desalination process for the production of drinking water, provided in this technical project, is analyzed. In addition, the penetration of electric propulsion in the transport sector is analyzed and its connection with the studied hybrid system is examined.

Next, the process of forming the project simulation model is presented step by step. The study of the HS is done to cover part of the water and energy needs of the island. The modeling of the technical project includes the collection and then analysis of wind and hydrological data.

Finally, the needs for water and energy are assessed and based on these, desalination and electricity generation are performed respectively.

The general conclusions from the study of HS are the following:

- The strong variation, in terms of time and quantity, the energy supply of RES, in combination with the environmental consequences caused by conventional power plants, has led to the research and development of HS. The latter shows the advantage for extensive energy storage using RES, ensuring a continuous and stable supply of energy depending on demand.
- Hybrid projects have the ability to be installed as independent systems as well as to be integrated into existing power plants with conventional forms of energy, with the appropriate interventions.
- Kos (and Greek islands in general), is suitable for the installation and operation of wind farms, due to its very high wind potential. Of course, special care is needed for their smooth integration into the unique natural beauty of the Greek islands and avoidance of installations on small virgin islands.
- Desalination is a serious solution to address the lack of sufficient water resources in the Greek islands, which intensifies during the summer tourist season. The method chosen exclusively in the Greek islands is the method of reverse osmosis due to its low energy consumption and its compatibility with solar panels or wind turbines.
- The advantages, at the local level, of the HS installation, are summarized in the significant supply of required electricity throughout the year, by avoiding power outages. In addition, it is very important to reduce the CO<sub>2</sub> emissions that the integration of the HS can offer, with a great positive impact on the local environment.

Through the simulation model of this work, the following specific conclusions emerged:

- In Scenario 1, in which priority is the energy coverage of the WTP and secondarily the storage of energy in a battery, WTP is supplied by RES by 76%. Specifically, by 40% from the wind turbines and by 36% from the hydroelectric station. This participation significantly reduces emitted pollutants, resulting in an estimated saving of €117,000 per year for the Greek government. The monthly coverage of energy requirements by the HS varies from 74% in the month of April to 100% in the month of July.
- In Scenario 1, in addition to the energy coverage of the WTP, significant energy storage in a battery is also achieved. Thus, the island becomes more energy self-sufficient and peaks in demand can be met with environmentally friendly RES energy.
- In Scenario 2, in which the priority is to cover the energy needs of WTP and, secondarily, the desalination unit, WTP is supplied by RES at a rate of 83%. In particular, by 40% from the wind turbines and by 43% from the hydroelectric station. This participation, which is increased compared to Scenario 1, reduces the emitted pollutants even more noticeably, saving the Greek government an estimated €129,000 per year. The monthly coverage of energy requirements by the HS varies from 77% in the month of April to 100% in the month of July.

- In Scenario 2, in addition to the energy coverage, the water needs of the settlement of Kardamena (1650 inhabitants), are also met at 100%. Thus, a drastic reduction of the required groundwater pumping is achieved. As a result, the underground aquifers strengthen and the phenomenon of saltation is prevented.
- In both Scenarios wastewater is reused for the extensive needs for green irrigation, through chlorination-dechlorination. Thus, the underground aquifers and the greenery on the island of Kos are further strengthened.
- Comparing the two scenarios, both contribute to a very large extent to WTP energy self-sufficiency during the year. At the same time, both scenarios solve two important issues that exist in all non-interconnected islands, the issue of meeting peaks in energy demand and the issue of limited water resources for water supply and irrigation. Thus, the HS is going to contribute significantly to the development of the island and to the protection of the environment.

Based on the analysis of the results of the present thesis and according to the conclusions that have emerged, issues have arisen that need further study and analysis. First, the application of this methodology is proposed in other islands of Greece, interconnected and not, as well as in settlements and communities, thus contributing to the local independence from the electrical network but also to the overall balance of the country, increasing the contribution of RES and reducing pollutants. In addition, the sizing of seawater and desalinated water reservoirs as well as the detailed location of the individual installations would be of interest, with the ultimate goal of minimizing the environmental impact. For a future study, the application of larger capacity desalination units could also be analyzed in order to fully cover the water supply needs. Finally, the production of time series to predict future response prices of the project would provide an overall picture to meet the needs of the island and the reliability of the system.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενική αναφορά

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της Γης και ο σύγχρονος τρόπος ζωής που συνεπάγεται ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες για ενέργεια οδηγούν στην ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, καθώς τα αποθέματα τους δεν είναι ανεξάντλητα. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό που μπορεί να προσφέρει μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών, στο πλαίσιο της προσπάθειας περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Προς αυτή την κατεύθυνση, κρίνεται απαραίτητη η σταδιακή απαλλαγή από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, λιγνίτης), τα οποία είναι μεγάλες πηγές ρύπων για τον άνθρωπο και τη φύση. Επιπρόσθετα, θεωρείται ότι είναι ο κύριος λόγος για την σταδιακή υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τη συνεχή ανάπτυξη μονάδων ΑΠΕ, τροποποιείται το υπάρχον σύστημα ενεργειακού εφοδιασμού και μειώνεται η εξάρτηση από τις αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων, ειδικότερα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

Η νομοθεσία της ΕΕ για την προώθηση των ΑΠΕ έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία έτη. Το 2009, οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχο έως το 2020 ένα μερίδιο 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2018, συμφωνήθηκε ο στόχος έως το 2030 ένα μερίδιο 32% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση. Στην Ελλάδα, για το έτος 2017 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καταλάμβαναν το 33% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Αθροιστικά για τους 8 πρώτους μήνες του 2022, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά ξεπέρασαν κάθε άλλη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με 13.238 GWh, αφήνοντας στη δεύτερη θέση το ορυκτό αέριο με 13.150 GWh, το οποίο μειώθηκε οριακά για πρώτη φορά από το 2018. Η πρωτιά των ΑΠΕ εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην ιστορία τον Ιούλιο και συνεχίζεται. (Πηγή: ΑΔΜΗΕ, 2022)

Η εγκατάσταση και λειτουργία συνδυασμού ΑΠΕ θεωρείται αναγκαία, ιδιαίτερα για τη νησιωτική Ελλάδα. Κυρίως τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, στα οποία η ενεργειακή ζήτηση καλύπτεται είτε μέσω της σύνδεσης τους με το δίκτυο κάποιας απομακρυσμένης περιοχής, την ηπειρωτική χώρα ή άλλο γειτονικό νησί, είτε από αυτόνομους πετρελαϊκούς σταθμούς. Στην περίπτωση της Κω, είναι εγκατεστημένος τοπικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ ισχύος 138,74 MW που εξυπηρετεί τις ενεργειακές ανάγκες κυρίως της Κω και της Καλύμνου.

Τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης και συνεισφοράς στην επίτευξη των εθνικών στόχων παρουσιάζει η αιολική ενέργεια, ειδικά στα ελληνικά νησιά, λόγω του πλούσιου αιολικού δυναμικού και του χαμηλού κόστους αξιοποίησης συγκριτικά με άλλες μορφές ΑΠΕ. Βάσει αυτών των επιστημονικών δεδομένων και ελληνικού νομικού πλαισίου, ξεκίνησε η ιδέα

ένταξης των Υβριδικών Ενεργειακών Έργων στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδος. Τα έργα αυτά βασίζονται στον συνδυασμό ΑΠΕ μεταξύ τους και στην δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσιας ενέργειας.

Η καθιερωμένη τεχνική της αντλησοταμίευσης (άντληση νερού σε μια ανάντη θέση, με κατανάλωση της διαθέσιμης ενέργειας, η οποία ανακτάται αργότερα ως υδροηλεκτρική ενέργεια), αντιπροσωπεύει την καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία από άποψη κόστους και εφαρμογής, καθώς δεν εκπέμπει κανένα παραπροϊόν στο περιβάλλον, ενώ είναι οικονομικά αποδοτική, με ποσοστά απωλειών μικρότερα του 10% (για έργα μεγάλης κλίμακας). Επιπλέον, η παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια δεν καταναλώνει νερό (απλά μετατρέπει τη δυναμική του ενέργεια), ενώ μπορεί ακόμα να συνδυαστεί με άλλες χρήσεις νερού (αστική, γεωργική, βιομηχανική). Τα υβριδικά συστήματα, που συνδυάζουν πολλαπλές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας με έργα αντλησοταμίευσης, θεωρούνται γενικά μια καθιερωμένη τεχνολογία για την αύξηση του επιπέδου διεύθυνσης των ανανεώσιμων πηγών σε ενεργειακά συστήματα καθώς εξομαλύνεται η έντονη μεταβλητότητα των φυσικών φαινομένων και αυξάνεται η αξιοπιστία για την κάλυψη πάγιων ενεργειακών αναγκών. Οι καινοτομίες που μειώνουν δραστικά το κόστος των συστημάτων αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ριζοσπαστικές αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο στην νησιωτική όσο και στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Παράλληλα φυσικά με την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, εξίσου σημαντική είναι η κάλυψη των υδατικών αναγκών, ιδιαίτερα της ύδρευσης. Τα ελληνικά νησιά λόγω των περιορισμένων βροχοπτώσεων και της έντονης γεωμορφολογίας, αδυνατούν να συγκρατήσουν ικανοποιητικά επιφανειακά αποθέματα νερού. Επίσης, ειδικά το καλοκαίρι, λόγω του κλίματος και των υψηλών θερμοκρασιών το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο έντονο. Επιπρόσθετα, η τουριστική κίνηση τους θερινούς μήνες απαιτεί μεγάλα αποθέματα υδατικών πόρων, που τα νησιά σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να καλύψουν αυτόνομα. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της υδροδότησης των νησιών έχει επιδεινωθεί σημαντικά και οφείλεται σε συγκεκριμένους παράγοντες. Η αλλαγή των οικονομιών των νησιών από αγροτικές/κτηνοτροφικές σε οικονομίες παροχής υπηρεσιών (ξενοδοχεία, κλπ.) αύξησαν την ζήτηση των υδατικών πόρων. Ακόμη, η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τουριστών – επισκεπτών στα νησιά αύξησε περαιτέρω την ζήτηση των υδατικών πόρων. Τέλος, η μεγάλη απώλεια του μεταφερόμενου νερού στα δίκτυα ύδρευσης, απώλεια που οφείλεται στην παλαιότητα του δικτύου και κατά κάποιες εκτιμήσεις ξεπερνά το 30% του μεταφερόμενου νερού.

Απαιτούνται λοιπόν βιώσιμες λύσεις που θα εξασφαλίζουν τις ανάγκες σε νερό και θα επιτρέπουν την ανάπτυξη των περιοχών αυτών. Η ζήτηση σε νερό στα νησιά του Αιγαίου καλύπτεται κυρίως από γεωτρήσεις εκμετάλλευσης του υπόγειου δυναμικού, που έχουν κατασκευαστεί τόσο από φορείς του δημοσίου (περιφέρειες, δήμοι, κοινότητες) όσο και από ιδιώτες. Το νερό των γεωτρήσεων χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών ύδρευσης, άρδευσης ή μικρών βιομηχανιών και κτηνοτροφίας. Σε νησιά με μικρό αριθμό κατοίκων, γίνεται μεταφορά νερού με πλωτά μέσα με υδροφόρες από την Αττική. Ακόμη, εφαρμόζεται εκτεταμένη εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης για κάλυψη υδρευτικών αναγκών καθώς επίσης γίνεται χρήση λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων. Ιδιαίτερα ελπιδοφόρα λύση, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας, είναι και η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων

λυμάτων, που υπό προϋποθέσεις μπορεί να παρέχει σημαντικές ποσότητες νερού για άρδευση.

Όλες οι λύσεις φυσικά έχουν και μειονεκτήματα. Οι γεωτρήσεις και η άντληση νερού από το έδαφος μπορεί να προκαλέσει την διείσδυση αλμυρού νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Ειδικά στα νησιά του Αιγαίου, λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών και της πολύ συνηθισμένης υδραυλικής επικοινωνίας των υπόγειων υδροφορέων με τη θάλασσα, η υφαλμύρωση είναι πολύ συχνό φαινόμενο. Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στην παράκτια ζώνη είναι ένα φυσικό φαινόμενο, που οφείλεται στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού. Η διαφορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα το αλμυρό νερό να εισέρχεται από κάτω ως βαρύτερο, σχηματίζοντας μια ενδιάμεση υφάλμυρη ζώνη (ζώνη ανάμιξης). Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές, εκτός του ότι είναι λύσεις με μεγάλο κόστος και έντονες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δεν μπορούν να παρέχουν ικανοποιητικές ποσότητες νερού στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου. Η μεταφορά νερού με πλωτά μέσα είναι μια διαδεδομένη και απλοϊκή λύση, ταυτόχρονα όμως είναι και πολύ δαπανηρή, αφού το κόστος ανά κυβικό μέτρο του παρεχόμενου νερού μπορεί να φτάσει και τα 12 €/m<sup>3</sup>. Η αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης των αλάτων από αλατούχα ύδατα τα οποία μπορεί να είναι είτε το αλμυρό νερό της θάλασσας είτε υφάλμυρο νερό από κάποια πηγή. Έχει σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις, ωστόσο, οι αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να καλυφθούν από την ενέργεια που αποθηκεύεται κατά τη λειτουργία του υβριδικού συστήματος. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων απαιτεί τριτοβάθμια επεξεργασία στους βιολογικούς καθαρισμούς και τακτικές δειγματοληψίες για την επίγνωση της ποιότητας των εκροών.

## **1.2 Αντικείμενο της εργασίας**

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της λειτουργίας και της αποδοτικότητας ενός υβριδικού συστήματος ΑΠΕ, το οποίο είναι σε θέση να ικανοποιήσει τις μέρος από τις υπάρχουσες ενεργειακές και υδρευτικές ανάγκες του νησιού, με αυξημένη αξιοπιστία. Η περιοχή όπου μελετάται η ένταξη του συστήματος είναι το νησί της Κω, ένα νησί στα Δωδεκάνησα, με περιορισμένους υδατικούς πόρους και με έντονη διακύμανση των ζητήσεων σε νερό και ενέργεια λόγω της μεγάλης τουριστικής κίνησης. Το υβριδικό σύστημα που μελετάται περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες, ταμειυτήρες, υδροστρόβιλο, αντλιοστάσιο, μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας και μία μονάδα αφαλάτωσης. Σκοπός της εργασίας είναι η πλήρης κατανόηση της διαστασιολόγησης, χωροθέτησης και του τρόπου λειτουργίας ενός υβριδικού ενεργειακού συστήματος. Επιπρόσθετα, στόχος είναι η αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Ακόμη, διερευνάται η λύση της αποθήκευσης περίσσειας ενέργειας σε μπαταρία και η κάλυψη αναγκών ύδρευσης μέσω αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Τέλος, το υβριδικό σύστημα θα αξιολογηθεί και ως προς την συμβολή στην αντικατάσταση σημαντικού μέρους της παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

### 1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η διπλωματική εργασία ξεκινάει με το 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται τα Υβριδικά Συστήματα (ΥΣ), οι μέθοδοι αποθήκευσης ενέργειας και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας από τις οποίες απαρτίζονται τα ΥΣ. Συγκεκριμένα, αναλύεται η λειτουργία των ΥΣ και παρουσιάζονται οι ΑΠΕ και η παραγωγή ενέργειας από κάθε μορφή. Επιπλέον, αναλύεται η διαδικασία της αφαλάτωσης για τη παραγωγή πόσιμου νερού και συγκεκριμένα η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. Η μέθοδος αυτή συνδυάζεται με ΑΠΕ και εντάσσεται στο εξεταζόμενο σύστημα της εργασίας, στο νησί της Κω. Τέλος, γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων, της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και της κατανάλωσης ενέργειας στις εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών.

Κατόπιν, στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση στην Κω. Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται τα ιστορικά, χωροταξικά, γεωμορφολογικά, περιβαλλοντικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται δημογραφικά στοιχεία του νησιού και στοιχεία για το οδικό δίκτυο, τις μεταφορές, την ενέργεια, την ύδρευση, την άρδευση και την επεξεργασία και διαχείριση των λυμάτων στο νησί.

Στη συνέχεια, στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, αναπτύσσεται η τεχνική περιγραφή του μελετώμενου ΥΣ και γίνεται εκτενής παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την προσομοίωση του. Αρχικά, αναφέρονται τα βασικά τεχνικά στοιχεία και οι υποδομές που αποτελούν το υπό μελέτη σύστημα. Περιγράφεται η διαδικασία που προηγείται της προσομοίωσης, δηλαδή η επεξεργασία των ανεμολογικών δεδομένων που λαμβάνονται για την περιοχή μελέτης. Επίσης, εκτιμώνται οι ανάγκες σε ύδρευση για 2000 κατοίκους και ενέργειας για επεξεργασία λυμάτων και η παραγόμενη ενέργεια από τις Α/Γ του ΥΣ. Τέλος, παρουσιάζονται τα υπό μελέτη σενάρια λειτουργίας, τα παραπάνω δεδομένα εισόδου, η διαδικασία προσομοίωσης και τα δεδομένα εξόδου.

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, λαμβάνει χώρα η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του Υβριδικού Συστήματος που μελετάται στην Κω. Όλα τα πλεονεκτήματα καθώς και οι παθογένειες του συστήματος φαίνονται συγκεκριμένο Κεφάλαιο.

Στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική κοστολόγηση του έργου, με σκοπό την αξιολόγηση του από οικονομικής άποψης. Επιπρόσθετα, αναλύονται οι οικονομικές, κυρίως, επιπτώσεις για τον ΤΣΠ της ΔΕΗ στη Κω από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία και το σύστημα εμπορίας εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο 7<sup>ο</sup> και τελευταίο Κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξάγονται τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από κάθε Κεφάλαιο. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα, αναφορικά με την λειτουργία των Υβριδικών Συστημάτων.



## 2 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

### 2.1 Γενικά στοιχεία Υβριδικών Συστημάτων

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική), συνδυαστικά με ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, συνθέτουν ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Προαιρετικά, για αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος και αδιάκοπη τροφοδοσία ενέργειας, προτείνεται ο συνδυασμός συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όταν οι τελευταίες δεν υπερκαλύπτουν τις ανάγκες.

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006 για τις ΑΠΕ, ως ΥΣ ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

1. Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.

2. Η συνολική ενέργεια που κατευθύνεται προς το δίκτυο ετησίως δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας, που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια, που απορροφά ο υβριδικός σταθμός, ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδο της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού και υπολογίζεται για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται διαφορετική τεχνολογία από αυτή των φωτοβολταϊκών (Φ/Β), μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται ετησίως από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

3. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι και 20%.

Όπως γίνεται αντιληπτό, ένα υβριδικό σύστημα στην ουσία είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ζήτηση. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις διάφορες μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ. (Κρούσκα, 2011).

Ο βασικός λόγος εφαρμογής υβριδικών συστημάτων είναι η έντονη διακύμανση στην προσφορά ενέργειας των ΑΠΕ σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος των συστημάτων

αποθήκευσης με συσσωρευτές (μπαταρίες). Η διακύμανση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, λόγω της στοχαστικότητας του ανέμου, καθώς και η απρόβλεπτη παραγωγή ηλιακής ενέργειας, αποτελούν εμπόδια στην εκτεταμένη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα, ιδιαίτερα στις μη διασυνδεδεμένες περιοχές, όπως είναι τα περισσότερα ελληνικά νησιά. Επιπλέον η ζήτηση ενέργειας τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο και κατά τη διάρκεια του χρόνου δεν είναι σταθερή. Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο σε μικρά αυτόνομα συστήματα. Οι διακυμάνσεις στην ενεργειακή ζήτηση σε συνδυασμό με τη διακύμανση των ΑΠΕ, δεν εξασφαλίζει ότι η ζήτηση και η προσφορά ενέργειας θα βρίσκονται σε ισορροπία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα είτε να μην μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφορά, είτε το δίκτυο τροφοδοσίας να μην μπορεί να ανταποκριθεί όταν η προσφορά είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, με αποτέλεσμα ο διαχειριστής τον δικτύου να αναγκάζεται να απορρίψει τη παραγόμενη ενέργεια. Επιπρόσθετα, σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι διασυνδεδεμένο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά ανάλογα με το μέγεθός τους) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ. η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, το φορτίο, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ) (Δ. Παπαντώνης 2009). Λύση σε αυτό το πρόβλημα προσφέρει ως ένα βαθμό ο κατάλληλος συνδυασμός των ΑΠΕ μαζί με κάποιο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες αποθήκευσης, οι οποίες βασίζονται σε διάφορες μορφές ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρονται η αποθήκευση:

- Σε χημική μορφή (μπαταρίες)
- Σε υδραυλική μορφή (συστήματα αντλησιοταμίευσης)
- Σε μηχανική μορφή υπό την μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο.
- Υπό μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου (υπερπυκνωτές)
- Υπό μορφή μαγνητικού πεδίου (υπεραγώγιμοι μαγνήτες)
- Σε δυναμική ενέργεια υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα
- Υπό μορφή υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου)

Η τεχνολογία που θα επιλεγεί σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από την ισχύ του υβριδικού σταθμού, από το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας καθώς και από τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συγκεκριμένα, προτείνονται οι εξής τεχνολογίες αποθήκευσης ανάλογα με την ισχύ του υβριδικού σταθμού: (Κατσαπρακάκης, 2015)

- **Υβριδικά έργα >3 MW:** σταθμοί αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα και αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά
- **Υβριδικά έργα <1 MW:** οι διάφοροι τύποι ηλεκτροχημικών συσσωρευτών, οι σταθμοί συμπιεσμένου αέρα μικρού μεγέθους, οι λεγόμενοι micro CAES και οι κυψέλες καυσίμου, που, πρακτικά, αποτελούν ένα ιδιαίτερο τύπο ηλεκτροχημικής αποθήκευσης
- **Υβριδικά έργα 1 έως 3 MW:** Στην περιοχή αυτή συστημάτων ισχύος, η επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση ενός υβριδικού σταθμού δεν

είναι δεδομένη εκ των προτέρων και χρειάζεται τεχνικοοικονομική ανάλυση για την επιλογή μεθόδου, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Όπως είναι αναμενόμενο, κατά την αποθήκευση υπάρχουν απώλειες ενέργειας, ανάλογα με τη μέθοδο αποθήκευσης. Συνεπώς η ενέργεια που αποδίδεται στους καταναλωτές είναι μικρότερη από την ενέργεια που αποθηκεύεται. Ενδεικτικά, στα συστήματα αντλησιοταμίευσης ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξης του 75% και στις μπαταρίες κυμαίνεται από 70% έως 84%.

Στα υβριδικά συστήματα κυρίως επιλέγεται η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας. Όσον αφορά τη παραγωγή ενέργειας, υπάρχουν διαφορετικοί συνδυασμοί μονάδων ΑΠΕ που μπορούν να εφαρμοστούν στο πλαίσιο ενός υβριδικού συστήματος. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι ο συνδυασμός αιολικών με φωτοβολταϊκά, αιολικά ή/και φωτοβολταϊκά και παράλληλη χρήση μικρών υδροηλεκτρικών κ.ά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει ο συνδυασμός δύο διαφορετικών μορφών ΑΠΕ:

- Της αιολικής ενέργειας (ως μονάδας ΑΠΕ του ΥΣ) και
- Της υδροηλεκτρικής ενέργειας (ως μονάδας παραγωγής και αποθήκευσης του ΥΣ).

Ο αποδοτικός αυτός συνδυασμός των δύο παραπάνω φυσικών πόρων είναι μια αξιόπιστη λύση στο πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, για αυτό και κερδίζει συνεχώς έδαφος σε παγκόσμιο αλλά και σε εθνικό επίπεδο,

## **2.2 Μέθοδος αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας**

Το αποθηκευτικό σύστημα με την κατάλληλη χωρητικότητα αποθήκευσης επιλέγεται ανάλογα με την εφαρμογή και ειδικότερα το μέγεθος της μονάδας. Γενικά, είναι επιθυμητό τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα δίκτυα πρέπει να είναι υψηλού βαθμού απόδοσης, ταχείας απόκρισης, ευέλικτα στη λειτουργία τους με μεγάλη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης αλλά και με χαμηλό κόστος επένδυσης.

Μια τέτοια περίπτωση συστήματος αποθήκευσης που ικανοποιεί τα παραπάνω κριτήρια είναι η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης (Σχήμα 2.1). Πρόκειται για μια ώριμη τεχνολογία για την αποθήκευση ενέργειας. Το σύστημα αυτό μπορεί να αποθηκεύσει τη παραγόμενη σε δεδομένη χρονική στιγμή ενέργεια, για παράδειγμα από Φ/Β ή Α/Γ, όταν αυτή δεν δύναται να απορροφηθεί και να αποδοθεί κάποια άλλη χρονική στιγμή, όταν προκύψει ανάγκη για παροχή ενέργειας. Πλέον έχουν κατασκευαστεί δεκάδες αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά, τα οποία λειτουργούν παγκοσμίως κάτω από εντελώς διαφορετικές συνθήκες, καλύπτοντας ένα πεδίο ισχύος από 5MW έως 2GW. Έτσι, υπάρχει μεγάλη πρακτική εμπειρία σχετικά με τις τεχνικές προδιαγραφές και τις λεπτομέρειες που αφορούν την κατασκευή και τη λειτουργία τους.

Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης ουσιαστικά είναι, ο συνδυασμός αντλητικού σταθμού (αποταμίευση ενέργειας) και υδροηλεκτρικού σταθμού (παραγωγή ενέργειας) και αποτελείται από τα παρακάτω μέρη: (Κάραλης, 2008)

- Δύο δεξαμενές νερού, κατασκευασμένες σε όμορες γεωγραφικές θέσεις, με ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους, συνήθως μερικών εκατοντάδων μέτρων.
- Μια αντλία ή ένα σύστημα αντλιών.
- Έναν υδροστρόβιλο ή ένα σύστημα υδροστροβίλων.
- Ένα σύνολο αγωγών για την άντληση του νερού από την κάτω δεξαμενή στην άνω.
- Ένα σύνολο αγωγών για τη προσαγωγή του νερού από την άνω δεξαμενή στην κάτω μέσω του υδροστροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μια ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια σε κοινή άτρακτο με την αντλία και τον υδροστρόβιλο.



**Σχήμα 2.1** Βασική δομή και λειτουργία ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού.

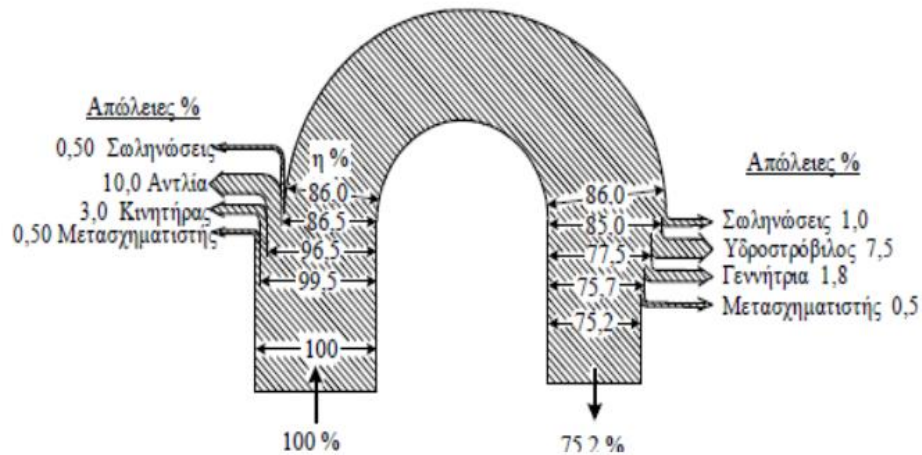
Η φιλοσοφία ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης είναι απλή:

- Απορροφάται η περίσσεια ενέργειας κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης και μετατρέπεται σε υδραυλική ενέργεια, η οποία αποθηκεύεται στον πάνω ταμιευτήρα.
- Αποδίδεται στο δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής η ενέργεια που έχει αποταμιευτεί, ενώ, στις περισσότερες περιπτώσεις, παράγεται και πρωτογενής ενέργεια από την αξιοποίηση των φυσικών εισροών στον άνω ταμιευτήρα. Η εναλλαγή της λειτουργίας τους μεταξύ άντλησης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να συμβαίνει μια ή περισσότερες φορές την ημέρα, μια φορά την εβδομάδα ή μια φορά τον χρόνο.

Φυσικά επισημαίνεται ότι στη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης κατά τη διαδικασία της άντλησης και κατά τη λειτουργία υδροστροβίλων το σύστημα εμφανίζει απώλειες. Οι συνολικές απώλειες σε ένα κύκλο άντλησης-παραγωγής ενέργειας είναι της τάξης του 20-

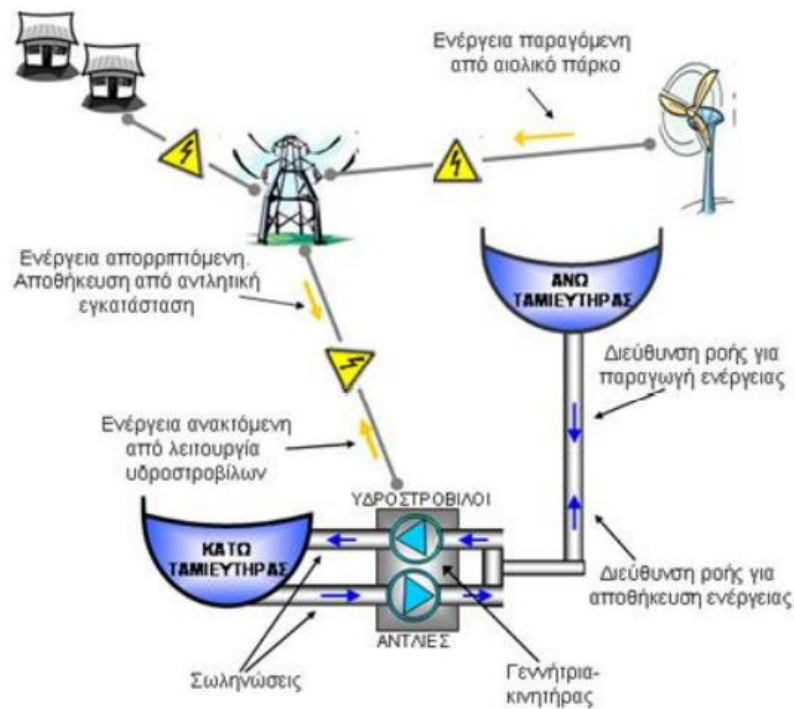
35%, ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και των αγωγών (Σχήμα 2.2). Σε ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης διακρίνονται δυο βασικές σχεδιαστικές εκδοχές, αυτή του μονού αγωγού ή του διπλού:

- Στα συστήματα μονού αγωγού η άντληση και η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνονται από τον ίδιο αγωγό.
- Στα συστήματα διπλού αγωγού η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνεται από δύο ξεχωριστούς και ανεξάρτητους αγωγούς.



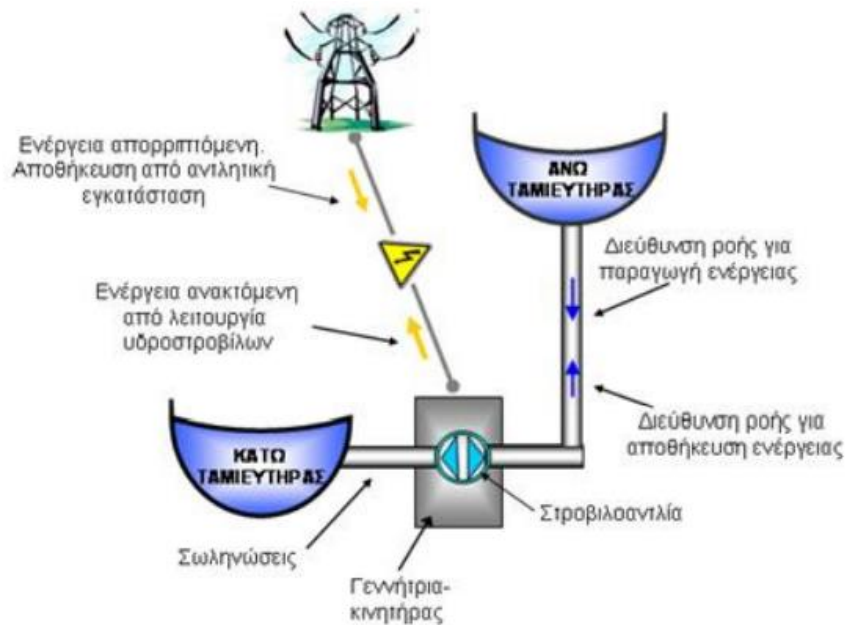
**Σχήμα 2.2** Διάγραμμα απωλειών συστήματος αντλησιοταμίευσης (Πηγή: Παπαντώνης, 2007)

Η εκδοχή του διπλού αγωγού (Σχήμα 2.3) εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία τον στροβίλου με τις αντλίες, ενώ στο σύστημα του απλού αγωγού απαιτείται να καθοριστεί αν έχει προτεραιότητα λειτουργίας ο στροβίλος ή οι αντλίες, με αποτέλεσμα να χάνονται ποσά ενέργειας.



**Σχήμα 2.3** Σύστημα αντλιοσταμίου διπλού αγωγού (Πηγή: Δ. Παπαντώνης, 2007)

Φυσικά, η περίπτωση του μονού αγωγού (Σχήμα 2.4) αποτελεί πιο οικονομική λύση διότι έχει μικρότερο κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, ο εξοπλισμός αποτελείται από μία αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή, την ονομαζόμενη στροβιλοαντλία, η οποία έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί είτε ως αντλία είτε ως στρόβιλος, με μονό αγωγό. Τελικά, ο αλγόριθμος λειτουργίας του υβριδικού σταθμού θα καθορίσει αν θα κατασκευαστούν μία ή δύο ανεξάρτητες σωληνώσεις νερού, μέσω των οποίων θα συνδέονται οι δύο δεξαμενές του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού. Πρέπει να εξεταστεί κατά τη σύνθεση του αλγορίθμου αν θα υπάρχει η ανάγκη για ταυτόχρονη πτώση και άντληση νερού, δηλαδή, για ταυτόχρονη φόρτιση και εκφόρτιση της μονάδας αποθήκευσης.



**Σχήμα 2.4** Διάταξη αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού συστήματος (Πηγή: Παπαντώνης, 2007)

### 2.3 Ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές για την αποθήκευση ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2.1, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης, οι οποίες βασίζονται σε διάφορες μορφές ενέργειας. Μία ώριμη τεχνολογία αποθήκευσης με χαμηλό κόστος εγκατάστασης είναι οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές.

Ένας ηλεκτροχημικός συσσωρευτής είναι μία συσκευή αποθήκευσης ενέργειας, σχεδιασμένη για να:

- Μετατρέπει την αποθηκευμένη σε αυτήν χημική ενέργεια σε ηλεκτρική κατά την περίοδο εκφόρτισης.
- Μετατρέπει την παρεχόμενη σε αυτήν ηλεκτρική ενέργεια σε χημική και να την αποθηκεύει κατά την περίοδο φόρτισης.

Ειδικότερα, παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον από κατασκευαστές και ερευνητές για αποθήκευση ενέργειας από ΑΠΕ σε συσσωρευτές νατρίου – νικελίου – χλωρίου (NaNiCl). Οι συσσωρευτές αυτοί αναπτύχθηκαν αρχικά για τη χρήση σε ηλεκτρικά κινούμενα οχήματα. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν διάφοροι τύποι συσσωρευτών. Ως αποτέλεσμα της ανωτέρω έρευνας και ανάπτυξης είναι η κατασκευή προηγμένων τύπων μεταλλικών συσσωρευτών νατρίου. Η θερμοκρασία λειτουργίας των συσσωρευτών NaNiCl είναι της τάξης των 300 °C, με ηλεκτρολύτη σε υγρή μορφή. Χαρακτηρίζονται από υψηλή πυκνότητα ενέργειας. Το υγρό νάτριο χρησιμοποιείται ως το αρνητικό ηλεκτρόδιο, ενώ το ρόλο του θετικού ηλεκτροδίου τον έχει το νικέλιο κατά τη φόρτιση και το χλώριο κατά την εκφόρτιση. Οι συσσωρευτές NaNiCl χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υποβρύχιας παροχής ισχύος, σε στρατιωτικές χρήσεις, σε εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνίας και στην υποστήριξη της ένταξης μονάδων ΑΠΕ σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (Κατσαπρακάκης, 2015).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε με επιτυχία στο έργο TILOS, που αποτελεί πρωτοποριακό Ευρωπαϊκό έργο. Στόχος του έργου ήταν η ενεργειακή αυτονομία του νησιού της Τήλου μέσω της ανάπτυξης και λειτουργίας του πρώτου έξυπνου ηλεκτρικού μικροδικτύου. Στο έργο TILOS, στο οποίο συμμετείχαν 13 εταιρείες από 7 ευρωπαϊκές χώρες, εφαρμόστηκε ως μέθοδος αποθήκευσης συσσωρευτές NaNiCl χωρητικότητας 2,88 MWh και ισχύος 800 kW ([www.tiloshorizon.eu](http://www.tiloshorizon.eu)).

## 2.4 Πλεονεκτήματα και οφέλη από τη κατασκευή ενός υβριδικού συστήματος

Τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης μπορούν να λειτουργήσουν εξαιρετικά συνδυαζόμενα με ΑΠΕ αποθηκεύοντας πάντα περίσσεια παραγόμενης ενέργειας ή ενέργειας που δεν μπορεί να απορροφηθεί απευθείας από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, εξασφαλίζεται η αξιοπιστία του συστήματος για τη κάλυψη των μεγάλων αναγκών σε ενέργεια σε ένα μη διασυνδεδεμένο νησί του Αιγαίου.

Το ΥΣ που αναλύεται στην παρούσα εργασία έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχει γρήγορη απόκριση και εύκολη διαχείριση. Οι αιχμές του δικτύου καλύπτονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο από τον διαχειριστή του δικτύου, διότι υπάρχει η δυνατότητα γρήγορης παραλαβής και γρήγορης απόρριψης φορτίου πολύ μεγάλης ισχύος.
- Είναι αναστρέψιμη μέθοδος (αποθήκευση και τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου).
- Έχει σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε ένα πλήρη κύκλο ως μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας.
- Είναι τεχνολογικά ώριμη ιδέα.
- Συμβάλλει στην περαιτέρω διεύθυνση των ΑΠΕ. Η έντονη διακύμανση προσφοράς ενέργειας από ΑΠΕ που προκαλεί αστάθεια στο δίκτυο εξισορροπείται από ένα ΥΣ. Επιπρόσθετα, αυξάνεται η αξιοπιστία στην κάλυψη πάγιων ενεργειακών αναγκών.
- Συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και του ενεργειακού εφοδιασμού απομακρυσμένων νησιών που δεν είναι διασυνδεδεμένα.

Φυσικά ένα υβριδικό σύστημα είναι εξοπλισμένο και από μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη ζήτησης ισχύος σε περιόδους που είναι αδύνατον να καλυφθεί από τις μονάδες βάσης ή τις μονάδες αποθήκευσης. Μονάδα εφεδρείας στα νησιά του Αιγαίου μπορεί να αποτελέσει ο τοπικός σταθμός παραγωγής της ΔΕΗ. Συνεπώς, σε περιπτώσεις υψηλών ενεργειακών ζητήσεων, οι οποίες είναι αδύνατον να καλυφθούν εξ ολοκλήρου από ΑΠΕ, ή σε στιγμές χαμηλής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ο θερμικός σταθμός καλύπτει το υπόλοιπο της ενεργειακής ζήτησης. Γίνεται αντιληπτό ότι σε ένα βαθμό γίνεται μερική ανεξάρτηση από τον τοπικό σταθμό παραγωγής που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα και μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων σε ένα σύστημα.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα φυσικά απαιτούν κατάλληλη χωροθέτηση και κατασκευή των τεχνικών έργων και μετέπειτα σωστό τρόπο λειτουργίας. Το ΥΣ που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη για το νησί της Κω, αναμένεται να έχει τα εξής οφέλη:



- Σημαντική και σταθερή προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Περιορισμός της λειτουργίας του θερμικού σταθμού της ΔΕΗ με αποτέλεσμα τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και των αντίστοιχων κομίστρων προς την ΕΕ.
- Αναβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδατικών πόρων αφού θα γίνει περιορισμός της υπεράντλησης, που είχε ως συνέπεια την υφαλμύρωση του υπόγειου νερού.
- Προσφορά σημαντικών ποσοτήτων πόσιμου αφαλατωμένου νερού σε σταθερή βάση.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο νησί, κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.

## 2.5 Υβριδικά συστήματα με χρήση θαλασσινού νερού

Τα υβριδικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας κατά κανόνα χρησιμοποιούν γλυκό νερό, είτε ποταμών είτε λιμνών. Όταν αυτό όμως δεν είναι εφικτό λόγω ανεπάρκειας γλυκού νερού, υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής παραθαλάσσιων υβριδικών συστημάτων, ώστε να αξιοποιείται το θαλασσινό νερό για την αποθήκευση. Στα νησιά του Αιγαίου ως γνωστόν, λόγω περιβαλλοντικών και κλιματικών χαρακτηριστικών, τα υδατικά αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Έτσι, για ένα υβριδικό σύστημα, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, είναι απαραίτητη η χρήση θαλασσινού νερού κατά την εφαρμογή της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης

Η χρήση θαλασσινού νερού έχει τα εξής πλεονεκτήματα: (Κρούσκα, 2011)

1. Με τη χρήση θαλασσινού νερού δεν είναι απαραίτητη η κατασκευή κάτω ταμιευτήρα για αποθήκευση του νερού που διέρχεται από τον υδροηλεκτρικό σταθμό. Έτσι, εξοικονομείται μεγάλο κεφάλαιο από το αρχικό κόστος κατασκευής των έργων Πολιτικού Μηχανικού (μπορεί να αντιστοιχούν και στο 60-70% της επένδυσης).
2. Από ενεργειακής άποψης, τα υδροηλεκτρικά έργα άντλησης θαλασσινού νερού είναι πιο ευέλικτα καθώς δεν υπάρχει διακύμανση στάθμης στον «κάτω» ταμιευτήρα. Το εύρος της διακύμανσης του κάτω ταμιευτήρα δημιουργεί προβληματισμούς όσον αφορά το υψόμετρο τοποθέτησης της υδροληψίας, τη βύθιση των μηχανών (λόγω σπηλαίωσης) και τον τρόπο απόρριψης του νερού. Εφόσον, στα συγκεκριμένα συστήματα, ως κάτω ταμιευτήρας χρησιμοποιείται η θάλασσα, δεν υπάρχουν τέτοιοι προβληματισμοί και η ενεργειακή μελέτη του έργου γίνεται πιο απλή.
3. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα κατασκευής μονάδων μεγάλης κλίμακας (μεγάλης ισχύος και σημαντικού όγκου αποθήκευσης), καθώς δεν υπάρχουν περιορισμοί στον όγκο που περιλαμβάνει ο κάτω ταμιευτήρας. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι άνω δεξαμενή, τόσο μεγαλύτερης κλίμακας είναι το έργο.
4. Υπάρχει σημαντικό πλεονέκτημα στο σχεδιασμό των υδροδυναμικών μηχανών που χρησιμοποιούνται, καθώς δεν υπάρχει διακύμανση στη στάθμη του νερού στον κάτω ταμιευτήρα (θάλασσα).

5. Έχουν μικρότερες απώλειες, άρα και χαμηλότερο κόστος, μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς συνήθως βρίσκονται κοντά σε μονάδες παραγωγής μεγάλης κλίμακας, όπως θερμοηλεκτρικές μονάδες.
6. Τέλος, υπάρχει ευελιξία στην χωροθέτηση της εγκατάστασης. Μπορούν να εγκατασταθούν κοντά σε κατοικημένες περιοχές και αστικά κέντρα, όπου κατεξοχήν υπάρχει μεγάλη ζήτηση ενέργειας, και κατά συνέπεια μειώνεται πολύ το κόστος διασύνδεσης και μειώνονται οι απώλειες του δικτύου μεταφοράς.

Φυσικά, η χρήση θαλασσινού νερού έχει ιδιαιτερότητες. Κάποια από τα πιθανά προβλήματα, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό, είναι τα εξής:

- Περιβαλλοντικής φύσεως

1. Θα πρέπει να γίνει ορθός σχεδιασμός για την πρόληψη της διήθησης θαλασσινού νερού από τον ταμιευτήρα στα υπόγεια υδατικά αποθέματα νερού. Ανάλογα με της τοπογραφικές, γεωλογικές και μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, η διήθηση του νερού στο υπέδαφος μπορεί να προκαλέσει έντονες επιπτώσεις λόγω του άλατος στην περιβάλλουσα χλωρίδα.
2. Οι επιπτώσεις στη πανίδα γύρω από την περιοχή λόγω της ύπαρξης θαλασσινού νερού. Το νερό στον άνω ταμιευτήρα μπορεί να διαχέεται στο γειτονικό περιβάλλον λόγω ανέμων ή λόγω της γεωμορφολογίας, συνεπώς επιβάλλεται να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε η πανίδα της περιοχής να μην έρχεται σε επαφή με το θαλασσινό νερό.
3. Οι επιπτώσεις σε κοράλλια και άλλους θαλάσσιους οργανισμούς που ζουν κοντά στην έξοδο του νερού στη θάλασσα. Η απόρριψη και η άντληση νερού από τη θάλασσα κατά τη λειτουργία του ΥΣ μπορεί να επηρεάσει τα τοπικά ρεύματα και να αλλάξει τις παράκτιες συνθήκες, με αποτέλεσμα την όχληση των θαλάσσιων οργανισμών.

- Τεχνικής φύσεως

1. Η προσκόλληση θαλάσσιων οργανισμών στους αγωγούς και το στρόβιλο ενδέχεται να προκαλέσει μείωση της απόδοσης παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την αντλησιοταμίευση. Στην εκτιθέμενη στο νερό επιφάνεια της υδροληψίας, του αγωγού προσαγωγής, του κελύφους της μηχανής και του αγωγού φυγής ενδέχεται να προσκολληθούν θαλάσσιοι οργανισμοί, όπως φύκια και οστρακοειδή. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί μείωση της διατομής των αγωγών και αύξηση της τραχύτητας. Έτσι, αυξάνονται οι υδραυλικές απώλειες, μειώνεται το καθαρό ύψος πτώσης και ελαττώνεται η αποδοτικότητα του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου.

2. Η διάβρωση των μεταλλικών υλικών που έρχονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό υπό την υψηλή πίεση και υψηλή ταχύτητα ροής που δημιουργείται από το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό έργο. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ο εξοπλισμός που έρχεται σε επαφή με το νερό (αναστρέψιμη μηχανή και αγωγοί), θα πρέπει να σχεδιαστεί με αντιδιαβρωτικά υλικά. Η αποτελεσματικότητα των αντιδιαβρωτικών ιδιοτήτων πρέπει να εξασφαλίζεται, όχι μόνο όσον αφορά στην αντίσταση σε διάβρωση αλλά επιπλέον στην αντοχή, την εύκολη συντήρηση καθώς και την οικονομική απόδοση.

## 2.6 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα υβριδικά συστήματα

### 2.6.1 Αιολική Ενέργεια

Αιολική ενέργεια ορίζεται ως η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Παρατηρείται λοιπόν ότι η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Ο άνεμος αποτελεί ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς κατά τη λειτουργία οι εκπομπές ρύπων είναι μηδενικές.

Λόγω της προόδου που έχει επιτευχθεί τις τελευταίες δεκαετίες στο σχεδιασμό των αεροπορικών πτερυγίων και ελίκων, οι Α/Γ έχουν ειδικό αεροδυναμικό σχεδιασμό. Μια τυπική ανεμογεννήτρια σήμερα είναι οριζόντιου άξονα, με ισχύ από 0,8 έως και 5 MW. Στην Ευρώπη, συναντώνται αιολικές εγκαταστάσεις της τάξεως των 20 έως 50 MW, ενώ στην Αμερική και την Κίνα υπάρχουν εγκαταστάσεις με ισχύ μεγαλύτερη από 300 MW. Η διαφορά αυτή στα μεγέθη οφείλεται στη γεωμορφολογία της Ευρώπης και στον χωροταξικό της σχεδιασμό. Αυτός είναι και ο λόγος που η Ευρώπη πρωτοπορεί στα επιθαλάσσια αιολικά πάρκα (off-shore).

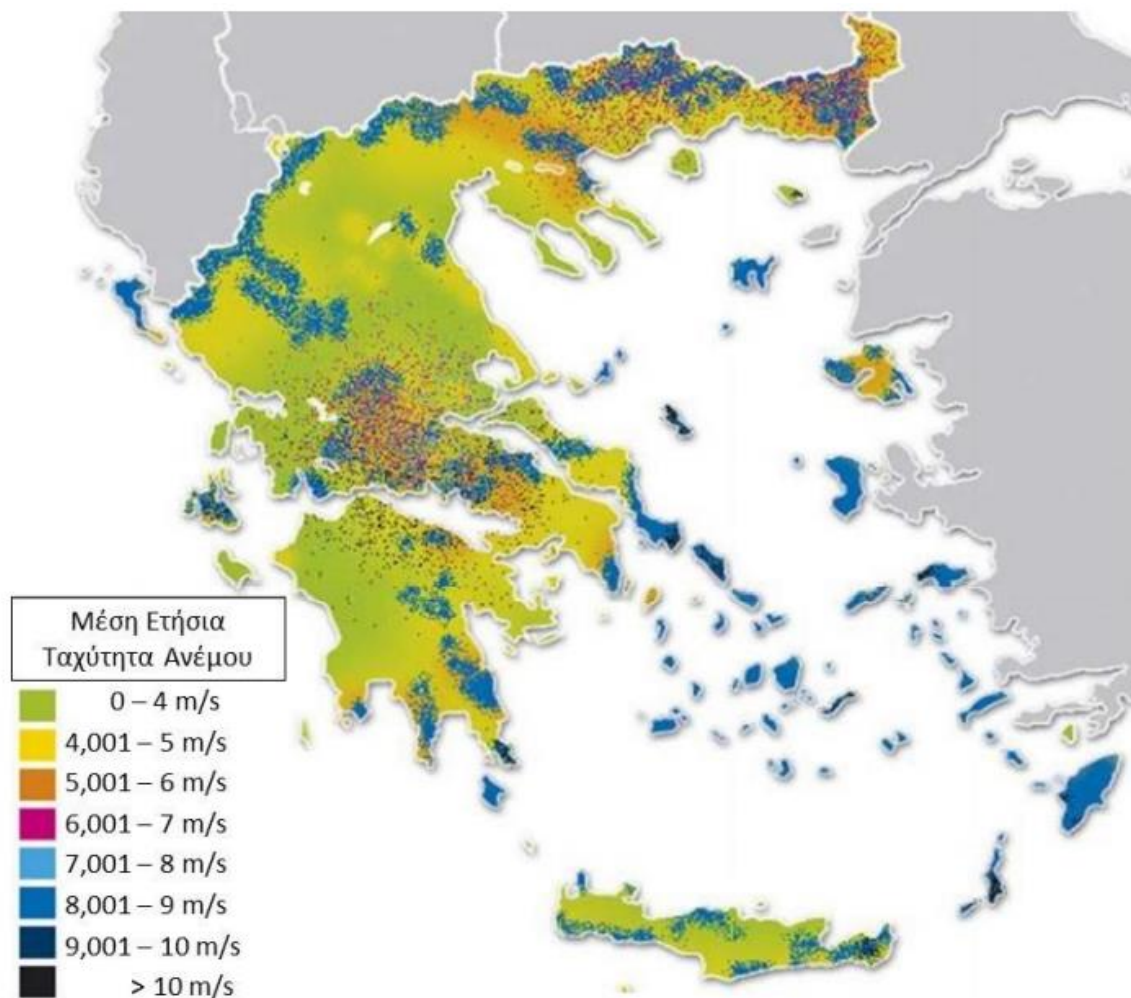
Η κύρια παράμετρος για την αποτελεσματική ενεργειακή προσφορά του ανέμου είναι η ταχύτητά του. Οι Α/Γ αξιοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντας την αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, με απώτερο σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για να αξιολογηθεί μία ενδεχόμενη αιολική εγκατάσταση ως επαρκώς αποτελεσματική, θα πρέπει να υπάρχει ισχυρό αιολικό δυναμικό, το οποίο καθορίζεται από τη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε μία περιοχή. Πηγές πληροφόρησης για το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής προέρχονται κυρίως από τους χάρτες αιολικού δυναμικού-ΚΑΠΕ, από την ΕΜΜΥ, από μετρήσεις αιολικού δυναμικού και από μακροσκοπικά μοντέλα μετεωρολογικών προβλέψεων.

Για το αιολικό δυναμικό, έχει καθιερωθεί η παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- Ανεπαρκές: < 4 m/s

- Χαμηλό: 4-5.5 m/s
- Μέσο: 5.5-7 m/s
- Υψηλό: 7-9 m/s
- Πολύ υψηλό: >9 m/s

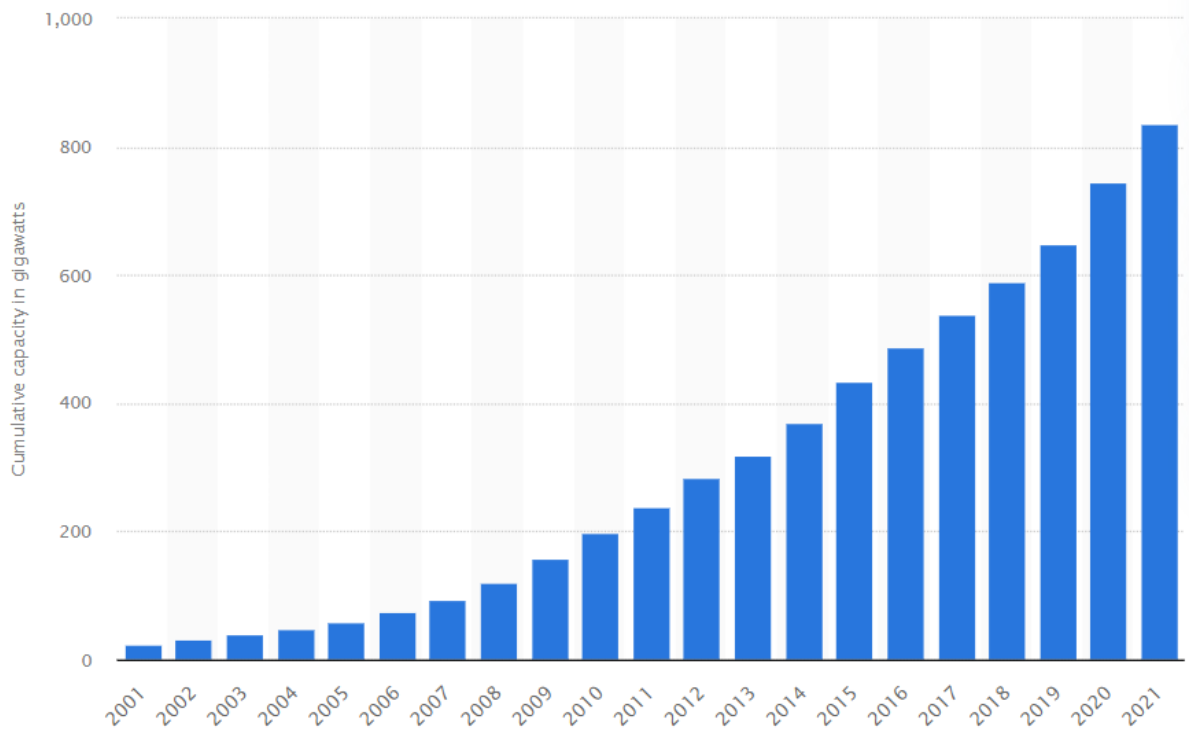
Συγκεκριμένα, η εγκατάσταση Α/Γ παρουσιάζει επενδυτικό ενδιαφέρον σε περιοχές τουλάχιστον μέσου αιολικού δυναμικού >5.5 m/s. (Κατσίγιαννης, 2019). Τα ελληνικά νησιά έχουν αναγνωριστεί παγκοσμίως για το υψηλό αιολικό δυναμικό που διαθέτουν. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 2.5, όλα τα νησιά του Αιγαίου έχουν πλούσιο αιολικό δυναμικό, στα οποία συγκαταλέγεται και το νησί της Κω.



**Σχήμα 2.5** Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/s) (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2013)

Για την αξιολόγηση της χωροθέτησης Α/Γ πέραν του αιολικού δυναμικού, πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το υπάρχον οδικό δίκτυο και η προσβασιμότητα της περιοχής. Θα πρέπει να αξιολογηθεί από οικονομικούς και περιβαλλοντικούς όρους η δημιουργία νέων δρόμων και να ληφθούν υπόψιν οι τοπικές συνθήκες και οι ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Είναι επιθυμητό να μη δημιουργείται οπτική όχληση στους κατοίκους της περιοχής και να μην

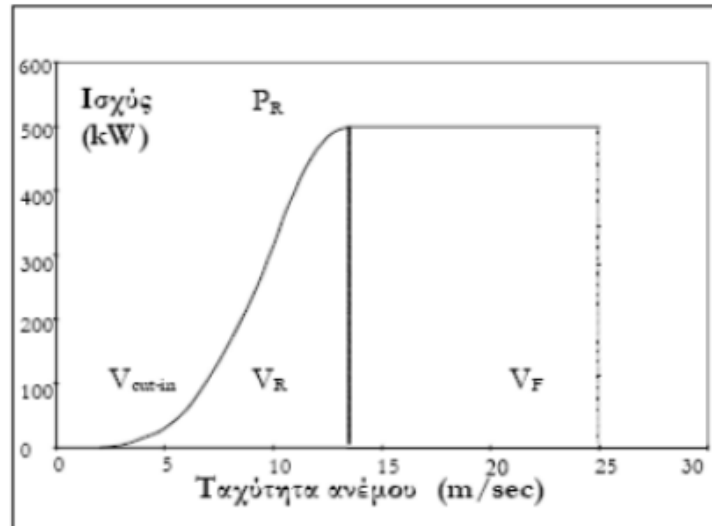
δημιουργείται αρνητικό αισθητικό αντίκτυπο, σεβόμενοι το φυσικό τοπίο την ομορφιά των ελληνικών νησιών και τη χλωρίδα και πανίδα κάθε περιοχής. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των Α/Γ, οδηγούν στον θάνατο πουλιών και στην υποβάθμιση των ενδιατημάτων (Αναγνωστοπούλου κ.ά, 2008). Λόγω των παραπάνω, η νομοθεσία απαγορεύει την κατασκευή αιολικών πάρκων σε περιοχές προστασίας πουλιών, περιοχές RAMSAR ή ευαίσθητες οικολογικά περιοχές. Παρόλο που η χωροθέτηση Α/Γ έχει αρκετούς περιορισμούς που ολοένα και αυξάνονται, η εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας από το 2001 και μετά είναι συνεχώς αυξητική παγκοσμίως (Σχήμα 2.6).



**Σχήμα 2.6** Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύς (GW) αιολικής ενέργειας (2001-2021) (Πηγή: [www.statista.com](http://www.statista.com))

Η παραγωγή ισχύος από μια Α/Γ όπως προαναφέρθηκε καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου. Χαρακτηρίζεται από μια καμπύλη ισχύος (Σχήμα 2.7), που εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της Α/Γ. Η καμπύλη ισχύος παρέχεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή και χαρακτηρίζεται από τρεις τιμές ταχύτητας:

- Την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας ( $V_{cut-in}$ ), όπου η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει ρεύμα
- Την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας ( $V_f$ ), όπου η Α/Γ τίθεται εκτός λειτουργίας για να προστατευτεί από ταχύτητες επικύνδυνες για την ακεραιότητά της.
- Την ονομαστική ταχύτητα ( $V_R$ ) που είναι η μικρότερη ταχύτητα για την οποία η Α/Γ παράγει την ονομαστική της ισχύ  $P_R$

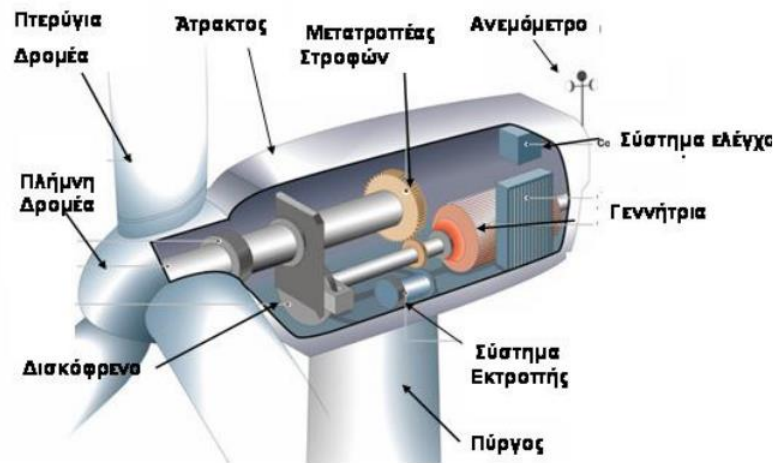


**Σχήμα 2.7** Καμπύλη ισχύος Α/Γ (Πηγή: Μιχελακάκης, 2011)

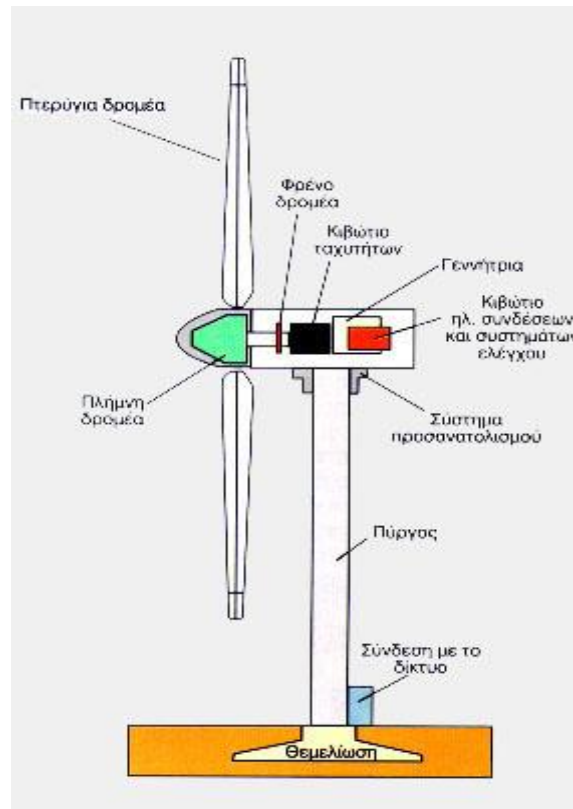
Λόγω μηχανικών απωλειών, η παραγόμενη ενέργεια από την Α/Γ όπως υπολογίζεται από την καμπύλη ισχύος, θα πρέπει να απομειωθεί κατά ένα ποσοστό, της τάξεως του 10%.

Τα βασικά τμήματα μιας Α/Γ οριζώντιου άξονα είναι (Σχήμα 2.8, Σχήμα 2.9):

- **Δρομέας**  
Αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια και την πλήμνη πάνω στην οποία στηρίζονται τα πτερύγια. Η πλήμνη είναι συνδεδεμένη με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα.
- **Άτρακτος**  
Περιλαμβάνει τον μετατροπέα στροφών, τη γεννήτρια, ένα υδραυλικό φρένο, το σύστημα εκτροπής και το σύστημα ελέγχου. Το υδραυλικό φρένο ενεργοποιείται όταν επενεργούν στην Α/Γ πολύ ισχυροί άνεμοι, ώστε να σταματήσει ο δρομέας και να προστατευτεί. Το σύστημα ελέγχου συντονίζει και ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της Α/Γ φροντίζοντας για την σωστή και απρόσκοπτη λειτουργία της.
- **Πύργος**  
Στηρίζει ολόκληρη την ηλεκτρομηχανολογική κατασκευή και στο εσωτερικό του βρίσκονται τα ηλεκτρικά καλώδια μεταφοράς της παραγόμενης ισχύος από τη γεννήτρια στο μετασχηματιστή και η σκάλα για την πρόσβαση στην άτρακτο.



Σχήμα 2.8 Τομή Α/Γ οριζόντιου άξονα



Σχήμα 2.9 Μέρη Α/Γ σε τομή (Πηγή: ΚΑΠΕ)

### 2.6.2 Ηλιακή ενέργεια – Φωτοβολταϊκά συστήματα

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και οι διάφορες ακτινοβολίες ή η ενέργεια ακτινοβολίας. Αφού προέρχεται από τον ήλιο, για την

ηλιακή ενέργεια θεωρητικά δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από την ηλιακή δραστηριότητα, από το χρόνο (ώρα, ημέρα) και το γεωγραφικό πλάτος. Εξαρτάται ακόμη από την νεφοκάλυψη και τη δομή της ατμόσφαιρας. Τέλος ένας ακόμη παράγοντας που επιδρά στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ανάγλυφο του εδάφους και η ανακλαστικότητα της επιφάνειας. (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι:

- Το ηλεκτρικό πλαίσιο ή αλλιώς φωτοβολταϊκό. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Βρίσκουν εφαρμογή στις στέγες ιδιωτικών κατοικιών καθώς και σε προσόψεις μεγάλων κτιρίων, συνδεδεμένα στο δίκτυο ή ακόμη ως μέρη αυτόνομων κατοικιών.
- Το θερμικό πλαίσιο, το οποίο αποκαλείται ηλιακός συλλέκτης ή ηλιακός θερμοσίφωνας. Η λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών είναι η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα, η οποία έπειτα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση είτε νερού χρήσης είτε και χώρων. Βρίσκουν εφαρμογή ως ηλιακοί θερμοσίφωνες σε μεμονωμένες κατοικίες αλλά και σαν ηλιακοί φούρνοι και τμήματα ηλιακών πύργων για τη θέρμανση μεγάλων κτιρίων ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Στα θετικά των ηλεκτρικών πλαισίων είναι ότι δεν εκπέμπουν ρύπους, έχουν μικρό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, ενώ είναι ευέλικτα σε εφαρμογές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά πάρκα είτε ως συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο κατοικίας. Παρόλο που το κόστος εγκατάστασης τους είναι αρκετά υψηλό και η απόδοση που παρουσιάζουν αρκετά χαμηλή, η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων έχει αυξηθεί παγκοσμίως μέσω επιχειρησιακών προγραμμάτων ανάπτυξης για διείσδυση και προώθηση των ΑΠΕ (Ρίτπη, 2013). Ιδιαίτερα σε χώρες πλούσιες σε ηλιακή ακτινοβολία όπως η Ελλάδα τα φωτοβολταϊκά μπορούν να αποτελέσουν έναν από τους πρωταγωνιστές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ.

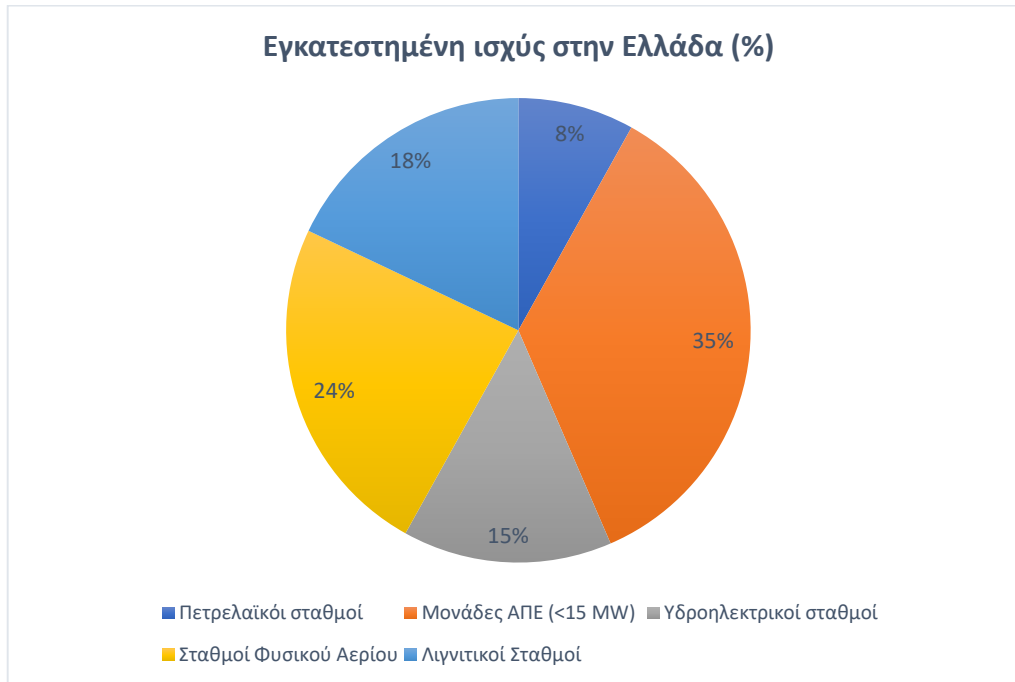
### *2.6.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια*

Υδροηλεκτρική ενέργεια ορίζεται ως η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του τρεχούμενου νερού με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια που σχετίζεται με το νερό εκδηλώνεται με τρεις τρόπους: ως δυναμική ενέργεια, ως ενέργεια υπό πίεση (υδραυλική ενέργεια) και ως κινητική ενέργεια. Η ενέργεια σε ένα υδροηλεκτρικό σύστημα ξεκινάει ως δυναμική ενέργεια λόγω της συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων νερού, σε στάθμη υψηλότερη από αυτή των υδροστροβίλων. Το νερό που ρέει υπό πίεση (υδραυλική ενέργεια) στον αγωγό πτώσης, όταν ελευθερώνεται στον υδροστρόβιλο, είναι ικανό να παράγει έργο μέσω της περιστροφής του υδροστροβίλου. Τελικά, μέσω γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Το σύνολο των έργων και του ηλεκτρομηχανολογικού



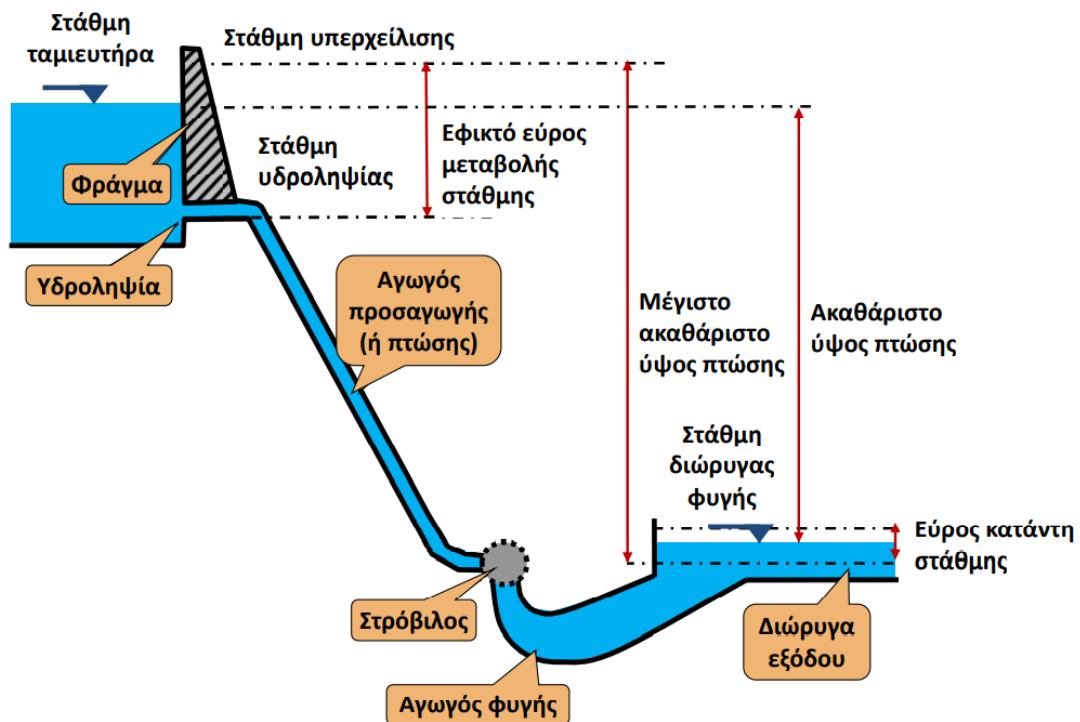
εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η παγκόσμια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται στις 3.142 TWh, δηλαδή το 16,6% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής που ανέρχεται στις 18.930 TWh. Για το έτος 2020, η εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς στην Ελλάδα συμμετείχε στο 15% της ηλεκτρικής παραγωγής, ήτοι 3170 MW εκ του συνόλου που ήταν 21,74 GW (Σχήμα 2.10).



**Σχήμα 2.10** Εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα (έτος 2020) (Πηγή: Δούλος, 2020)

Τα κυριότερα κατασκευαστικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το φράγμα ή η δεξαμενή νερού που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού, η περιοχή υδροληψίας, από την οποία γίνεται η εισροή νερού και στην οποία απομακρύνονται τα ογκώδη στερεά (όπως πέτρες, βράχοι κλπ.) με την βοήθεια σχαρών και επιτυγχάνεται η ομαλή είσοδος του νερού, ο αγωγός πτώσης που οδηγεί το νερό από την αποθηκευτική δεξαμενή στους υδροστροβίλους και ο υδροηλεκτρικός σταθμός με όλο τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Μετά τον στρόβιλο ακολουθεί ο αγωγός φυγής που καταλήγει τελικά στην διώρυγα εξόδου (Σχήμα 2.11).



**Σχήμα 2.11** Βασικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού έργου (Πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., 2020)

Τα πλεονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έργων είναι πολλά και γι' αυτό άλλωστε η ανάπτυξη τους είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη μορφή ΑΠΕ παγκοσμίως. Συγκεκριμένα ως προς τα ενεργειακά τους χαρακτηριστικά:

- Έχουν την δυνατότητα για αποθήκευση ενέργειας (απορροή ποταμού).
- Η παραγωγή ενέργειας είναι ελεγχόμενη, διαχειρίσιμη και άμεσα διαθέσιμη, σε αντίθεση με κάθε άλλη ΑΠΕ.
- Αποτελούν βέλτιστη επιλογή για την κάλυψη αιχμών της ζήτησης.
- Διαθέτουν ταχύτατη παραλαβή και απόρριψη φορτίου.
- Έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης (υπερτερεί έναντι όλων των συμβατικών πηγών και ΑΠΕ).
- Διαθέτουν μεγάλη αξιοπιστία υδροστροβίλων.
- Παράγουν ενέργεια χωρίς διακυμάνσεις.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (συμβατικός ωφέλιμος χρόνος ζωής 100 έτη).
- Έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Επιπλέον, πέρα από τα ενεργειακά τους οφέλη:

- Προσφέρουν αντιπλημμυρική προστασία (ολική ή μερική ανάσχεση πλημμυρικών παροχών).
- Συνεισφέρουν στην ενδεχόμενη απαίτηση για ύδρευση ή άρδευση.
- Διαμορφώνουν νέο φυσικό περιβάλλον (δημιουργία λίμνης και υδροβιότοπου), το οποίο μπορεί να αναβαθμίσει τουριστικά μια περιοχή και να αποτελέσει πόλο έλξης.

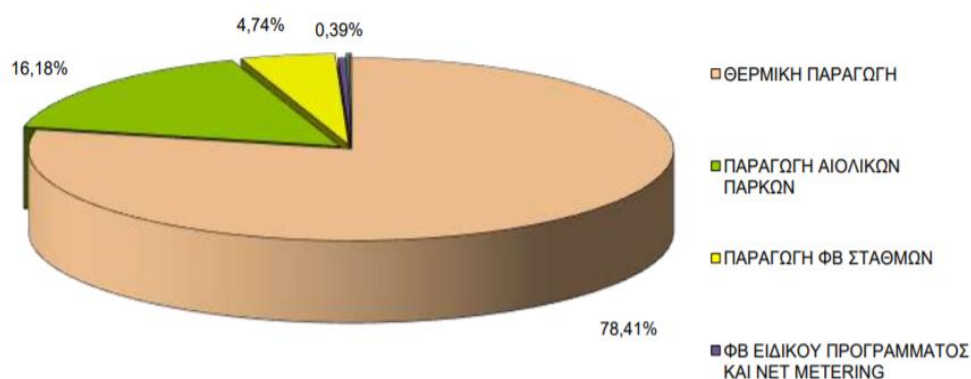
- Δεν εκπέμπονται ρύποι κατά τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Παρόλα αυτά, η κατασκευή και η λειτουργία ενός τέτοιου έργου ακολουθείται και από τις εξής περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Ευστρατιάδης κ.ά., 2019):

- Διαφοροποιείται σημαντικά η φυσική υδρολογική δίαιτα του ποταμού. Για αυτό τον λόγο στα φράγματα πάντα υπάρχει πρόβλεψη για οικολογική παροχή νερού κατάντη του ταμιευτήρα.
- Διακόπτεται η συνέχεια του ποταμού στο τμήμα μεταξύ φράγματος και ΥΗΣ.
- Παρεμποδίζεται η κυκλοφορία ψαριών. Για αυτό τον λόγο κατασκευάζονται ειδικές δίοδοι για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία τους.
- Αλλάζει το οικοσύστημα από ποτάμιο σε λιμναίο.
- Προκαλείται αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων της στάθμης. Για αυτό και μπορεί να τίθενται όρια κατώτατης και ανώτατης στάθμης στον ταμιευτήρα, όπως αυτό συμβαίνει στην τεχνητή λίμνη Πλαστήρα.

#### 2.6.4 Στοιχεία παραγωγής ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος

Από τα μηνιαία στοιχεία παραγωγής στα μη-διασυνδεδεμένα νησιά που εκπονεί η Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων (Δ.Δ.Ν.) του ΔΕΔΔΗΕ, συλλέχτηκαν οι παρακάτω σημαντικές πληροφορίες που αφορούν την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος. Στο Σχήμα 2.12 φαίνεται η συνολική παραγωγή ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ενδεικτικά για τον Μάρτιο του 2021.



**Σχήμα 2.12** Συνολική Παραγωγή Ενέργειας για τον Μάρτιο 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

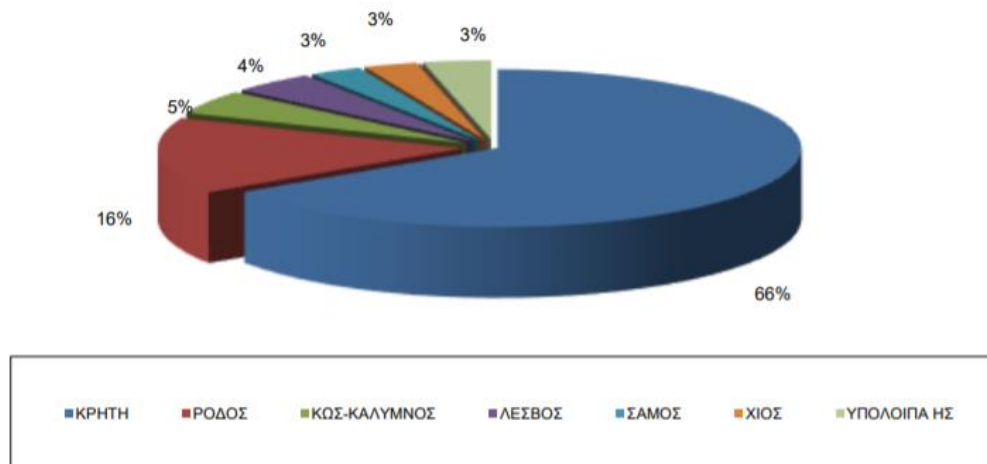
Στο παρακάτω Πίνακα 2.1 παρατηρείται ότι η Κως είχε τον Μάρτιο του 2021 εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στα 24,38 MW, εκ των οποίων τα 15,20 MW είναι από αιολικά πάρκα και 8,78 MW από φωτοβολταϊκά.

**Πίνακας 2.1** Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος Μονάδων ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)			
	Α/Π	ΦΒ ***	ΜΥΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	203,29	78,29	0,30	282,88*
ΡΟΔΟΣ	48,55	18,16		66,71
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	15,20	8,78		24,38
ΛΕΣΒΟΣ	13,95	8,84		22,79
ΣΑΜΟΣ	8,75	4,37		13,12
ΧΙΟΣ	8,85	5,17		14,02
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ	11,16	6,14		19,85
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>309,75</b>	<b>129,75</b>	<b>0,30</b>	<b>443,75</b>

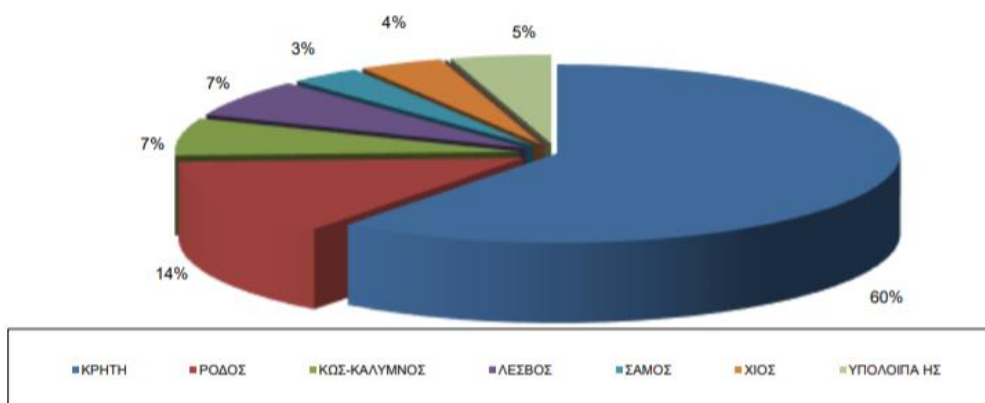
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.13, η εγκατεστημένη ισχύς σε Α/Γ στη Κω αποτελεί το 5% της συνολικής ισχύος στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.14 τα Φ/Β της Κω αποτελούν το 7% του συνολικής εγκατεστημένης ισχύος.

**91 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 309,75 MW**



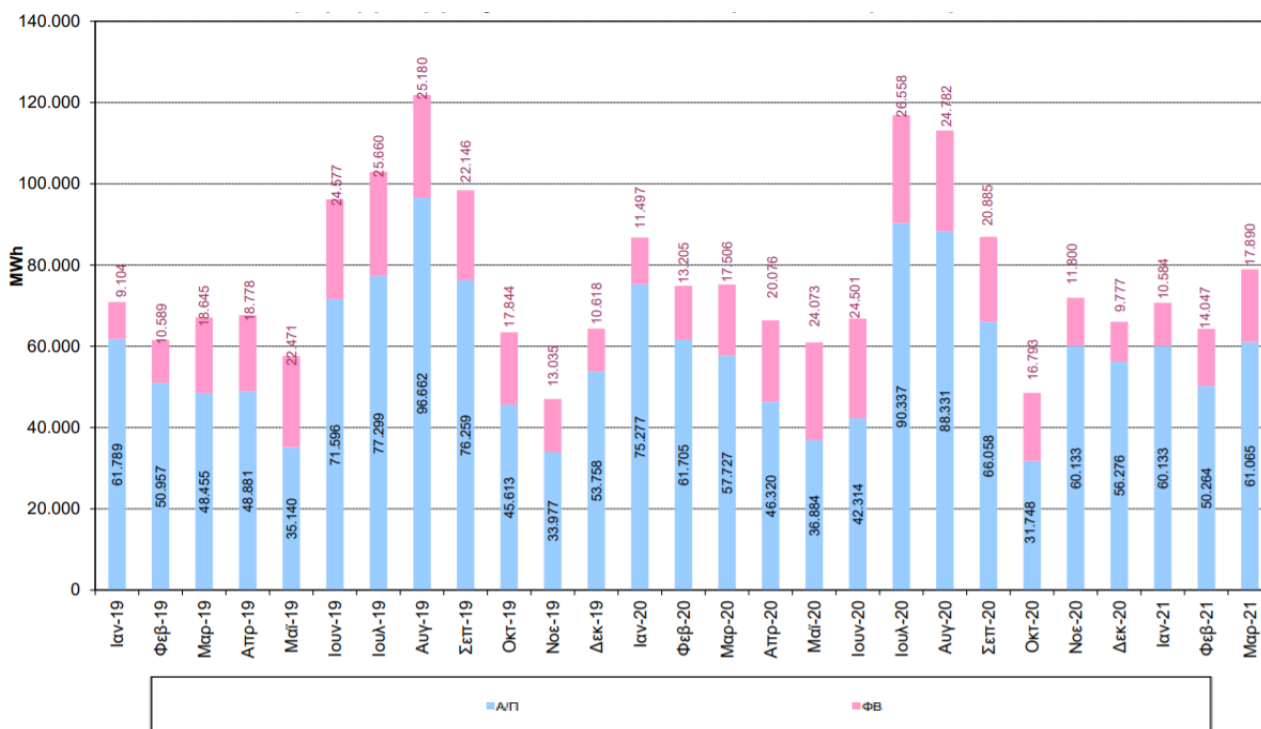
**Σχήμα 2.13** Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος Αιολικών Πάρκων (Α/Π) στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

**1.688 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (ΦΒ) Συνολικής Ισχύος 129,75 MW**



**Σχήμα 2.14** Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Μαρτίου 2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

Από το Σχήμα 2.15, όπου απεικονίζεται η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στα ΜΔΝ, παρατηρείται ότι η παραγωγή κορυφώνεται κατά τους θερινούς μήνες και φτάνει τα δύο τελευταία χρόνια ως και 120.000 MWh κατά τον μήνα Αύγουστο. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ γίνεται κατά κύριο λόγο από τα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα και σε αρκετά μικρότερο βαθμό από τα φωτοβολταϊκά.



**Σχήμα 2.15** Παραγωγή Ενέργειας σε MWh μονάδων ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – 2019-2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

Στο σύστημα Κω-Κάλυμνος συγκεκριμένα, τα συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής, όπως φαίνονται και στους Πίνακες 2.2 και 2.3, είναι τα εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς θερμικών μονάδων: 138,71 MW
- Μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης: 74 MW
- Μήνας Νοέμβριος 2019: Ενέργεια μονάδων ΑΠΕ: 2457 MWh, Ενέργεια θερμικών μονάδων: 16209 MWh, Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή: 13,17 %
- Μήνας Αύγουστος 2019: Ενέργεια μονάδων ΑΠΕ: 5615 MWh, Ενέργεια θερμικών μονάδων: 51462 MWh, Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή: 9,84 %

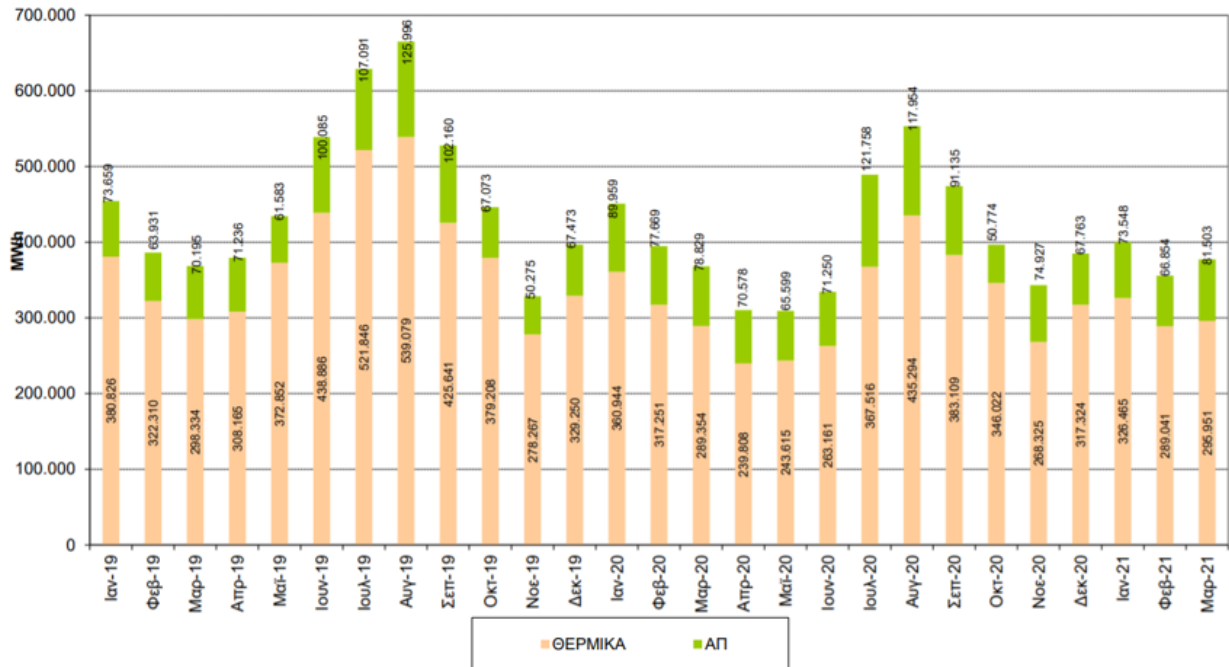
**Πίνακας 2.2** Συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Νοέμβριος 2019 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9	Β. Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ – Νοέμβριος 2019						
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2018 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2018 (MW)*	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)***	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)
ΚΡΗΤΗ	796,82	707,00	34.855,55	162.248,98	220,22	184,13	17,68%
ΡΟΔΟΣ	358,23	211,70	4.594,81	34.989,39	271,13	132,48	11,61%
ΛΕΣΒΟΣ	107,71	64,09	3.573,77	17.548,10	172,10	118,74	16,92%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	138,71	99,40	2.457,57	16.209,17	173,87	113,21	13,17%
ΛΗΜΝΟΣ	26,15	13,60	525,67	3.573,62	230,31	130,84	12,82%
ΜΗΛΟΣ	22,98	13,05	319,92	2.905,50	175,56	114,57	9,92%
ΧΙΟΣ	77,78	42,10	1.737,31	13.188,14	161,13	111,63	11,64%
ΣΑΜΟΣ	49,63	31,10	1.219,37	7.831,01	217,15	118,42	13,47%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	19,05	10,57	249,28	1.816,85	251,68	122,37	12,07%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	159,91		741,83	17.955,91			3,97%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.756,97</b>		<b>50.275,08</b>	<b>278.266,67</b>			<b>15,30%</b>

**Πίνακας 2.3** Συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά – Αύγουστος 2019 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9	Β. Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ – Αύγουστος 2019						
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2018 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2018 (MW)*	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)***	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΠΚΠ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚ_ΜΔΝ (€/MWh)
ΚΡΗΤΗ	796,82	707,00	88.208,38	259.343,29	216,71	191,29	25,38%
ΡΟΔΟΣ	358,23	211,70	15.549,20	106.353,25	172,41	121,37	12,76%
ΛΕΣΒΟΣ	107,71	64,09	5.202,23	25.003,10	158,97	126,10	17,22%
ΚΩΣ-ΚΑΛΥΜΝΟΣ	138,71	99,40	5.615,49	51.462,60	139,27	120,75	9,84%
ΛΗΜΝΟΣ	26,15	13,60	1.213,17	5.878,35	198,78	133,19	17,11%
ΜΗΛΟΣ	22,98	13,05	1.055,71	5.334,13	150,82	115,88	16,52%
ΧΙΟΣ	77,78	42,10	2.586,72	19.478,06	147,41	113,61	11,72%
ΣΑΜΟΣ	49,63	31,10	4.092,41	11.862,36	188,67	118,92	25,65%
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	19,05	10,57	524,03	5.272,96	175,82	127,91	9,04%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΗΣ**	159,91		1.948,29	49.090,84			3,82%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.756,97</b>		<b>125.995,61</b>	<b>539.078,94</b>			<b>18,94%</b>

Η συνολική ηλεκτροπαραγωγή στα μη διασυνδεδεμένα νησιά από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι τον Μάρτιο του 2021 φαίνεται στο Σχήμα 2.16, όπου διακρίνεται η συνεισφορά των θερμικών σταθμών και των μονάδων ΑΠΕ. Παρατηρείται ότι σε όλους τους μήνες κυριαρχεί με μεγάλο ποσοστό η παραγωγή ενέργειας από θερμικούς σταθμούς.



**Σχήμα 2.16** Ηλεκτροπαραγωγή στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (2019-2021) (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2021)

## 2.7 Αφαλάτωση και κατανάλωση ενέργειας

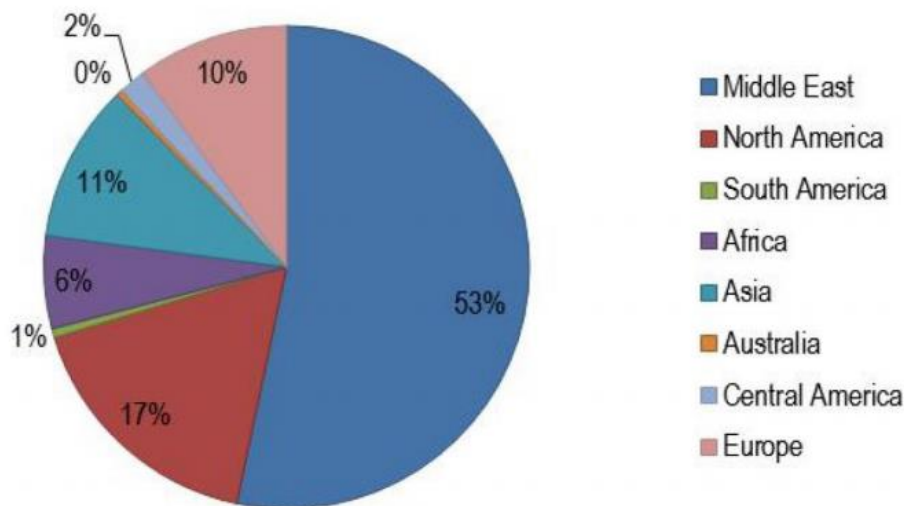
### 2.7.1 Γενικά στοιχεία

Με τον όρο αφαλάτωση γενικότερα χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Έτσι, η αφαλάτωση αποτελεί μια μέθοδο ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια, λίμνες και υπόγεια ύδατα. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση όμως σε κάποια πηγή υδάτων. Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα με την εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης. Όπως είναι γνωστό το 97,5% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ακόμα και για βιομηχανικές διεργασίες, καθίσταται αδύνατη.

Ιστορικά, η έννοια της αφαλάτωσης συναντάται πρώτη φορά στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς οι οποίοι εξάτμιζαν θαλασσινό νερό περίπου τον 4ο αιώνα π.Χ., όπως περιγράφεται από κείμενα του Αριστοτέλη. Ακόμη, περιγραφή αφαλάτωσης αναφέρεται ως πραγματεία από Άραβα συγγραφέα του 8ου μ.Χ. αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού.

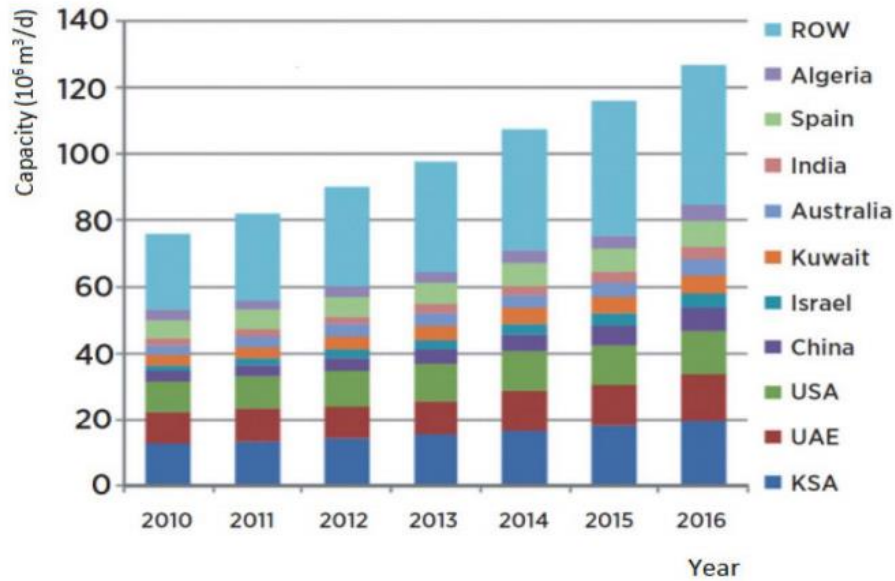
Από το 1970 άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις ΗΠΑ, στη Ρωσία, στο Μεξικό, στην Μέση Ανατολή, σε παράλιες χώρες όπως είναι η Σαουδική Αραβία (24% της παγκόσμιας χρήσης), το Κουβέιτ, η Αίγυπτος αλλά και το Ισραήλ. Στον δυτικό κόσμο ο μεγαλύτερος χρήστης της μεθόδου είναι η Ισπανία, όπου ξεκίνησε μαζική χρήση αφαλάτωσης στα Κανάρια Νησιά. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στο Καρμπονέρας της Νότιας Ισπανίας. (Panagoroulos et al., 2019)

Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη της αφαλάτωσης. Όλο και περισσότερες μονάδες εγκαθίστανται και λειτουργούν παγκοσμίως. Συγκεκριμένα από το 1945 όπου η παγκόσμια παραγωγή καθαρού νερού με την μέθοδο της αφαλάτωσης υπολογιζόταν στα 346 m<sup>3</sup>/d φτάνει αργότερα το 1980 να εκτοξεύεται στα 5.000.000 m<sup>3</sup>/d. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη συνεχίστηκε και το 2004 η ικανότητα των μονάδων αφαλάτωσης έφτασε τη παραγωγή 35.000.0000 m<sup>3</sup>/d ασφατωμένου νερού. Το 2008 η συνολική ικανότητα έφτασε τις 52.333.950 m<sup>3</sup>/d και τέλος το 2011 έφτασε τις 67.000.000 m<sup>3</sup>/d με πάνω από 16.000 μονάδες αφαλάτωσης σε λειτουργία παγκοσμίως. Μάλιστα, εκτιμάται 9% αύξηση κάθε έτος στην παραγωγή αφαλατωμένου νερού και το 54% της παγκόσμιας ανάπτυξης αναμένεται να συμβεί στη Μέση Ανατολή, όπου μέχρι το 2030 εκτιμάται ότι θα παράγονται περίπου 110 εκατομμύρια m<sup>3</sup> κάθε μέρα. (Zotalis et al., 2014). Η παγκόσμια κατανομή των μονάδων αφαλάτωσης και η παγκόσμια ικανότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού παρουσιάζονται στα Σχήματα 2.16 και 2.17 αντίστοιχα.



**Σχήμα 2.16** Παγκόσμια κατανομή Μονάδων Αφαλάτωσης (%) (Πηγή: Zotalis et al., 2014)





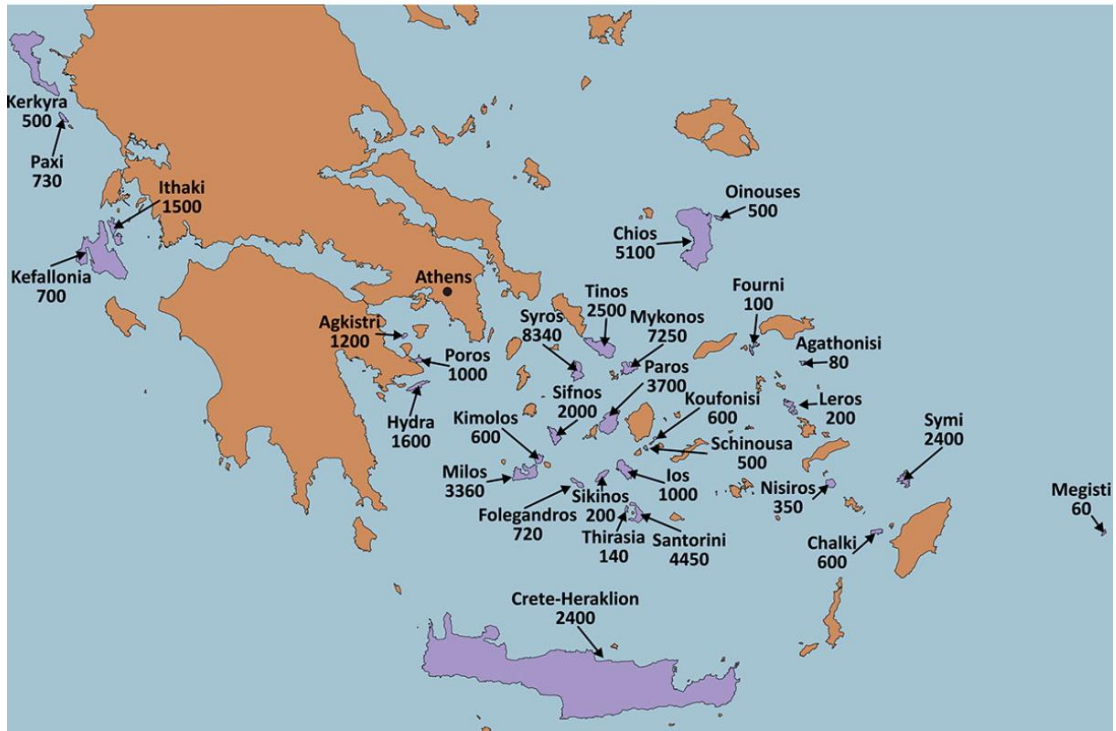
**Σχήμα 2.17** Παγκόσμια ικανότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού 2010-2016 (Πηγή: Zotalis et al., 2014)

### 2.7.2 Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα οι πρώτες μονάδες αφαλάτωσης εγκαταστάθηκαν το 1960 με τη βοήθεια μικρών πιλοτικών μονάδων ηλιακής απόσταξης. Η εγκατάσταση τέτοιου είδους μονάδων έγινε αρχικά κυρίως σε νησιά όπως: Νίσυρος, Κίμωλος, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Πάτμος, Καστελόριζο, Σύμη, Αίγινα, με σημαντικότερη αυτή της Πάτμου με παραγωγική ικανότητα 25 m<sup>3</sup>/d.

Η αφαλάτωση στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ευρέως, αν και θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στα πολύ ξηρά νησιά των Κυκλάδων, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό. Η Ελλάδα, λόγω του ξηρού κλίματός της, ανήκει στις χώρες που έχουν περιορισμένα αποθέματα υδατικών πόρων σε πολλές περιοχές της, ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου.

Το 2015, η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης (για δημόσια χρήση στα νησιά) είναι περίπου 52.000 m<sup>3</sup>/ημέρα, καταμεμημένη σε 30 νησιά (Σχήμα 2.18), με τροφοδοσία υφάλμυρου νερού 9000 m<sup>3</sup>/ημέρα και 43.000 m<sup>3</sup>/ημέρα τροφοδοσία θαλασσινού νερού. Η πλειονότητα των μονάδων αφαλάτωσης είναι εγκατεστημένες σε νησιά με αυτόνομα δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (22 από τα 30 νησιά) και τα υπόλοιπα βρίσκονται σε νησιά που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Περίπου 10 νησιά αναμένεται να εγκαταστήσουν μονάδες αφαλάτωσης, συνολικής χωρητικότητας 11.000 m<sup>3</sup>, τα επόμενα χρόνια. (Kartalidis et al., 2015)



Σχήμα 2.18 Χάρτης μονάδων αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά (Πηγή: Kartalidis et al., 2015)

Πίνακας 2.4 Στοιχεία Μονάδων Αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά (Πηγή: Zotalis et al., 2014)

Project	Year	Type	Capacity (m <sup>3</sup> /d)	Initial cost (M €)	Operation cost (€)	Contractor	Acceptance
Almyros Iraklion	2014	RO & UF	2,400	0.850	0.25	Sychem S.A., GR	Good
Syros 1st Ermoupoli	1992	RO	800	0.589	2.70	Christ, CH	Good
Syros 2nd Ermoupoli	1997	RO	800	1.482	2.70	Christ, CH	Good
Syros 3rd Ermoupoli	2001	RO (SW)	40	0.346	2.00	Culligan Greece	Good
Syros 4th (Ano Syros)	2000	RO	250	0.215	0.50	Temak, GR	Good
Syros 5th (Ano Syros)	2002	RO	500	0.400	0.50	Temak, GR	Good
Syros 6th (Ermoupolis)	2002	RO (SW)	2,000	0.313	0.40	Temak, GR	Good
Syros 7th (Ano Syros)	2005	RO	1,000	1.000	0.40	Temak, GR	Under construction
Shinousa	2004	RO	100	0.120	0.70	Temak, GR	Under construction
Mykonos (Korfou) old	1981	RO	500	N/A	2.00	Metek, IT	Good
Mykonos (Korfou) new	2001	RO	2,000	1.276	0.50	Culligan Greece	Good
Paros (Naousa)	2001	RO	1,200	0.415	0.50	Ionics Itaba	Good
Tinos (old)	2001	RO	500	0.434	0.62	Culligan Greece	Good
Tinos (new)	2005	RO	500	0.376	0.62	Culligan Greece	Good
Ia, Santorini 1st	1994	RO	220	N/A	2.00	Matrix, USA	Good
Ia, Santorini 2nd	2000	RO	320	0.210	2.00	Culligan Greece	Good
Ia, Santorini 3rd	2002	RO	160	N/A	2.00	Matrix, USA	Good
Sifnos	2002	RO (BW)	500	0.224	3.50	Hoh, DM	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 1st	2000	RO (BW)	600	0.205	0.30	Culligan Greece	Good
Omiroupolis, Chios, Municipality, 2nd	2005	RO	3,000	0.710	0.26	Culligan Greece	Under construction
Omiroupolis, Chios, Municipality, 3rd	2005	RO	500	0.200	0.26	Culligan Greece	Under construction
Nisiros (old)	1991	RO	300	0.572	N/A	Metek, IT	Out of operation
Nisiros (new)	2002	RO	350	0.295	0.66	Temak, GR	Good
Ithaki, Kefalonia 1st	1981	RO	620	0.264	2.88	Christ, CH	Good
Ithaki, Kefalonia 2nd	2003	RO	520	0.587	0.58	Judo, DE	Good
Lerou (Municipal Enterpr.)	2001	RO	200	0.074	0.13	Culligan Greece	Good
Kassopeon (Municipality)	2001	RO	500	0.170	0.13	Culligan Greece	Good
Posseidonia (Municipality), 1st	2002	RO	500	0.464	0.56	Culligan Greece	Good
Posseidonia (Municipality), 2nd	2005	RO	1,000	0.574	0.45	Culligan Greece	Under construction
Agios Georgios (Municipality)	2002	RO	500	0.102	0.30	Culligan Greece	Good
Paksoi (Municipality) 1st	2005	RO	330	0.260	0.51	Culligan Greece	Good
Paksoi (Municipality) 2nd	2005	RO	150	0.162	0.59	Culligan Greece	Good

### 2.7.3 Μέθοδοι αφαλάτωσης

Οι διεργασίες αφαλάτωσης γενικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Σε διεργασίες με **εξάτμιση**:

- Πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED)
- Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flushing, MSF)
- Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών (Vapour compression, VC)
- Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation, S/D)

Σε διεργασίες με **μεμβράνη**:

- Αντίστροφη ώσμωση (ΑΩ) (Reverse osmosis, RO)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED)

### 2.7.4 Αντίστροφη ώσμωση

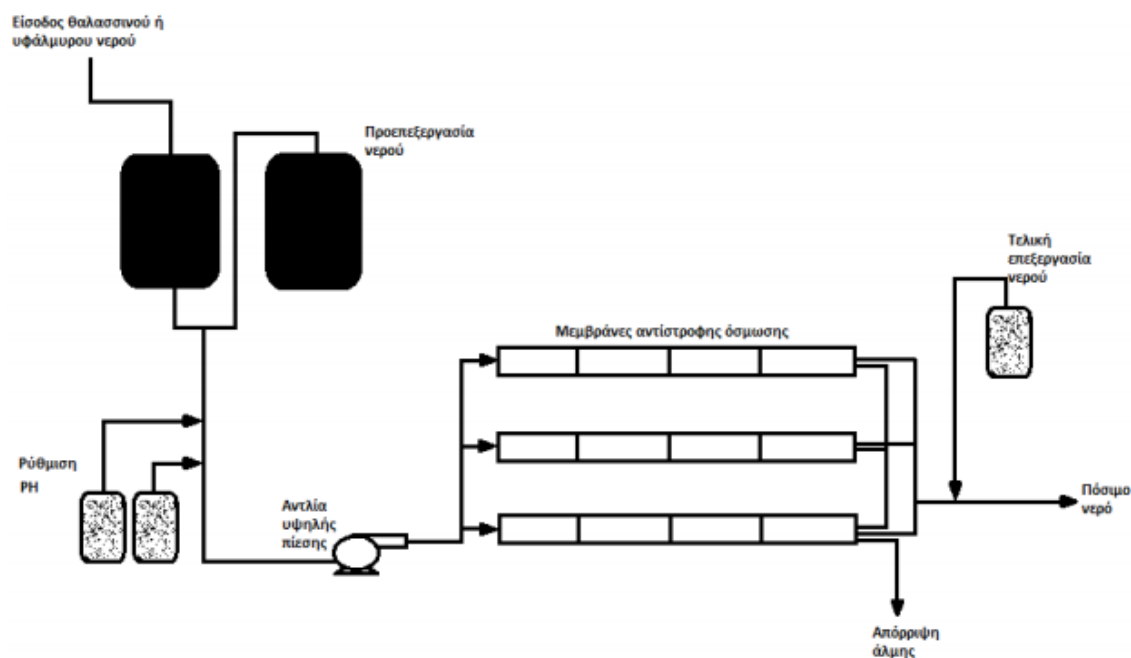
Η τεχνολογία της ΑΩ αποτελεί τη μοναδική μέθοδο αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται στα ελληνικά νησιά. Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, η μέθοδος αυτή έχει επιλεχθεί να εφαρμοστεί για παραγωγή πόσιμου νερού στο νησί της Κω, αξιοποιώντας μέρος της παραγόμενης ενέργειας από τον ΥΣ. Στην Ελλάδα λειτουργούν περίπου 30 μονάδες αφαλάτωσης εξυπηρετώντας την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων, ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες ιδιωτικής χρήσεις, όπως σε ξενοδοχεία, βιομηχανίες κ.ά., σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος.

Συνοπτικά, τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αντίστροφης ώσμωσης (ΑΩ) είναι τα εξής (Νατούδη, 2017) :

- Απλή λειτουργία και συντήρηση
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τις μεθόδους με εξάτμιση
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης συστημάτων ανάκτησης ενέργειας για περαιτέρω μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Απομακρύνονται από το υπό επεξεργασία νερό και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά όπως π.χ. βακτήρια
- Χαμηλό κόστος εγκατάστασης
- Μεγάλο εύρος δυναμικότητας και αξιοπιστία σε όλο το εύρος μεγεθών
- Μικρός όγκος εγκατάστασης – δυνατότητα τοποθέτησης σε εμπορευματοκιβώτια (containers) μονάδων έως και 5000 m<sup>3</sup>/ημέρα
- Δυνατότητα επέκτασης της μονάδας και εύκολη αύξηση της παραγωγής

Ένα τυπικό σύστημα αφαλάτωσης ΑΩ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.19, αποτελείται από τέσσερα κύρια υποσυστήματα:

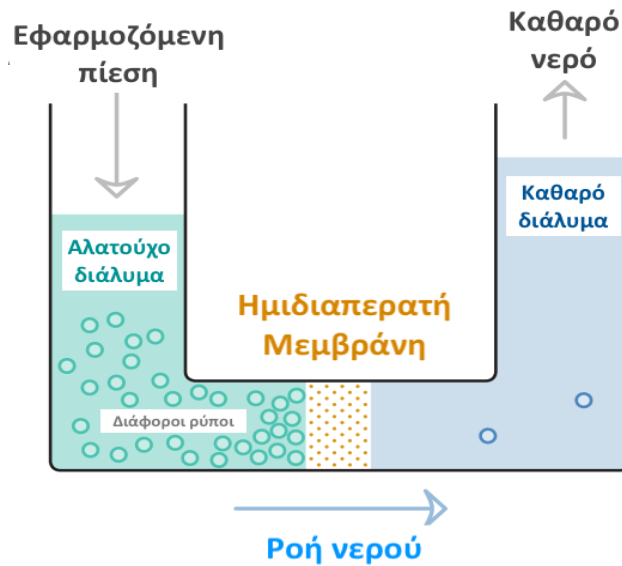
- Σύστημα προεπεξεργασίας νερού
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης
- Σύστημα τελικής επεξεργασίας νερού



**Σχήμα 2.19** Διάγραμμα ροής αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση

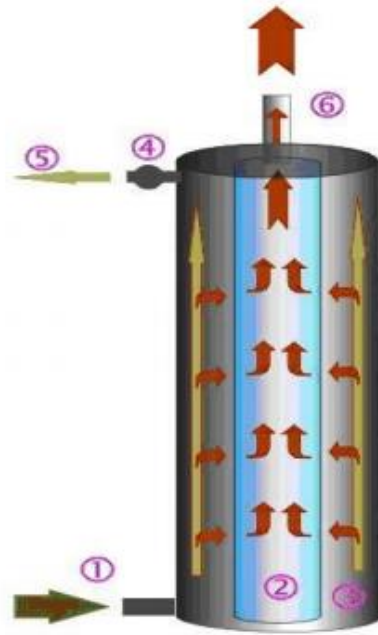
Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της ώσμωσης. Όταν δυο υγρά με διαφορετική περιεκτικότητα σε άλατα έρχονται σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη περιεκτικότητα, θα μετατοπισθεί προς το υγρό εκείνο με την υψηλότερη, ούτως ώστε όλο το μείγμα να ισορροπήσει, δηλαδή να αποκτήσει την ίδια περιεκτικότητα σε άλατα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διάχυση. Σε περίπτωση όμως που μεταξύ των δύο ουσιών παρεμβάλλεται μία ημιπερατή μεμβράνη, τότε αυτή αποτελεί εμπόδιο για τη διέλευση των αλάτων, αλλά το νερό (διαλύτης) διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η ροή αυτή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ώσμωση και απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στους ζωντανούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθώς πολλές κυτταρικές λειτουργίες βασίζονται σ' αυτό. Το δέρμα, τα νεφρά, οι πνεύμονες και τα ίδια τα κύτταρα λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο ως μεμβράνες. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (στην περίπτωση της αφαλάτωσης, του θαλασσινού ή άλλου ακάθαρτου νερού) για να μην λάβει χώρα το φαινόμενο της ώσμωσης και να παραλάβουμε φιλτραρισμένο καθαρό νερό, ονομάζεται ωσμωτική πίεση. Στην περίπτωση που στο αλατούχο διάλυμα ασκηθεί πίεση, υψηλότερη της ωσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη. Αυτό αποτελεί τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης (Μουτάφης, 2008). Η απεικόνιση της αντίστροφης ώσμωσης φαίνεται στο Σχήμα 2.20.

## Αντίστροφη Ώσμωση



**Σχήμα 2.20** Απεικόνιση της αντίστροφης ώσμωσης (Πηγή: [www.biomec.gr](http://www.biomec.gr))

Κατά την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης ασκείται πίεση μεγαλύτερη της ωσμωτικής στην πλευρά του πυκνότερου διαλύματος (συνήθως θαλασσινού νερού), ώστε απ' την άλλη πλευρά να προκύψει φιλτραρισμένο αφαλατωμένο νερό. Ο πιο συνηθισμένος τύπος συσκευής αντίστροφης ώσμωσης αναπαρίσταται στο Σχήμα 2.21. Το αλατούχο νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) και κατευθύνεται στο χώρο (3) όπου έχει ως εξόδους την (5) και την (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό, κατά ποσοστό 25% περίπου, είτε εξαναγκάζεται να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), όπου και γίνεται αφαίρεση των αλάτων και κατόπιν εξέρχεται από την (6) ως τελικό καθαρό προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) εξαναγκάζεται να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, συμπαρασύροντας μαζί του και τα άλατα στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπου και απορρίπτεται. (Μουτάφης, 2008)



**Σχήμα 2.21** Απεικόνιση λειτουργίας συσκευής αντίστροφης ώσμωσης, (Πηγή: Μουτάφης, 2008)

Το θαλασσινό νερό για να είναι πόσιμο πέρα από την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης πρέπει να περάσει επεξεργασία πριν και μετά από αυτή:

- ✓ Αρχικά, το θαλασσινό νερό υποβάλλεται σε **προεπεξεργασία**. Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά κρίσιμη, καθώς είναι υπεύθυνη για την εξασφάλιση της καθαρότητας των μεμβρανών και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της απομάκρυνσης μικροοργανισμών και αιωρούμενων στερεών. Η προεπεξεργασία του θαλασσινού νερού περιλαμβάνει:
  - Φίλτρο εισόδου με τοποθέτηση εσχάρας στην αναρρόφηση για την αποτροπή εισόδου ψαριών, πλαστικών και άλλων στερεών.
  - Προχλωρίωση του θαλασσινού νερού, με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου.
  - Προσθήκη οξέος (συνήθως θεικού οξέος) για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων.
  - Συσσωμάτωση των κολλοειδών/οργανικών ουσιών (με προσθήκη χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη).
  - Φίλτρο άμμου (περιλαμβάνει άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη) για τη δέσμευση ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.
  - Φίλτρα πολυπροπυλενίου, για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες.
  - Αποχλωρίωση με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, για την προστασία των μεμβρανών (διότι καταστρέφονται με την έκθεσή τους σε ελεύθερο χλώριο)
  - Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία

- ✓ Η δεύτερη φάση αφορά στη διαδικασία της **αντίστροφης ώσμωσης** στην οποία παράγεται νερό απαλλαγμένο από άλατα. Στο στάδιο αυτό οι αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν κατάλληλη πίεση ώστε το νερό να διέλθει μέσα από τις μεμβράνες και να απομακρύνει έτσι τα άλατα. Η πίεση αυτή είναι της τάξης των 54-89 atm. Όσο διέρχεται μέρος του νερού μέσα από τις μεμβράνες στο υπόλοιπο νερό η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνει. Ταυτόχρονα ένα μέρος του νερού απορρίπτεται χωρίς να περάσει πρώτα από τις μεμβράνες και αυτό για να μην συνεχίζει να αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό. Ακόμη με αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη του νερού αποφεύγεται η εναπόθεση υπερκείμενων αλάτων και η αύξηση της ωσμωτικής πίεσης. Το ποσοστό του νερού που απορρίπτεται καθ' αυτόν τον τρόπο κυμαίνεται μεταξύ 20% και 70% του τροφοδοτούμενου νερού και εξαρτάται από την συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας.
- ✓ Τέλος, ακολουθεί η **τελική φάση επεξεργασίας**, στην οποία γίνεται η προετοιμασία του νερού για τη διανομή του ως πόσιμο με χρήση χημικών για τη σταθεροποίηση του. Στόχος είναι η σταθεροποίηση του νερού πριν διανεμηθεί ως πόσιμο. Συγκεκριμένα απομακρύνονται αέρια όπως το υδροθείο, ρυθμίζεται η οξύτητα και σκληρότητα με προσθήκη κατάλληλων χημικών όπως επεξεργασμένου ασβέστη και διοξειδίου του άνθρακα και τελικά χλωριώνεται.

### 2.7.5 Ενέργεια για την αφαλάτωση

Η ανάγκη για παραγωγή πόσιμου νερού, με μεθόδους αφαλάτωσης, συνήθως απαιτείται σε μικρά αυτόνομα νησιά, τα οποία είναι απομονωμένα και δεν είναι συνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Τα νησιά αυτά ικανοποιούν τις ανάγκες τους, μέσω τοπικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ (ΤΣΠ). Επίσης, οι σταθμοί αυτοί είναι, συνήθως, χαμηλής ισχύος, καθώς σκοπό έχουν την κάλυψη των αναγκών ενός νησιού ή ενός συμπλέγματος νησιών, χαμηλής συνολικής μέγιστης ζήτησης. Προκύπτει, έτσι, η συχνή αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των μονάδων αφαλάτωσης από συμβατικές πηγές ενέργειας αφού τα τοπικά δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε όλες τις απαιτήσεις του δικτύου κατά την περίοδο αιχμών ζήτησης.

Σε περιπτώσεις λοιπών αυτόνομων δικτύων στα νησιά, μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη λύση η σύνδεση των μονάδων αφαλάτωσης με μονάδες ΑΠΕ. Ενώ η σύνδεση αυτή έχει αποτελέσει στο παρελθόν αντικείμενο έντονου ερευνητικού ενδιαφέροντος, τα αποτελέσματα από τις προτεινόμενες λύσεις των ερευνητών υπέδειξαν αρκετά προβλήματα κατά τη λειτουργία συστημάτων αφαλάτωσης-ΑΠΕ. Το κύριο πρόβλημα που συναντάται είναι η αδυναμία των ΑΠΕ τόσο για εξασφάλιση συνεχούς παροχής ενέργειας για την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης.

Λύση σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να δώσει ένας υβριδικός σταθμός ΑΠΕ, ο οποίος έχει το πλεονέκτημα της αποθήκευσης ενέργειας και της ελεγχόμενης διάθεσής της. Με την παρουσία ενός ΥΣ εξασφαλίζεται αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς τη μονάδα αφαλάτωσης για κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών σε αφαλατωμένο νερό ανά πάσα στιγμή. Ειδικότερα, το καλοκαίρι που οι ζητήσεις σε νερό και σε ενέργεια μεγιστοποιούνται



λόγω της τουριστικής κίνησης, ευνοεί το σύστημα και η ταυτόχρονη μεγάλη διαθεσιμότητα των ΑΠΕ, οπότε η επιπρόσθετη ζήτηση ενέργειας μπορεί εύκολα να καλυφθεί. Τέλος, ένα ακόμη ισχυρό πλεονέκτημα είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη που παρουσιάζει μια τέτοια εγκατάσταση. Αποφεύγεται λοιπόν η εκπομπή ρύπων, όπως CO<sub>2</sub>, και έτσι δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον στην προσπάθεια ανάκτησης πόσιμου νερού.

## **2.8 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και κατανάλωση ενέργειας**

### *2.8.1 Γενικά στοιχεία*

Αστικά υγρά απόβλητα ή λύματα καλούνται όλα εκείνα τα υγρά που προέρχονται από τις χρήσεις μιας κοινότητας. Το 99% της μάζας είναι ρευστή και το υπόλοιπο 1% αποτελείται από αιωρούμενα στερεά. Χαρακτηρίζονται από τον όγκο, τη ροή, τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, τη χημική τους σύσταση και το είδος των μικροοργανισμών που εμπεριέχουν. Η προστασία του περιβάλλοντος σχετίζεται άμεσα με την ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Η επεξεργασία των λυμάτων ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις σε διάφορους αποδέκτες, όπως το έδαφος, η θάλασσα, οι ποταμοί και οι λίμνες. Η επεξεργασία των λυμάτων είναι απαραίτητη κυρίως για την διασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αποδέκτη τους και πραγματοποιείται σε ειδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις.

Οι πρώτες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) ξεκίνησαν στα τέλη του 19ου αιώνα, μετά την ολοκλήρωση του πρώτου σύγχρονου αποχετευτικού συστήματος το 1843 στο Αμβούργο της Γερμανίας, ενώ στην Ελλάδα στα τέλη του 20ου ([www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)). Από τότε η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχει εξελιχθεί ραγδαία και υιοθετήθηκε ως μέσο διαύγασης των υγρών αποβλήτων από πολλές χώρες. Την τελευταία εικοσαετία έχει κατασκευαστεί στην Ελλάδα ένας μεγάλος αριθμός μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σήμερα, λειτουργούν στη χώρα μας περισσότερες από 300 ΕΕΛ, κυρίως σε οικισμούς και πόλεις με πληθυσμούς πάνω από 15.000 κατοίκους, οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες περίπου από το 90% του ισοδύναμου πληθυσμού της χώρας (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2012).

### *2.8.2 Αρχές επεξεργασίας*

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντικών ουσιών στα λύματα (οργανικό φορτίο, άζωτο, φώσφορος, παθογόνα, ενδεχόμενα τοξικές ύλες, κλπ.) αποτελούν απειλή για το υδάτινο περιβάλλον και επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις. Για την ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων, είναι απαραίτητη η επεξεργασία των λυμάτων. Η επεξεργασία των λυμάτων στις ΕΕΛ βασίζεται στη συνδυασμένη εφαρμογή φυσικοχημικών και βιοχημικών διεργασιών. Τελικό προϊόν είναι η επεξεργασμένη εκροή, η οποία είναι απαλλαγμένη σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις ανεπιθύμητες ουσίες (ρυπαντές), η οποία μπορεί να διατεθεί με ασφάλεια σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Παραπροϊόν της επεξεργασίας είναι ένα παχύρρευστο υγρό μικρής παροχής, η ιλύς, η οποία δεν μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον και απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία.

Τα κυριότερα στάδια επεξεργασίας σε μια ΕΕΛ είναι τα εξής: (Ανδρεαδάκης, 2015)

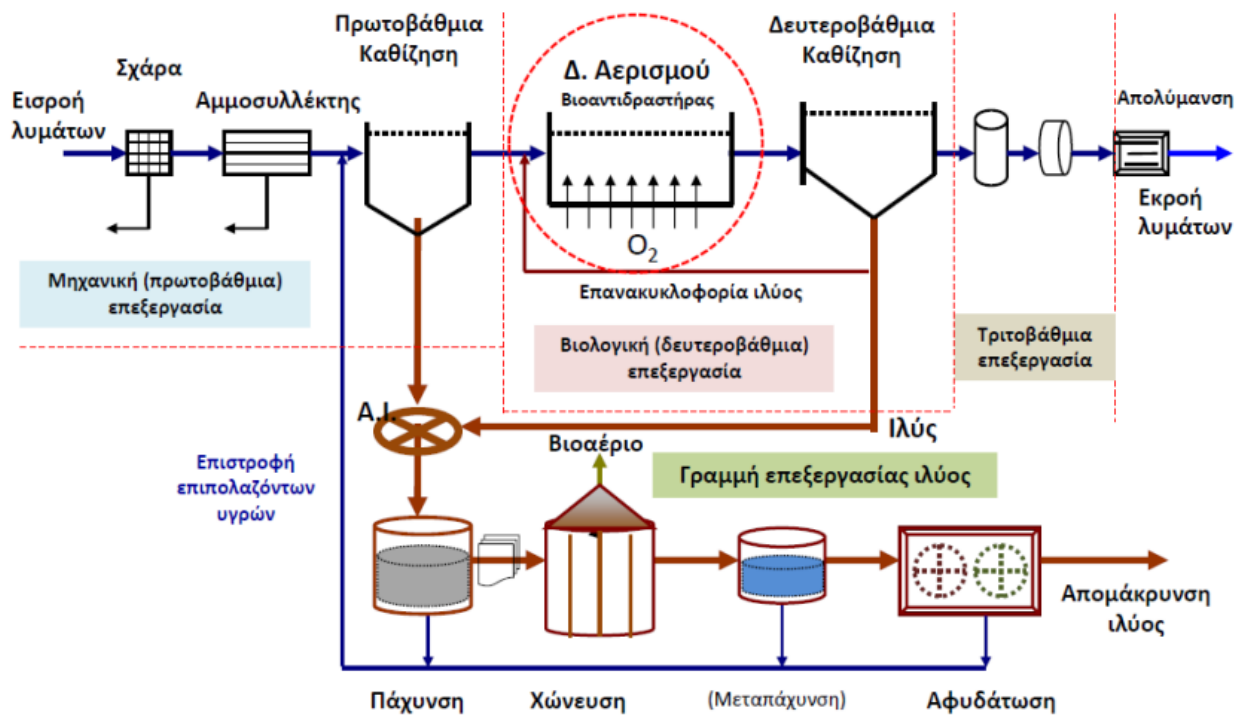
- **Προκαταρτική και πρωτοβάθμια επεξεργασία:**  
Περιλαμβάνει συνήθως εσχάρες, εξαμμωτές, απολιπαντές και δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, βασίζεται σε φυσικοχημικές διαδικασίες και επιτυγχάνει μερική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD.
- **Δευτεροβάθμια επεξεργασία:**  
Στηρίζεται κατά κύριο λόγο σε βιολογικές διεργασίες. Στο στάδιο αυτό που αποτελείται από τον βιολογικό αντιδραστήρα και από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης επιτελείται σχεδόν πλήρης απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD, κατά περίπτωση μπορεί να γίνει και απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου (π.χ. όταν ο υδάτινος αποδέκτης των λυμάτων έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος). Στα λύματα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας επιτυγχάνεται σημαντική αφαίρεση οργανικού υλικού (80-85%) με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας (αντιδραστήρες με πληρωτικό υλικό ή μέσα επαφής) ή αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος).
- **Επεξεργασία ιλύος:**  
Είναι απαραίτητη για την εύκολη και ασφαλή διάθεση σε έναν Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Κατ'ελάχιστον αποτελείται από τους παχυντές, τους χωνευτές και το σύστημα αφυδάτωσης. Η πρωτοβάθμια ιλύς λαμβάνεται από τον πυθμένα της πρωτοβάθμιας δεξαμενής καθίζησης και η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως 3 έως 7%. Η δευτεροβάθμια ιλύς είναι η περίσσεια ιλύος του βιολογικού σταδίου επεξεργασίας, είναι σκούρα καφέ σε μορφή κροκίδων και έχει περιεκτικότητα 0,5 έως 2,0% σε στερεά, από τα οποία 70 με 80 % είναι πτητικά. Εκτός αυτού, η ιλύς λαμβάνεται και από στάδια τριτοβάθμιας επεξεργασίας, όπως αυτά της διύλισης και της φυσικοχημικής επεξεργασίας (Σιάτου, 2018). Η ιλύς υπόκειται σε επεξεργασία προκειμένου να επιτευχθεί α) η μείωση του όγκου της, β) η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και γ) η μείωση του ρυπαντικού φορτίου και των οσμών.

Τα τρία παραπάνω στάδια συνθέτουν μια ολοκληρωμένη εγκατάσταση που μπορεί να αντιμετωπίσει τις περισσότερες περιπτώσεις επαρκώς πριν την τελική διάθεση. Κατά περίπτωση και σε συνάφεια με ειδικότερες απαιτήσεις διάθεσης και κυρίως επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων είναι πιθανό να απαιτηθούν πρόσθετα στάδια επεξεργασίας. Τα στάδια αυτά συνήθως είναι: (Ανδρεαδάκης, 2015)

- **Τριτοβάθμια επεξεργασία:**  
Η τριτοβάθμια (προχωρημένη) επεξεργασία της εκροής της ΕΕΛ είναι ένα επιπρόσθετο στάδιο καθαρισμού, το οποίο στοχεύει στην παραγωγή εκροής υψηλών προδιαγραφών για άρδευση ή διάθεση (επαναχρησιμοποίηση) των επεξεργασμένων λυμάτων σε ευαίσθητους αποδέκτες. Αποτελεί σύνθεση επιμέρους μονάδων, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τους ρύπους που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία. Τέτοιες μονάδες είναι π.χ. το διυλιστήριο ή η εγκατάσταση μεμβρανών.
- **Απολύμανση:**

Έχει ως σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των λυμάτων και εφαρμόζεται όταν υπάρχει κίνδυνος μετάδοσής τους λόγω των χρήσεων του αποδέκτη (άρδευση, κολύμβηση, κ.ά.).

Ένα τυπικό διάγραμμα ροής μια μεγάλης εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.22.



**Σχήμα 2.22** Τυπικό διάγραμμα ροής ΕΕΛ με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (Ζαφειράκου, 2014)

### 2.8.3 Θεσμικό πλαίσιο

Η ελάχιστη αναγκαία τεχνική υποδομή σε δίκτυα αποχέτευσης και ΕΕΛ που πρέπει να διαθέτουν οι οικισμοί της Ε.Ε., ανάλογα με τον πληθυσμό και τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων ορίζεται από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Οι υδάτινοι αποδέκτες στους οποίους καταλήγουν τα αστικά λύματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους. Επίσης, καθορίζονται όρια για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων, τα οποία αναφέρονται σε σύνθετα δείγματα 24ώρου και πρέπει να επιτυγχάνονται στις εκροές των αντίστοιχων εγκαταστάσεων επεξεργασίας (Πίνακας 2.5).

**Πίνακας 2.5** Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για απορρίψεις από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Πηγή: Ανδρεαδάκης, 2015)

Παράμετρος Ρύπανσης	Μέγιστο Επιτρεπόμενο Όριο	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση (εναλλακτικά*)
<b>Κανονικοί Αποδέκτες</b>		
<b>BOD<sub>5</sub></b> στους 20°C (χωρίς νιτροποίηση)	25 mg/l**	70-90%
<b>COD</b>	125 mg/l**	75%
<b>SS</b> (για οικισμούς με ι.π. άνω των 10.000)	35 mg/l**	90%
(για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 2.000 και 10.000)	60 mg/l**	70%
<b>Ευαίσθητοι Αποδέκτες</b> (ισχύουν τα ανωτέρω όρια και επιπλέον τα ακόλουθα)		
<b>P<sub>total</sub></b> (για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10.000 και 100.000)	2 mg/l	80%
(για οικισμούς με ι.π. άνω των 100.000)	1 mg/l***	
<b>N<sub>total</sub></b> (για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10.000 και 100.000)	15 mg/l***	70-80%
(για οικισμούς με ι.π. άνω των 100.000)	10 mg/l***	

\* εναλλακτικά εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ελάχιστο επιβαλλόμενο όριο μείωσης ρύπανσης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων

\*\* για συγκεκριμένο ποσοστό δειγμάτων, που κυμαίνεται συνήθως από 90-95%

\*\*\* ως μέση ετήσια τιμή

Σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, η απαιτούμενη υποδομή για κάθε οικισμό και ο προσδιορισμός του απαιτούμενου επιπέδου επεξεργασίας καθορίζεται από ένα συνδυασμό κριτηρίων και συγκεκριμένα:

- Τις ολικές μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού των οικισμών (ΟΜΙΠ). Επισημαίνεται ότι το φορτίο, που εκφράζεται σε μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού (ΜΙΠ), πρέπει να υπολογίζεται με βάση το μέγιστο μέσο εβδομαδιαίο φορτίο που εισέρχεται στο σταθμό επεξεργασίας στη διάρκεια του έτους, εξαιρουμένων των ασυνήθιστων καταστάσεων, όπως οι περιπτώσεις πλημμυρικών παροχών.
- Το γενικό χαρακτήρα του υδάτινου αποδέκτη των αστικών λυμάτων (ευαίσθητοι, λιγότερο ευαίσθητοι, κανονικοί).
- Τον ειδικό χαρακτήρα της περιοχής που οδηγούνται τα επεξεργασμένα αστικά λύματα (παράκτια ύδατα, γλυκά νερά και εκβολές ποταμών).

Ο χαρακτηρισμός των αποδεκτών σε κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους γίνεται σε μεγάλο βαθμό με βάση τα υδροδυναμικά τους χαρακτηριστικά και έμμεσα την

αφομοιωτική τους ικανότητα, με ιδιαίτερη έμφαση στο φαινόμενο του ευτροφισμού και στις χρήσεις των νερών. Σύμφωνα με την Οδηγία, ευαίσθητοι αποδέκτες θεωρούνται:

- Οι φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή που μπορεί να παρουσιαστεί αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.
- Τα επιφανειακά γλυκά ύδατα για άντληση πόσιμου νερού, των οποίων η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα υπερβαίνει ή θα μπορούσε να υπερβεί τα 50 mg/l.
- Περιοχές όπου απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία από τη δευτεροβάθμια, για την τήρηση άλλων Οδηγιών του Συμβουλίου (π.χ. Οδηγία για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, Οδηγία για την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, Οδηγία για τη διαβίωση ιχθύων, Οδηγία για τα ύδατα για οστρακοειδή, Οδηγία για την προστασία των οικοσυστημάτων, καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας).

Για να χαρακτηριστεί μια υδάτινη περιοχή ως ευαίσθητη αρκεί να ισχύει έστω και ένα από τα ανωτέρω κριτήρια. Ωστόσο, η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, δεν δίνει σαφέστερα ποσοτικά κριτήρια για το χαρακτηρισμό των αποδεκτών ως προς την ευαισθησία τους, γεγονός που οφείλεται και στην γενικότερη εγγενή ασάφεια που χαρακτηρίζει το φαινόμενο του ευτροφισμού, το οποίο αποτελεί και τον καταρχήν δείκτη ευαισθησίας ενός αποδέκτη. Επισημαίνεται ότι ο χαρακτηρισμός του βαθμού ευαισθησίας των αποδεκτών θα πρέπει να αναθεωρείται κάθε τέσσερα χρόνια. Σε αντίθεση με το χαρακτηρισμό των ευαίσθητων περιοχών, που αποτελεί υποχρέωση, ο προσδιορισμός λιγότερο ευαίσθητων περιοχών συνιστά μια δυνατότητα που παρέχεται στα κράτη-μέλη για ορισμένες περιπτώσεις υδάτων (ακτών και εκβολών ποταμών), όπου, λόγω ειδικών υδροδυναμικών συνθηκών, ενδέχεται τα αστικά λύματα να υποστούν επεξεργασία χαμηλότερου επιπέδου από την δευτεροβάθμια (κατ' ελάχιστον πρωτοβάθμια). Ο χαρακτηρισμός αυτός σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συνοδεύεται από αναλυτικές και εμπειριστατωμένες μελέτες που θα αποδεικνύουν και θα τεκμηριώνουν ότι η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων που απορρίπτονται στις περιοχές αυτές δεν επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον (Πηγή: Ανδρεαδάκης, 2015).

#### *2.8.4 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων*

Το σκεπτικό της επαναχρησιμοποίησης κατάλληλα επεξεργασμένων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων παρουσιάζει εγγενή οφέλη που σχετίζονται με την εξοικονόμηση υδατικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά οφέλη. Ωστόσο η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων απαιτεί έναν ολοκληρωμένο και ορθολογικό σχεδιασμό, που λαμβάνει υπόψη του ενδεχόμενους κινδύνους και περιορισμούς.

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων υπόκειται σε σοβαρούς περιορισμούς που υπαγορεύονται από διαπιστωμένους αλλά και θεωρητικούς κινδύνους. Το γενικό συμπέρασμα που έχει προκύψει μετά από πολύχρονες διεθνείς έρευνες δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικό για την άμεση επαναχρησιμοποίηση του νερού για σκοπούς ύδρευσης προς πόση ενώ σοβαροί ενδοιασμοί υπάρχουν και για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων που τα νερά τους προορίζονται για πόση. Πολύ καλύτερες προοπτικές παρουσιάζει η

επαναχρησιμοποίηση για άρδευση, αστικές (πλην πόσης) χρήσεις, το περιαστικό πράσινο, τη δημιουργία ή τον εμπλουτισμό υδάτινων σωμάτων για αναψυχή και για ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το νησί της Κω έχει η κάλυψη των υδατικών αναγκών του αγροτικού τομέα. Σε παγκόσμια κλίμακα η αγροτική άρδευση αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής χρήσης νερού ξεπερνώντας οποιαδήποτε άλλη χρήση, συγκεκριμένα στην Ελλάδα αγγίζει το 85% ενώ συνολικά στον πλανήτη τοποθετείται στο 70%. Ειδικότερα, σε απομακρυσμένα άνυδρα νησιά η κάλυψη της ζήτησης νερού αποτελεί συχνά ένα σύνθετο πρόβλημα, λόγω της έλλειψης επαρκών ποσοτήτων υδατικών πόρων.

Στη νομοθεσία ο βασικός διαχωρισμός της άρδευσης είναι η περιορισμένη και η απεριόριστη σύμφωνα με τον τύπο της καλλιέργειας και την διάθεσή του στο κοινό. Σύμφωνα με τον διαχωρισμό αυτόν ορίζεται ο βαθμός επεξεργασίας των εκροών και η αξιοπιστία της εκάστοτε μεθόδου: (Κολικονιάρης, 2012)

- 1) Η **περιορισμένη άρδευση**, η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Η μέθοδος του καταιονισμού σε αυτήν την περίπτωση είναι απαγορευμένη και απαιτούνται πρόσθετα μέτρα ως προς την προσβασιμότητα της περιοχής.
- 2) Στην **απεριόριστη άρδευση** συγκαταλέγονται όλα τα είδη των καλλιεργειών των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Σε αυτήν την περίπτωση ο καταιονισμός μπορεί να εφαρμοστεί και δεν απαιτείται περαιτέρω μέτρα απαγόρευσης της πρόσβασης στην περιοχή. Πρέπει να σημειωθεί πως κρίνεται απαραίτητη η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής τους εκάστοτε συστήματος άρδευσης ώστε να προσαρμόζεται ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή.

Στους Πίνακες 2.6 και 2.7 παρουσιάζονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και οι περιορισμοί για τις διάφορες εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών, που διαμορφώθηκαν κατά τη θεσμική ρύθμιση του 2011 (ΦΕΚ 354-8/3/11).

**Πίνακας 2.6** Όρια επαναχρησιμοποίησης για περιορισμένη άρδευση και βιομηχανική χρήση

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Περιορισμένη άρδευση</b> Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται.</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση</b> Νερό ψύξης μίας χρήσης</p> <p><b>Τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων</b> που δεν εμπίπτουν στην διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά. (δ)</p>	≤200 Διάμεση Τιμή	Σύμφωνα με την ΚΥΑ 5673/400/1997	Σύμφωνα με την ΚΥΑ 5673/400/1997	-	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία</p> <p>Απολύμανση</p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P</p> <p>↓</p> <p>Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC : μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της νομοθεσίας αφορά την απολύμανση. Αυτή επιτυγχάνεται με χλωρίωση, οζόνωση, υπεριώδης ακτινοβολία (UV), όπως επίσης και με οποιοδήποτε εναλλακτική μέθοδο καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων εξασφαλίζει εκροή με την απαιτούμενη συγκέντρωση E.coli. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής (C·t) μεγαλύτερο ή ίσο από 30 mg·min/lit, ενώ για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm<sup>2</sup> στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%

**Πίνακας 2.7** Όρια επαναχρησιμοποίησης για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ'ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Απεριορισμένη άρδευση</b> Όλες οι καλλιέργειες όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μίας χρήσης</b> Επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ. (η)</p>	<p>≤5 για το 80% των δειγμάτων και ≤50 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤2 Διάμεση Τιμή</p>	<p>Κατ'ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία</p> <p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία</p> <p>Ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση</p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P</p> <p>↓</p> <p>Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις.</p> <p>EC : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ' εξαίρεση για νησιώτικες περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα.</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub> συνεχώς ( εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση).</p>

Για τις παραπάνω παραμέτρους, η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων ανάγεται σε:

- 12 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 200.000 κατοίκους
- 4 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 50.000 - 200.000 κατοίκων
- 2 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 - 50.000 κατοίκων
- 1 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 - 10.000 κατοίκων
- Καμία για ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 2.000 κατοίκων και ιδιωτικά συστήματα



### 2.8.5 Ενεργειακό κόστος κατά την επεξεργασία λυμάτων

Το ενεργειακό κόστος είναι ένα από τα μεγαλύτερα κόστη μιας ΕΕΛ και ποικίλει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση. Το 30% της λειτουργικής δαπάνης των ΕΕΛ στις ΗΠΑ προϋπολογίζονται για την ενεργειακή χρήση και σε γενικές γραμμές το 25 με 40% (αν όχι και περισσότερο) των λειτουργικών εξόδων μιας τυπικής ΕΕΛ αποδίδεται στην κατανάλωση ενέργειας (Gu et al., 2017). Οι περισσότερες ΕΕΛ υποχρεούνται να αναζητούν κάθε ευκαιρία ώστε να εξοικονομήσουν τους οικονομικούς τους πόρους. Η εξοικονόμηση στα ενεργειακά κόστη μπορεί να ελευθερώσει σημαντικά ποσά, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν σε απαραίτητες εργασίες εκσυγχρόνισης, επέκτασης ή αποκατάστασης βλαβών (Voltz and Grischek, 2018).

Το ποσό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων ( $\text{kWh/m}^3$ ) ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται όπως υποστηρίζουν και οι Metcalf & Eddy (2007). Σύμφωνα με την έρευνα της Σιάτου (2018), η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος σε ΕΕΛ στην Ελλάδα ανάλογα με τον τύπο του συστήματος είναι κατά μέσο όρο:

- Οξειδωτική τάφρος: **0,687 kWh/m<sup>3</sup>**
- Δεξαμενές Πλήρους μείξης: **0,836 kWh/m<sup>3</sup>**
- Δεξαμενές Εμβολοειδούς ροής: **1,187 kWh/m<sup>3</sup>**

Σε αντίστοιχη έρευνα του Γκολιόπουλου (2019), προέκυψαν οι εξής σταθμισμένοι μέσοι όροι για τις kWh/κατ/d ανάλογα με τον πληθυσμό που εξυπηρετείται από την εγκατάσταση:

- Ι.π. < 10000: **0,233 kWh/κατ/d**
- 10000 < Ι.π. < 100000: **0,124 kWh/κατ/d**
- Ι.π. > 100000: **0,074 kWh/κατ/d**

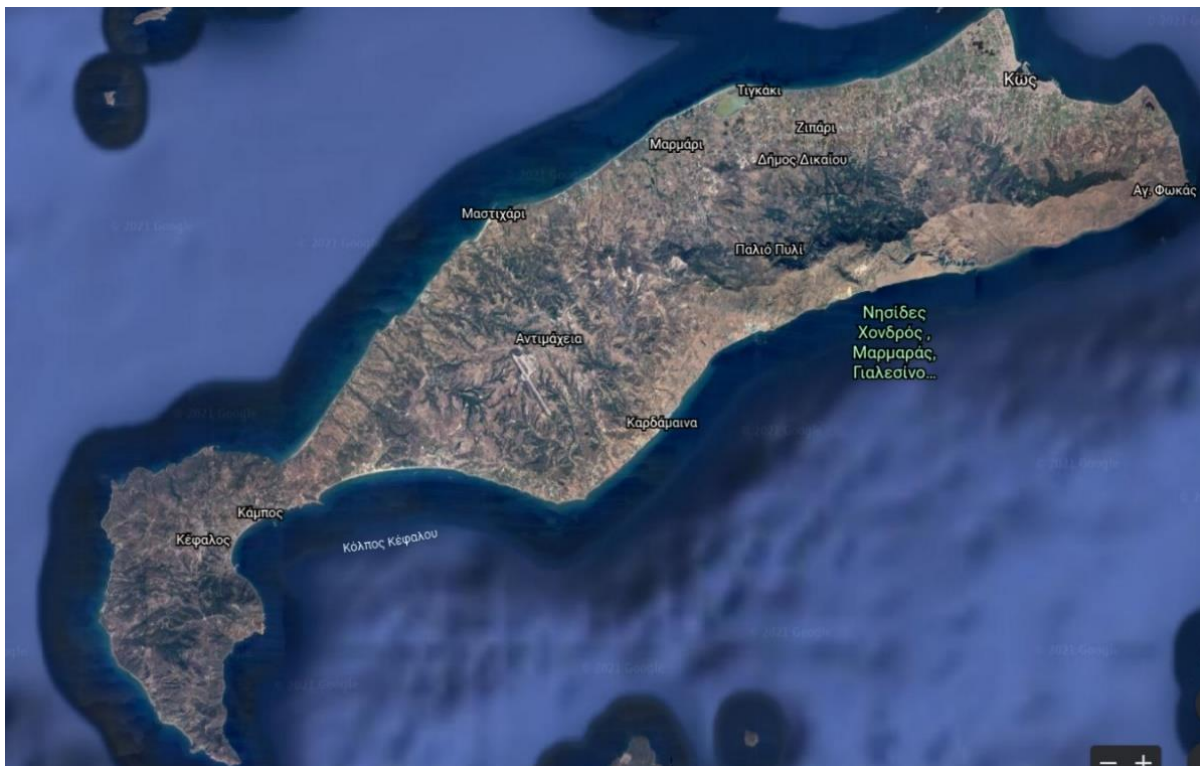
Από την έρευνα της Σιάτου (2018) πρόεκυψε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη βιολογική επεξεργασία. Το ποσοστό της κατανάλωσης στη βιολογική βαθμίδα βάσει των δεδομένων λειτουργίας είναι 84,6% επί της συνολικής κατανάλωσης και το ποσοστό που αντιστοιχεί στο σύστημα αερισμού είναι 77,0% επί της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας. Ακολουθούν με μεγάλη διαφορά στην ενεργειακή χρήση α) η προεπεξεργασία (9,5%), β) η απομάκρυνση φωσφόρου (6,7%) και γ) ο εξοπλισμός επεξεργασίας της ιλύος (1,9%).

Η αύξηση του κόστους της ενέργειας και οι ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις για υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας, τα οποία καταναλώνουν συνήθως περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, καθιστούν τις ΕΕΛ ιδιαίτερα ενεργοβόρες και κοστοβόρες εγκαταστάσεις. Έτσι, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των ΕΕΛ στρέφονται στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και στη μείωση του κόστους επεξεργασίας των λυμάτων. Ιδιαίτερο ρόλο στη μείωση του ενεργειακού κόστους μπορεί να διαδραματίσει ένα υβριδικό σύστημα, σε ένα μη διασυνδεδεμένο νησί όπως η Κως, προσφέροντας ενέργεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, χωρίς εκπεμπόμενους ρύπους

### 3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 3.1 Κως

Η Κως είναι ελληνικό νησί του Αιγαίου (Σχήμα 3.1, 3.2). Είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί των Δωδεκανήσων σε έκταση μετά τη Ρόδο και την Κάρπαθο και το δεύτερο σε πληθυσμό μετά τη Ρόδο. Η επιφάνεια του νησιού είναι 295,3 τ.χλμ. με ακτογραμμή 112 χιλιομέτρων. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η Κως, όπου βρίσκεται και το κυριότερο λιμάνι του νησιού. Απέχει από το λιμάνι του Πειραιά 200 ναυτικά μίλια. Το νησί διαθέτει και αεροδρόμιο το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 27 χιλιομέτρων, νοτιοδυτικά της πόλης της Κω, κοντά στο χωριό της Αντιμάχειας.



Σχήμα 3.1 Το νησί της Κω (Πηγή: Google Earth Pro)



**Σχήμα 3.2** Γεωγραφική θέση της νήσου Κω στη Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου και στο Νομό Δωδεκανήσων

### 3.2 Ιστορικά στοιχεία

Η Κως έχει μακρά και πλούσια ιστορία που χαρακτηρίζεται από διαφορετικούς πολιτισμούς που κατά καιρούς κυβερνούσαν το νησί. Ήταν ακατοίκητη μέχρι την τρίτη χιλιετία π.Χ, ενώ κατά την πρώιμη εποχή του Χαλκού μεγάλοι πληθυσμοί μετακινήθηκαν στο Αιγαίο. Σύμφωνα με τα ευρήματα της σπηλιάς της «Άσπρης Πέτρας» στον Κέφαλο, η πόλη της Κω υπήρξε κατά καιρούς ακατοίκητη μέχρι το τέλος της τρίτης χιλιετίας π.Χ.

Το νησί γνώρισε μεγάλη ακμή όταν κατά τη διάρκεια της δεύτερης χιλιετίας π.Χ. οι Μινωίτες εγκαταστάθηκαν εκεί ενώ οι λαοί της Κω πήραν μέρος και στον Τρωικό Πόλεμο, στέλνοντας πάνω από τριάντα πλοία. Μια νέα εποχή ανάπτυξης ακολούθησε όταν οι Δωριείς κυβέρνησαν το νησί τον 7ο και 6ο αι. π.Χ. Η Κως μαζί με τις πόλεις της Λίνδου, της Ιαλυσού και της Καμείρου στη Ρόδο, στην Κίνδο και στην Αλικαρνασσό δημιούργησαν μια συμμαχία πολιτικού, οικονομικού και θρησκευτικού ενδιαφέροντος, τη Δωρική Εξάπολη ενώ το νησί εντάχθηκε και στην Αθηναϊκή συμμαχία μετά την ήττα των Περσών κατά τον 5ο αιώνα π.Χ..

Το νησί γνώρισε μεγάλη ακμή εξαιτίας του φυσικού του περιβάλλοντος, του εμπορίου και της επεξεργασίας του ασημιού. Είναι επίσης γνωστό για τους καλλιτέχνες του αλλά και τους επιστήμονες που έζησαν στο νησί, με τον Ιπποκράτη να είναι ανάμεσα στις πιο αναγνωρίσιμες φιγούρες του νησιού. Ο Ιπποκράτης, που γεννήθηκε στην Κω το 460 π.Χ, δικαίως θεωρείται από τους επιστήμονες ως ο πατέρας της ιατρικής. Ήταν ίσως ο σπουδαιότερος γιατρός του αρχαίου κόσμου και ο σημαντικότερος εκπρόσωπος της Ιατρικής Σχολής της Κω, αλλά και βαθύς φιλόσοφος και ανθρωπιστής.

Στην Κω, μετά από μια περίοδο ολιγαρχικών και τυραννικών καθεστώτων, η δημοκρατία έφτασε το 394 π.Χ. όταν το νησί γνώρισε σημαντική ανάπτυξη στα οικονομικά και στην εκπαίδευση. Κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου το νησί κυριολεκτικά απογειώθηκε και το 82 π.Χ. η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία πήρε τον έλεγχο και κυβέρνησε μέχρι το 53 μ.Χ. Οι Βενετοί κατέκτησαν την Κω το 1204 μ.Χ. και κυβέρνησαν μέχρι να παραδώσουν το νησί στους

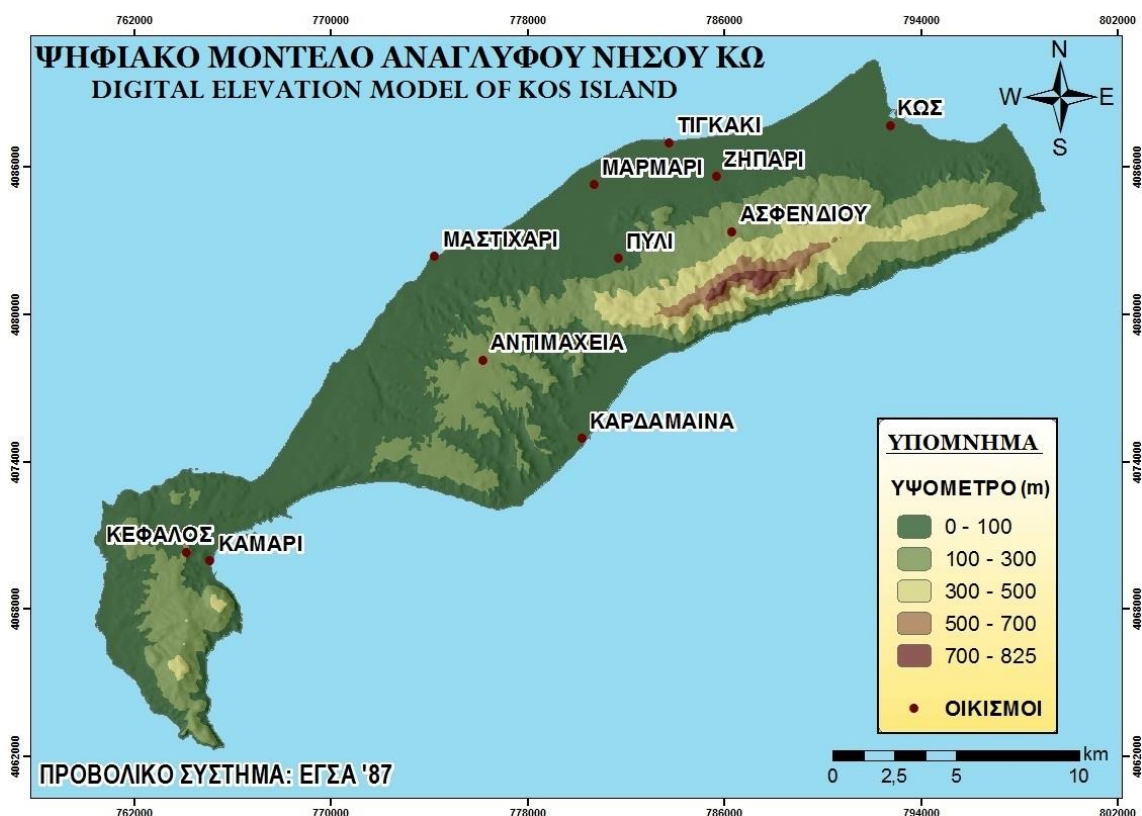
ιππότες του Αγίου Ιωάννη το 1215. Οι Ιππότες έχτισαν το κάστρο τον 14ο αιώνα για να αποτρέψουν την τούρκικη εισβολή και αυτό στέκει μέχρι σήμερα στην είσοδο του λιμανιού της Κω. Τον 15ο αιώνα, οι Τούρκοι τελικά κατέλαβαν το νησί έως το 1912 ενώ σειρά είχαν οι Ιταλοί που κυριάρχησαν έως το 1943.

Ένας μεγάλος σεισμός χτύπησε το νησί το 1930 και κατέστρεψε πολλά αρχαιολογικά σημεία ενώ οι Γερμανοί έφτασαν το 1943 και εκτόπισαν τους Ιταλούς. Ο βρετανικός στρατός απελευθέρωσε τους κατοίκους από τη Γερμανική κατοχή το 1945 και έβαλε τέλος σε μία δύσκολη κατοχή. Τέλος, η Κως άνηκε στη Βρετανία μέχρι και το 1948 όπου ενώνεται με την Ελλάδα.

### **3.3 Γεωμορφολογικά Δεδομένα**

Η συνολική έκταση του νησιού είναι 282,5 τετρ. χιλιόμετρα, μήκος 45 χιλιόμετρα και πλάτος 2–11 χιλιόμετρα. Το ΒΑ μέρος του αποτελείται κυρίως από γόνιμα και πεδινά εδάφη ενώ το ΝΔ μέρος από εδάφη άγονα και ορεινά, με εξαίρεση την εύφορη πεδιάδα της περιοχής της Καρδάμαινας και την πεδιάδα στον όρμο της Κεφάλου. Το Όρος Δίκαιος, γνωστό στους αρχαίους ως Ωρομέδων, Ωρίων ή Δίκαιον, είναι το ψηλότερο βουνό της Κω, με υψόμετρο 846 μέτρα.

Το σύνολο του νησιού από άποψη μορφολογίας παρουσιάζει πολυπλοκότητα, με διακριτές περιοχές που επικρατούν τα βουνά, οι λόφοι και οι πεδιάδες. Η μορφολογική αυτή εικόνα είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης αφ' ενός μεν των βραχωδών ανθρακικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων, αλλά και της επικάλυψης μεγάλου μέρους του νησιού από τα χαλαρά ηφαιστειακά υλικά που διαβρώνονται και αποσαθρώνονται εύκολα. Από μορφολογική άποψη στο νησί μπορεί να διακριθεί σε τρία κύρια τμήματα με κέντρο την ευρύτερη λοφώδη περιοχή Βολκανίας-Αντιμάχειας-Πυλίου. Στις νότιες παράκτιες περιοχές σχηματίζεται η επιμήκης πεδιάδα της Καρδάμαινας και ο κάμπος της Κεφάλου, ενώ στον όρμο του Χοχυλαρίου στα βόρεια η αποσάθρωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων και η αιολική διάβρωση έχουν δημιουργήσει ένα τελείως ιδιαίτερο για τα ελληνικά δεδομένα τοπίο αμμολόφων. Στα βορειοανατολικά της κεντρικής περιοχής σχηματίζεται η πεδιάδα του Πυλίου η οποία επεκτείνεται σε ολόκληρο το ανατολικό τμήμα της Κω μέχρι τη περιοχή του Φωκά ενώ προς δυσμάς επεκτείνεται και περιλαμβάνει την πεδιάδα του Μαστιχαρίου έως σχεδόν τον όρμο του Χοχυλαρίου Το ανατολικό τμήμα του νησιού παρουσιάζει μικτό ανάγλυφο με ορεινές εκτάσεις και απόκρημνα πρανή, λοφώδεις περιοχές στις προσβάσεις τους και εκτεταμένη πεδιάδα κατά μήκος της βόρειας ακτής. Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της νήσου Κω παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία Δήμου Κω)

### 3.4 Προστατευόμενο φυσικό περιβάλλον

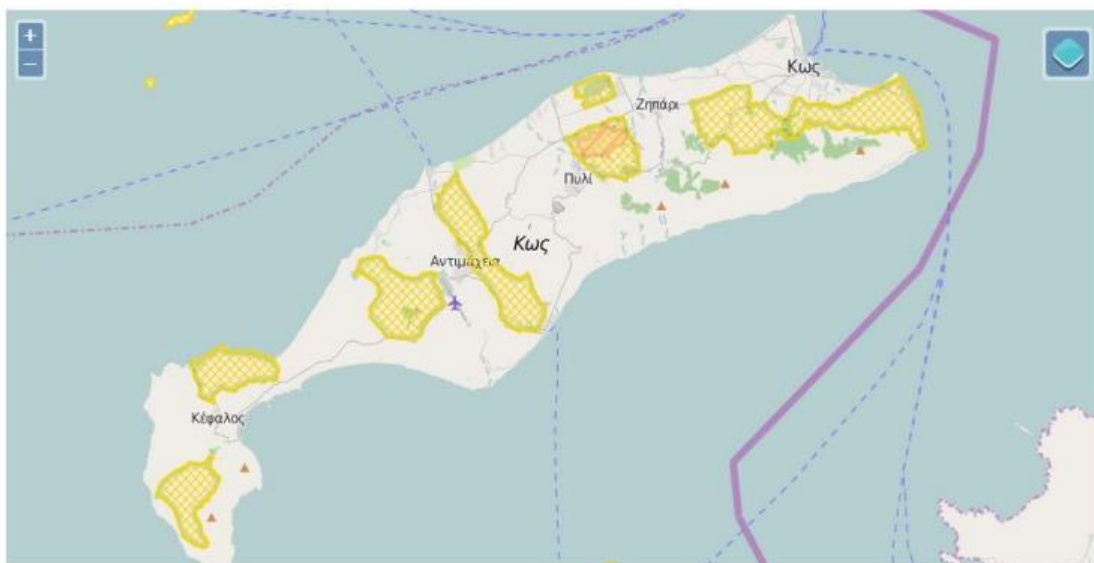
Η Κως είναι ένα νησί με πλούσια βλάστηση, πολλές πηγές και πεδιάδες. Το γεωφυσικό ανάγλυφο του νησιού παρουσιάζει έντονες χαράδρες με απότομους γκρεμούς, σχηματισμούς φυσικών απορροών και φαράγγια. Η παραλιακή ζώνη χαρακτηρίζεται κυρίως από αμμώδεις παραλίες, αμμοθίνες και σε μικρότερη έκταση τα παράλια είναι βραχώδη με απότομες εκβάσεις στη θάλασσα. Στο όρος Δίκαιος επικρατούν πευκοδάση *Pinus brutia*, κυπαρίσσια και φρύγανα αποτελώντας σημαντική περιοχή για την αναπαραγωγή απειλούμενων πτηνών. Το νησί διαθέτει δύο υδροβιότοπους, την αλυκή στο Τιγκάκι στο βόρειο τμήμα του νησιού και το έλος Ψαλίδι, που το καθιστούν σημαντικό σταθμό αποδημητικών πουλιών. Ιδιαίτερα σημαντικό, όσο αφορά την οικολογική διάσταση του νησιού, είναι ένας δάσος κέδρων νότια της Κεφάλου που επεκτείνεται με την μορφή λεπτής ζώνης σε όλη την παραλιακή περιοχή από το ακρωτήριο Τηγάνι μέχρι το ακρωτήριο της Χελώνας. Γενικά η χλωρίδα του νησιού είναι πλούσια και περιλαμβάνει σχεδόν 1.000 διαφορετικά είδη φυτών. Η περιοχή που περιλαμβάνει την αλυκή στο Τιγκάκι, το όρος Δίκαιος και το έλος Ψαλίδι έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 (ΚΩΣ: ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΛΟΥΡΟΣ - ΛΙΜΝΗ ΨΑΛΙΔΙ - ΟΡΟΣ ΔΙΚΑΙΟΣ - ΑΛΥΚΗ - ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΝΗ - GR4210008) και καλύπτει έκταση 10.138,24 εκταρίων.

Η περιοχή στο ορεινό μέρος του Ασφενδιού που περιλαμβάνει τη Ζιά και το Λαγούδι έχει χαρακτηριστεί ως τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Επίσης στο νησί υπάρχουν επτά ζώνες χαρακτηρισμένες ως καταφύγια άγριας ζωής (Πίνακας 3.1). Καταφύγιο Άγριας Ζωής είναι η

περιοχή που απαγορεύεται το κυνήγι κάθε θηράματος, με σκοπό την προστασία και την ανάπτυξη των πληθυσμών των θηραμάτων και των λοιπών ειδών της άγριας πανίδας ως και των ειδών της αυτοφυούς χλωρίδας. Τα καταφύγια άγριας ζωής, πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις προς κάλυψη των βασικών αναγκών του θηράματος σε ότι αφορά την ησυχία, τροφή και νερό. Στον χάρτη (Σχήμα 3.4) απεικονίζονται οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν τα καταφύγια άγριας ζωής.

**Πίνακας 3.1** Καταφύγια άγριας ζωής νήσου Κω

Όνομασία ΚΑΖ	Έκταση (ha)
ΑΣΦΕΝΔΙΟΥ-ΠΥΛΙΟΥ ΔΙΚΑΙΟΥ ΚΩ	739,50
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΛΥΚΗΣ ΒΑΙ ΚΩ	231,12
ΑΓ. ΦΩΚΑΣ-ΨΑΛΙΔΙ-ΚΑΣΤΕΛΟ-ΗΡΑΚΛΗΣ	2141,30
ΚΑΣΤΡΟ-ΤΣΑΓΚΑΡΗ-ΤΣΑΜΠΙ-ΣΑΜΠΕΗ-ΑΕΡΑΣ ΗΡΑΚΛΕΙΔΩΝ ΚΩ	1242,98
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ-ΚΑΤΣΟΥΝΔΡΙΑ-ΜΕΣΟΒΟΥΝΟ-ΑΜΠΕΛΛΑ	1026,60
ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΦΑΛΟΣ-ΚΑΜΗΛΑ & ΛΙΜΝΙΩΝΑ –ΣΦΑΚΙΑ ΚΕΦΑΛΟΥ ΚΩ	694,54
ΒΙΓΛΕΣ-ΑΓΡΟΙΕΛΙΑ-ΘΥΜΙΑΝΟΣ-...-ΠΑΝΑΓΙΑ ΣΤΥΛΩΤΗ	694,81



**Σχήμα 3.4** Καταφύγια άγριας ζωής στη Νήσο Κω (Πηγή: geodata.gov.gr)

Σύμφωνα με το CORINE 2000 υπάρχουν διάσπαρτοι φυσικοί βοσκότοποι κυρίως στις νοτιοανατολικές και κεντρικές περιοχές της Κω, εκ των οποίων διακρίνονται κυρίως ένας στα ανατολικά του νησιού εκτάσεως 11.190 στρ. και ένας μεταξύ Πυλίου και Αντιμάχειας και Καρδάμαινας με έκταση περίπου 4.000 στρ. Σύμφωνα με το ίδιο σύστημα χαρακτηρισμού χρήσεων γης οι φρυγανώδεις εκτάσεις εντοπίζονται σχεδόν σε όλο το νησί με υψηλότερη πυκνότητα αυτών στα κεντρικά, νότια και νοτιοανατολικά του νησιού. Τέλος, η Κως διαθέτει ιαματικές πηγές, όπως τα «Εμπρός Θέρμη» στον Άγιο Φωκά (Πηγή του Ιπποκράτη), τα «Πίσω Θέρμη» στην Αγία Ειρήνη, του Αγίου Σουλά, του Κοκκινόνερου κ.ά.

Βάσει του ΦΕΚ ΑΑΠ 229/19.06.2012 περί «Έγκριση καταλόγου μικρών νησιωτικών υγροτόπων και καθορισμός όρων και περιορισμών για την προστασία και ανάδειξη των μικρών παράκτιων υγροτόπων που περιλαμβάνονται σε αυτόν» στην Κω απαντώνται συνολικά 5 υγροτοπικές εκτάσεις, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2

**Πίνακας 3.2** Υγρότοποι νήσου Κω

Όνομασία	Κωδικός	Κατηγορία	Είδος	Έκταση (στρ)
Εκβολή ρύακα Μεγάλου Ποταμού	Y421KOS017	Εκβολή	Εσωτερικός	4,0
Έλος Λιμναρά	Y421KOS005	Εκβολή	Παράκτιος	8,0
Έλος Μαρμαρίου	Y421KOS006	Έλος	Παράκτιος	72,3
Έλος Μαστιχάρι	Y421KOS007	Εκβολή	Παράκτιος	29,1
Αβδελολίμνη	Y421KOS014	Εποχιακό τέλμα γλυκού νερού	Εσωτερικός	3,4

Οι υγρότοποι της Κω είναι πολύ σημαντικοί για την πανίδα των πτηνών κατά τη μετανάστευση τους. Σημαντικότερος από πλευράς ανάπτυξης είναι αυτή τη στιγμή ο βιότοπος του Ψαλιδίου (Σχήμα 3.5). Το Ψαλίδι είναι ένα ακρωτήριο τριγωνικού σχήματος έκτασης 1000 τετραγωνικών περίπου. Στο μέσο του περιήτου σχηματίσθηκε ένα βύθισμα που εξελίχθηκε σε υγρότοπο. Κατά την πάροδο του χρόνου σε μεγάλο τμήμα στο εσωτερικού της χέρσου δημιουργήθηκαν πολλές τουριστικές εγκαταστάσεις και μετέβαλαν οριστικά το τοπίο. Το τμήμα του που σήμερα αποτελεί τον υγροβιότοπο, παρέμεινε ανέπαφο. Στη διατήρηση συνετέλεσε η θεσμοθέτηση του Γενικού πολεοδομικού σχεδίου του Δήμου Κω. Σε αυτό τον οικότοπο ενδιαφέρει μια αξιόλογη πανιδική και χλωριδική ποικιλία. Γύρω από τον υγρότοπο του Ψαλιδιού και στην παράκτια και ακαία ζώνη υπάρχει ένα έντονο μωσαϊκό βλάστησης και τελικά μια πολύ αξιόλογη ποικιλία επιμέρους οικοτόπων. Στη βλάστηση του 23 φυσικού χώρου της περιοχής μελέτης αναγνωρίζονται πέντε (5) τύποι φυσικών οικοτόπων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, όπου έχουν καταγραφεί ως οκτώ (8) επιμέρους φυτοκοινωνίες : θαλάσσια βλάστηση (λιβάδια ποσειδώνιας), βλάστηση υγρών λιβαδιών με *Juncus spp.*, θαμνώδης βλάστηση με *Tamarix smyrnensis*, αλοφυτική βλάστηση με *Arthrocnemum spp.*, *Halocnemum spp* και *Salicornia spp*, βλάστηση φρυγάνων. (Περγαντής 2003α)



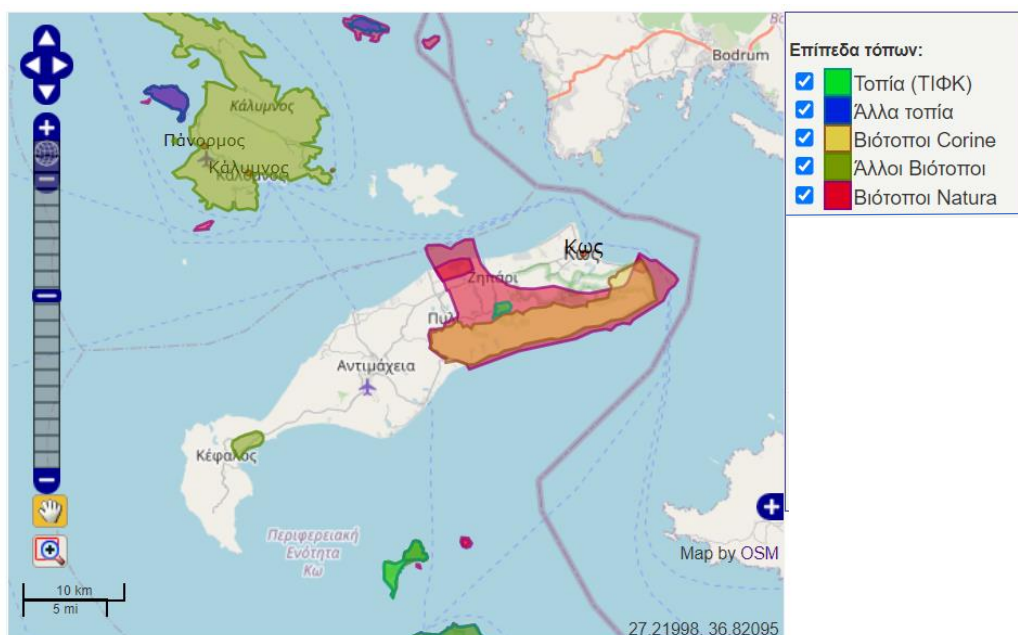
**Σχήμα 3.5** Υγρότοπος περιοχής Ψαλιδιού στη νήσο Κω (Πηγή: kos4all.com)

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στην орνιθοπανίδα στην οποία περιλαμβάνονται και αρκετά σπάνια ή απειλούμενα υδρόβια και παραουδάτια πτηνά. Ο υγρότοπος αποτελεί ζωτικό χώρο στάθμευσης και διατροφής διαφόρων μεταναστευτικών πουλιών όπως του Σταχτοτσικνιά, Κρυπτοτσικνιά, Λευκοτσικνιά, Πορφυροτσικνιά, Νυχτοκόρακα, Χαλκόκοτας, Σαρσέλας, Καλαμόκιρκου, Καλαμοκανά, Ψευτομαχητή, Λασπότρυγγα, Μαυρότρυγγα. Επίσης, στο Ψαλίδι διαχειμάζουν αρκετές εκατοντάδες αγριόπαπιες, φαλαρίδες και φοινικόπτερα. Τα τελευταία βρίσκονται σχεδόν καθημερινά στο Ψαλίδι, αφού εκεί βρίσκουν σε αφθονία ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς με τους οποίους τρέφονται. Θα πρέπει δε να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι ολόκληρη αυτή η βιολογική ποικιλία εξακολουθεί να υπάρχει και να βρίσκεται σε καλή φυσική κατάσταση παρά την άμεση γειτνίασή της σε έντονα ανεπτυγμένο περιαστικό περιβάλλον. Στα μελλοντικά σχέδια περιλαμβάνονται και ιδέες για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του υγροτόπου κατά τους θερινούς μήνες που ξεραίνεται.

Σημειώνεται ότι η εγκατάσταση δραστηριοτήτων δεν απαγορεύεται εντός προστατευόμενων περιοχών. Όμως, τα έργα, είτε εντός είτε πλησίον των περιοχών NATURA, οφείλουν να εναρμονίζονται με τον χαρακτήρα των ευαίσθητων αυτών περιοχών, ενισχύοντας τις βιώσιμες και ήπιες μορφές οικονομικής ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, απαγορεύονται δραστηριότητες που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα προστατευόμενα είδη ή στους ίδιους τους οικοτόπους. Ο Χάρτης απεικόνισης των τοπίων (ΤΙΦΚ) , βιότοπων Corine και Natura 2000 παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6.

Όπως προαναφέρθηκε, το ΒΑ μέρος του νησιού αποτελείται κυρίως από γόνιμα και πεδινά εδάφη ενώ το ΝΔ μέρος από εδάφη άγονα και ορεινά, με εξαίρεση την εύφορη πεδιάδα της περιοχής της Καρδάμαινας και την πεδιάδα στον όρμο της Κεφάλου.





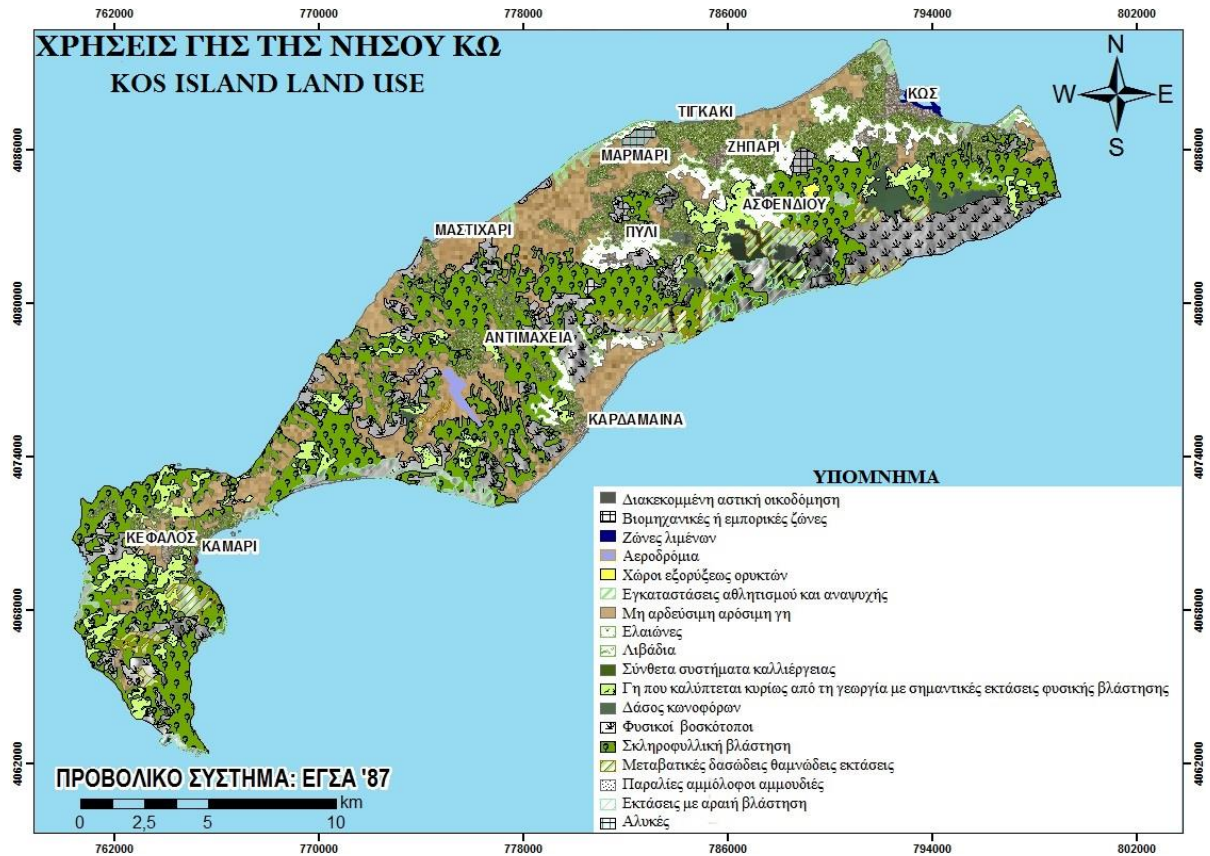
**Σχήμα 3.6** Χάρτης απεικόνισης των τοπίων (ΤΙΦΚ), βιότοπων Corine και Natura 2000 στη νήσο Κω (Πηγή: Φιλότης, 2021)

### 3.5 Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης καθορίζονται από τη μορφολογία του εδάφους, το υπάρχον υδάτινο δυναμικό και την εν γένει ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, η κατανομή του νησιού σε χρήσεις, απεικονίζεται στον Πίνακα 3.3. Οι χρήσεις Γης, όπως παρέχονται από την Πολιτική Προστασία Δήμου Κω, απεικονίζονται στο Σχήμα 3.7.

**Πίνακας 3.3** Χρήσεις Γης νήσου Κω (Πηγή: Corine, 2010)

Χρήση Γης	Έκταση (στρεμ.)	Ποσοστό
Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	814,68	0,28%
Ανοικτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	8524,94	2,97%
Συνδυασμοί θαμνώδους και ποώδους βλάστησης	138613,64	48,31%
Δάση	6941,28	2,42%
Ετερογενής γεωργικές περιοχές	52426,76	18,27%
Λιβάδια	1357,67	0,47%
Μόνιμες Καλλιέργειες	13245,80	4,62%
Αρόσιμη Γη	55670,56	19,40%
Τεχνητές μη γεωργικές Ζώνες Πρασίνου	2864,61	1,00%
Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	282,34	0,10%
Βιομηχανικές εμπορικές ζώνες και χώροι οικοδόμησης	2763,18	0,96%
Αστικός Ιστός	3440,29	1,20%
<b>Σύνολο</b>	<b>286945,74</b>	<b>1</b>



**Σχήμα 3.7** Χρήσεις Γης της νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία Δήμου Κω)

Με βάση τα παραπάνω είναι προφανές ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης, καταλαμβάνεται από γεωργική γη και βοσκότοπους (δημόσιους και ιδιωτικούς), δάση και δασικές εκτάσεις.

### 3.5 Εδαφολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά

Από γεωλογική άποψη το νησί διακρίνεται σε τρία (3) επιμέρους τμήματα. Πρόκειται για την ανατολική, την κεντρική και την δυτική περιοχή. Η ανατολική περιοχή διακρίνεται περαιτέρω με βάση μορφολογικά και γεωλογικά κριτήρια σε τρεις (3) επιμέρους ζώνες. Είναι η νότια ορεινή ζώνη, η κεντρική λοφώδης και η βόρεια πεδινή ζώνη. Η ορεινή ζώνη αποτελείται από ασβεστόλιθους, ηφαιστειακά πετρώματα και φλύσχη. Στο δυτικό τμήμα της επικρατούν τα ανθεκτικά στην διάβρωση ηφαιστειακά πετρώματα των διοριτών, τραχειτών και τραχειανδευσιτών, καθώς και συμπαγής ασβεστόλιθοι κρητιδικής ηλικίας, οι οποίοι επικαλύπτουν παλαιοζωικούς σχιστόλιθους που συνιστούν το υπόβαθρο του νησιού. Στο ανατολικό τμήμα της ορεινής ζώνης επικρατούν ψαμιτομαργαϊκά ιζήματα και φλύσχη που είναι σχηματισμοί λιγότερο ανθεκτικοί στην διάβρωση από αυτούς του δυτικού τμήματος. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι μέσα στο φλύσχη υπάρχουν φλέβες εκρηξιγενών πετρωμάτων και λίγες ασβεστολιθικές παρεμβολές. Στην κεντρική λοφώδη ζώνη της ανατολικής πλευράς της Κω επικρατούν τα ιζήματα νεογενούς ηλικίας που αποτελούνται από μάργες αργιλικές ψαμμιτικές, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή τα οποία κατά θέσεις είναι ιδιαίτερα συνεκτικά. Τέλος στην βόρεια πεδινή ζώνη επικρατούν τα σύγχρονα προσχωματικά

υλικά που έχουν ποικίλη κοκκομετρική διαταξιθέτηση και το πάχος τους κυμαίνεται κατά θέσεις από λίγα μέτρα έως λίγα δεκάδες μέτρα. Στην ανατολική πλευρά του νησιού είναι πολύ χαρακτηριστική η κλιμακωτή διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών από την ορεινή προς την πεδινή ζώνη, η οποία οφείλεται αφ' ενός μεν σε ενδογενή αιτία, δηλαδή στις ορογενετικές κινήσεις που έπληξαν το νησί και αφ' ετέρου στην επίδραση των παραγόντων διάβρωσης και καταστροφής των υλικών ηφαιστειακών εκχύσεων, τα οποία έχουν επικαλύψει νεογενή κατά βάση ιζήματα αργιλομαργαϊκών και ψαμμιτικών υλικών. Η δυτική πλευρά του νησιού γεωλογικά παρουσιάζει μεγαλύτερη ποικιλία. Στο κεντρικό οροπέδιο κυριαρχούν οι ηφαιστειακή τόφφοι, ενώ στο βόρειο τμήμα της υπάρχουν καρστικοί ασβεστόλιθοι. Στο νότιο τμήμα της περιοχής ανάντη της Κεφάλου επικρατούν τα ηφαιστειακά πετρώματα κύρια λάβες, όπως τραχείτες, τραχειανδεσίτες (Πηγή: Καψάλης κ.ά., 2013).

Ολόκληρος ο θαλάσσιος χώρος στα νότια της Κω και σε περιφέρεια διαμέτρου 20 μιλίων, είναι έδρα ηφαιστειώδους δράσης. Ηφαιστειογενείς ζώνες -πού υπάγονται γεωλογικά στην ενδοκυκλαδική ζώνη ηφαιστειών- συναντούμε στη χερσόνησο της Κεφάλου και στις νοτιοανατολικές περιοχές της Κω. Λόγω των ζωνών αυτών έχουν σημειωθεί αρκετοί μικροί σε μέγεθος σεισμοί στη θαλάσσια περιοχή, ενώ αντίθετα αρκετά μεγαλύτεροι έχουν παρατηρηθεί κοντά στα χερσαία τμήματα του νησιού.

### **3.6 Μετεωρολογικά δεδομένα**

Τα αναλυτικά μετεωρολογικά στοιχεία που παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.4 και 3.5, είναι από το Μετεωρολογικό σταθμό της Κω. Από τους πίνακες αυτούς προκύπτουν τα εξής:

- Ως προς την θερμοκρασία, η μικρότερη μέση ελάχιστη εμφανίζεται το μήνα Φεβρουάριο (8,32 °C) με μέση απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία τους 2,75 °C. Η μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο (30,67 °C) με μέση απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία τους 35,75 °C.
- Ως προς τα κατακρημνίσματα θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μέσο ύψος βροχής είναι 559,54 χιλιοστά, με τον μήνα Δεκέμβριο να εμφανίζεται με το μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο ύψος βροχής τα 121,96 χιλιοστά.. Ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με το υψηλότερο μέγιστο ημερήσιας βροχής (134,90 χ.).
- Ως προς τους ανέμους οι επικρατούντες άνεμοι είναι Βόρειοι με μέσο ετήσιο αριθμό ημερών που εμφανίζουν ένταση άνω των 8 μποφόρ τις 17,96, από αυτές οι περισσότερες εμφανίζονται από το Δεκέμβριο έως το Μάρτιο (11,85 ημέρες)

**Πίνακας 3.4** Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού Κω 1981-2013 (Θερμοκρασία, υετός, άνεμοι) (Πηγή: EMY, 2014)

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C							Μέση σχετική υγρασ. %	Μέση νέφωση όγδοα	ΥΕΤΟΣ		Επικρατ. διεύθυν. ανέμου	Μέση έντ. ανέμου σε κόμβους
	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	Απολύτως Μέγιστη	Απολύτως Ελάχιστη	Μέση απολύτως Μέγιστη	Μέση απόλυτη Ελάχιστη			Μέσο ύψος χλσμ.	Μέγ. 24ωρου σε χλσμ.		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11,06	13,60	8,91	19,00	-0,80	17,43	3,68	71,30	3,84	102,09	134,90	N	9,63
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10,72	13,48	8,32	20,40	-2,00	17,62	2,75	70,77	3,76	87,00	105,60	N	10,56
ΜΑΡΤΙΟΣ	12,32	15,27	9,72	23,40	0,00	19,59	4,75	71,53	3,45	72,85	97,20	N	9,44
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,61	18,87	12,51	29,00	3,80	24,48	8,67	70,12	3,21	32,62	46,20	N	8,80
ΜΑΙΟΣ	19,71	23,53	16,05	35,60	9,00	29,28	12,10	66,33	2,21	12,32	21,60	N	8,61
ΙΟΥΝΙΟΣ	24,03	28,23	19,88	36,20	12,40	33,33	16,22	59,80	0,73	2,76	16,40	N	9,69
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,14	30,67	22,04	39,40	17,40	35,75	19,35	58,04	0,21	0,10	2,20	N	11,30
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,78	30,31	22,20	39,00	12,80	34,90	19,40	62,56	0,24	1,13	26,00	N	10,65
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	23,33	27,37	20,06	36,40	15,40	31,75	17,30	64,17	0,71	5,94	30,50	N	9,44
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19,75	23,31	16,95	36,20	8,20	28,57	12,77	68,26	1,89	32,39	88,40	N	8,55
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15,38	18,23	13,05	29,20	4,00	23,20	8,09	71,63	3,33	88,37	70,40	N	9,03
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	12,42	14,88	10,35	20,20	1,20	18,87	4,80	74,04	4,11	121,96	95,30	N	9,66
ΕΤΟΣ	18,02	21,48	15,00	39,40	-2,00	26,23	10,82	67,38	2,31	559,54	134,90	N	9,61

**Πίνακας 3.5** Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού Κω 1981-2013 (Πηγή: EMY, 2014)

ΜΗΝΕΣ	Νέφωση από 0 - 1,5/8			Νέφωση από 1,6/8 - 6,4/8			Νέφωση από 6,5/8 - 8/8			Ελάχιστη θερμοκρασία ≤ 0,0 °C			Μέγιστη θερμοκρασία ≤ 0,0 °C			Μέγ. Ταχύτητα ανέμου ≥ από 6 Μποφόρ		Μέγ. Ταχύτητα ανέμου ≥ από 8 Μποφόρ	
	Οκβριος	Βροχή	Χάνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Ψεκασμός	Ομίχλη	Δρόσος	Πάχνη	Ελάχιστη θερμοκρασία ≤ 0,0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία ≤ 0,0 °C	Μέγ. Ταχύτητα ανέμου ≥ από 6 Μποφόρ	Μέγ. Ταχύτητα ανέμου ≥ από 8 Μποφόρ						
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,23	20,50	4,27	0,00	11,32	0,23	3,77	0,14	0,05	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00	12,52	2,71			
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,13	18,48	3,61	0,00	10,13	0,26	3,70	0,13	0,04	0,00	0,22	0,00	0,30	0,00	13,36	4,64			
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,50	19,32	3,18	0,05	7,62	0,10	3,43	0,00	0,00	0,24	0,23	0,00	0,05	0,00	11,30	2,35			
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,00	19,74	2,26	0,05	6,23	0,00	2,32	0,00	0,09	0,50	0,32	0,00	0,00	0,00	9,23	1,55			
ΜΑΙΟΣ	14,48	15,43	1,10	0,00	2,81	0,00	1,10	0,00	0,05	1,57	0,29	0,05	0,00	0,00	7,38	0,33			
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,00	4,96	0,04	0,00	0,82	0,09	0,50	0,00	0,00	1,14	0,43	0,00	0,00	0,00	9,91	0,45			
ΙΟΥΛΙΟΣ	29,70	1,26	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,96	0,13	0,00	0,00	0,00	14,17	0,57			
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	29,74	1,26	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,83	0,52	0,00	0,00	0,00	11,78	0,22			
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24,83	5,04	0,13	0,00	1,00	0,04	0,48	0,00	0,00	1,43	0,79	0,00	0,00	0,00	8,41	0,41			
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,38	14,00	0,63	0,08	3,29	0,00	1,83	0,00	0,00	0,54	0,33	0,00	0,00	0,00	8,18	0,82			
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8,58	18,71	2,71	0,04	9,63	0,00	4,04	0,00	0,08	0,08	0,58	0,00	0,00	0,00	10,45	1,73			
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4,88	21,71	4,29	0,17	12,70	0,04	4,57	0,22	0,13	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	12,57	2,19			
ΕΤΟΣ	182,44	160,40	22,26	0,39	65,62	0,76	25,82	0,48	0,44	7,29	4,15	0,05	0,44	0,00	129,28	17,96			

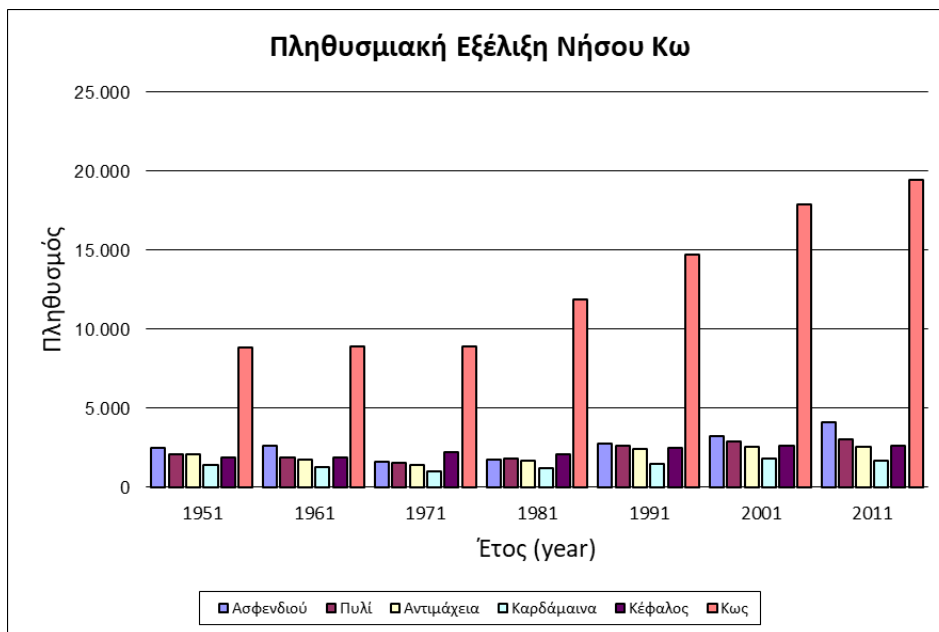
### 3.6 Δημογραφικά στοιχεία – Τουριστική κίνηση

Ο πληθυσμός του νησιού σύμφωνα με την απογραφή του 2021 ανέρχεται σε 36986 μόνιμους κατοίκους. Η εξέλιξη του πληθυσμού από το 1951, όπως αυτή φαίνεται στον Πίνακα 3.6, δείχνει μια σαφή τάση αύξησης του πληθυσμού. Ιδιαίτερα από την απογραφή του 1971 και έπειτα, η αύξηση του πληθυσμού ήταν ραγδαία με πιο σημαντική αυτήν που καταγράφεται το 2011, όπου ο πληθυσμός του νησιού αυξήθηκε κατά 49%.

**Πίνακας 3.6** Πληθυσμιακή εξέλιξη της νήσου Κω (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Πληθυσμιακή Εξέλιξη της νήσου Κω							
	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
<b>Ασφενδιού</b>	2.500	2.590	1.594	1.723	2.741	3.205	4.094
<b>Πυλί</b>	2.092	1.883	1.508	1.816	2.630	2.889	3.036
<b>Αντιμάχεια</b>	2.061	1.720	1.428	1.676	2.392	2.573	2.538
<b>Καρδάμαινα</b>	1.374	1.229	1.010	1.212	1.451	1.783	1.650
<b>Κέφαλος</b>	1.886	1.861	2.197	2.072	2.451	2.609	2.638
<b>Κως</b>	8.863	8.904	8.913	11.851	14.714	17.890	19.432
<b>Νήσος</b>	<b>18.776</b>	<b>18.187</b>	<b>16.650</b>	<b>20.353</b>	<b>26.379</b>	<b>30.949</b>	<b>33.388</b>

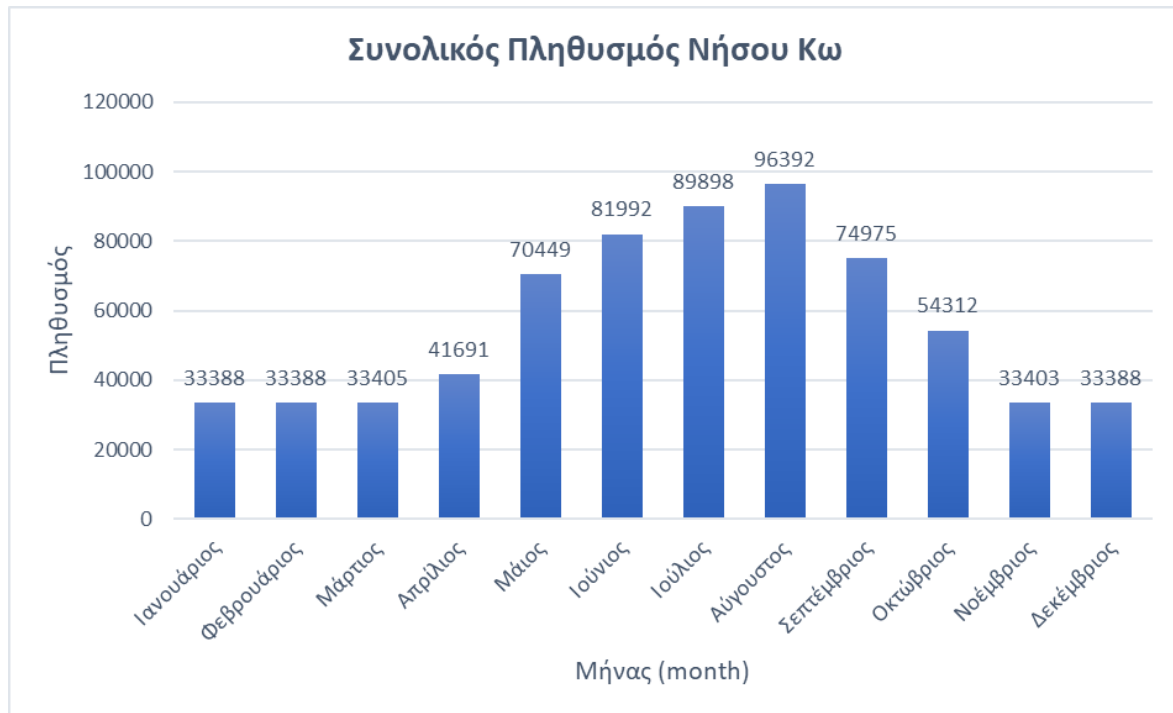
Επίσης, την μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού την έχει ανά τις δεκαετίες η πόλη της Κω, η οποία από τους 8913 κατοίκους το 1971, το 2011 έφτασε τους 19432 κατοίκους. Από το 2001 στο 2011 παρατηρείται μια ελαφριά αύξηση του πληθυσμού, από τους 30949 κατοίκους στους 33.388. Η εξέλιξη του πληθυσμού της Νήσου Κω από το 1951 έως το 2011 φαίνεται στο Σχήμα 3.8.



**Σχήμα 3.8** Εξέλιξη πληθυσμού στους οικισμούς της Κω (1951-2011) (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Σύμφωνα με τον ενιαίο φορέα τουρισμού η τουριστική ανάπτυξη της Κω ήταν ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες. Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες, έχουν οικοδομηθεί μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες στο νησί, διαμορφώνοντας μια νέα αρχιτεκτονική πραγματικότητα. Το νησί όμως έχει και έντονη τουριστική κίνηση, τους θερινούς μήνες και όχι μόνο. Η εύκολη πρόσβαση με πλοίο ή αεροπλάνο και το φυσικό κάλος του νησιού καθιστούν την Κω έναν πολύ ελκυστικό προορισμό. Μέσα σε λίγα χρόνια το νησί κατάφερε να εξελιχθεί σε ένα από τους μεγαλύτερους πόλους τουριστικής έλξης. Σήμερα ο τουρισμός είναι ο σημαντικότερος παραγωγικός τομέας του νησιού. Σημαντική ώθηση στον τουρισμό έδωσε το διεθνές αεροδρόμιο της Κω μέσα από το οποίο διακινούνται χιλιάδες τουρίστες. Τα χαρακτηριστικά

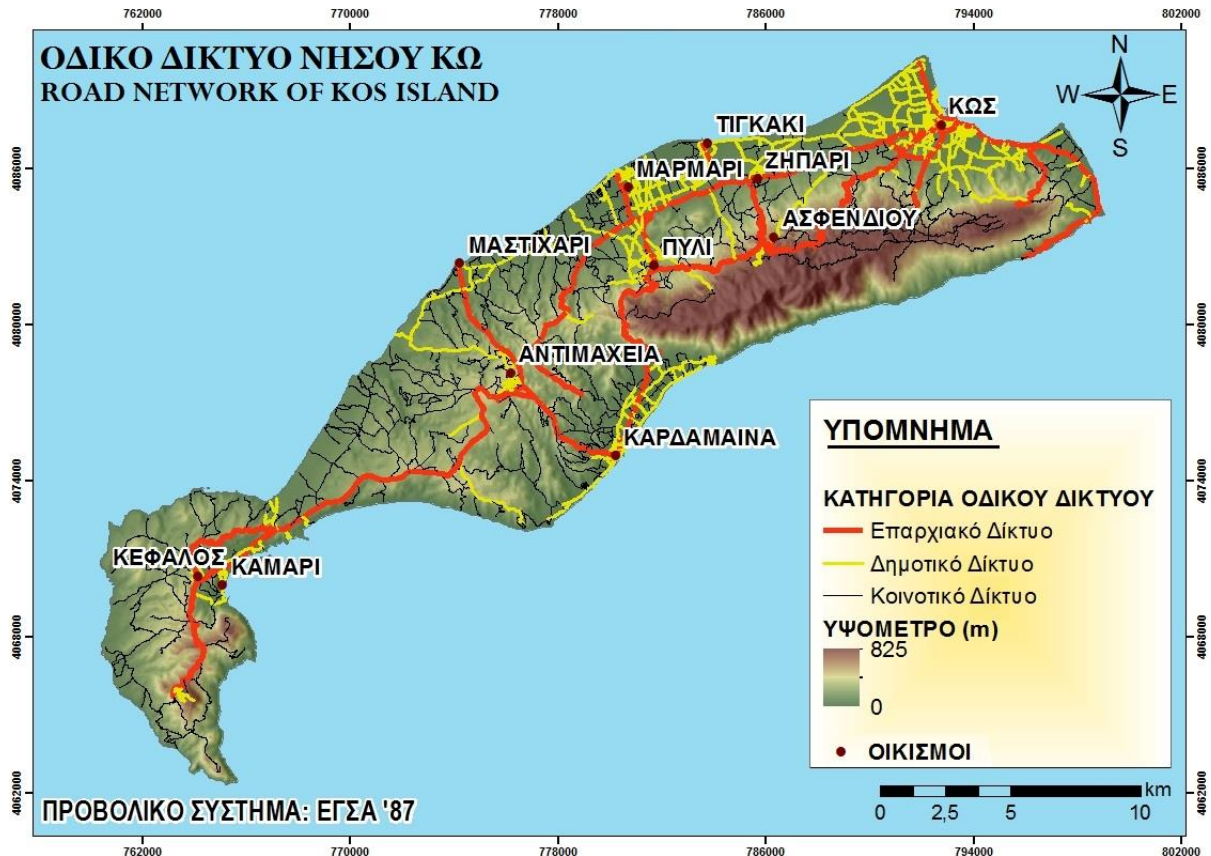
που ελκύουν τον τουρισμό είναι πολυάριθμα: τα αρχαία, οι παραλίες, ο ορεινός όγκος, οι υποδομές, η νυχτερινή ζωή, ο τρόπος διασκέδασης και το φαγητό. Η ταυτότητα και ο χαρακτήρας του νησιού διαφέρει πολύ από τα νησιά του κεντρικού Αιγαίου. Είναι μίγμα του αρχαίου ελληνικού πολιτισμού και των μετέπειτα κατακτητών και ταυτόχρονα παρουσιάζει στοιχεία σύνδεσης του ευρωπαϊκού πολιτισμού με τον ανατολικό. Με βάση στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ για τις αφίξεις με αεροπλάνο και με πλοίο, η εκτίμηση του πληθυσμού της Κω ανά μήνα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.9.



**Σχήμα 3.9** Εκτίμηση της μηνιαίας διακύμανσης του πληθυσμού στο νησί της Κω (Μόνιμοι κάτοικοι και τουρίστες)

### 3.7 Οδικό δίκτυο

Η νήσος Κως διαθέτει ένα επαρκές και σε σχετικά καλή κατάσταση οδικό δίκτυο (Σχήμα 3.10). Το κύριο οδικό δίκτυο είναι γενικά σε καλή κατάσταση ειδικά προς τους τουριστικούς προορισμούς. Σε αυτό διευκολύνει και η χάραξή του όπου λόγω μορφολογίας απουσιάζουν οι πολλές στροφές στους δρόμους. Προβλήματα αποτελούν, η απουσία φωτισμού του δικτύου τη νύχτα και ειδικά στο κομμάτι με τις στροφές (πόρτες Αντιμάχειας), που το κάνει επικίνδυνο και ο μεγάλος αριθμός στενών δρόμων που διασταυρώνονται με τον κύριο και δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για ατυχήματα. Αντίθετα το δευτερεύον οδικό δίκτυο που ανεβαίνει προς τον ορεινό όγκο του Δικαίου (Ευαγγελίστρια, Ασώματος, Ζιά) είναι σε άσχημη κατάσταση και χαρακτηρίζεται επικίνδυνο.



Σχήμα 3.10 Οδικό δίκτυο νήσου Κω (Πηγή: Πολιτική Προστασία δήμου Κω)

### 3.8 Μεταφορές- Συγκοινωνία

Το νησί της Κω διαθέτει κρατικό αερολιμένα στην περιοχή της Αντιμάχειας σε απόσταση περίπου 27 km νοτιοδυτικά της πόλεως Κω και σε απόσταση περίπου 5,5 km βορειοδυτικά της Καρδάμαινας. Λειτουργεί από το 1964 και ως διεθνής κρατικός αερολιμένας έχει συμβάλει σημαντικά στην τουριστική ανάπτυξη του νησιού.

Όσον αφορά τις θαλάσσιες συγκοινωνίες, στη Κω λειτουργούν τέσσερις λιμενικές εγκαταστάσεις και μια μαρίνα. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις του νησιού διαχειρίζονται από το Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο Κω. Το κεντρικό λιμάνι της Κω (Σχήμα 3.11) δέχεται πλοία από και προς Πειραιά, Ρόδο και τα υπόλοιπα νησιά. Επίσης, το ίδιο λιμάνι εξυπηρετεί και τα εμπορικά πλοία. Στο κεντρικό λιμάνι λειτουργεί Τελωνείο. Στη Καρδάμαινα λειτουργεί εμπορικός-επιβατικός- τουριστικός λιμένας που εξυπηρετεί την σύνδεση της Κω με το νησί της Νισύρου ενώ τους θερινούς μήνες δραστηριοποιούνται τουριστικά πλοία. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις στο Μαστιχάρι είναι χαρακτηρισμένες ως αλιευτικό καταφύγιο ενώ παράλληλα εξυπηρετούν και καθημερινά δρομολόγια μικρών πλοιαρίων μεταξύ της Κω και της Καλύμνου. Πέρα των παραπάνω λειτουργούν δύο ακόμα αλιευτικά καταφύγια εκ των οποίων το ένα βρίσκεται στο Καμάρι Κεφάλου και το άλλο στο Λιμνιώνα .



Σχήμα 3.11 Το λιμάνι της Κω (Πηγή: Geotag Aeroview, 2014)

### 3.9 Ενέργεια

Οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού εξυπηρετούνται από έναν Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος ισχύος 138,74 MW που βρίσκεται στην περιοχή του Μαστιχαριού, δυτικά του νησιού. Τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια το νησιωτικό σύμπλεγμα των νήσων Κω, Καλύμνου, Τενέδου, Λέρου, Λειψών, Γυαλί, Νισύρου, Τήλου και Ψερίμου.

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι μαζούτ χαμηλού θείου και πετρέλαιο κίνησης ντίζελ. Τα παραπάνω καύσιμα είναι σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες προδιαγραφές ποιότητας. Το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσης τάσης (20 KVolt) και είναι εναέριο με ορισμένες μικρές εξαιρέσεις. Οι εγκαταστάσεις του ΤΣΠ περιλαμβάνουν 8-9 μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) συνολικής μεγίστης ονομαστικής ισχύος 129,52 MWe, 3 φορητά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) εσωτερικής καύσης συνολικής ονομαστικής ισχύος 4,8 MWe για την κάλυψη αιχμών ζήτησης και 1 αεριοστροβιλική μονάδα ονομαστικής ισχύος 15,55 MWe για την κάλυψη αιχμών ζήτησης. Επειδή το νησί είναι τουριστικό και το καλοκαίρι υπάρχει αυξημένη ζήτηση ρεύματος ο χρόνος χωρίζεται σε δύο περιόδους, τη θερινή και τη χειμερινή. Το δίκτυο διανομής είναι παλιό με συχνά προβλήματα και βλάβες και έχει υψηλές απώλειες για το λόγω αυτό έχει δρομολογηθεί η κατασκευή νέου εναέριου δικτύου, 150 KVolt, στο μεγαλύτερο κομμάτι του.

Όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 2.4, η Κως είχε τον Μάρτιο του 2021 εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στα 24,38 MW, εκ των οποίων τα 15,20 MW είναι από αιολικά πάρκα και 8,78 MW από φωτοβολταϊκά. Η κύρια πηγή ενέργειας όμως είναι ο θερμικός σταθμός που είναι εγκατεστημένος στο νησί, που εξυπηρετεί το νησί της Κω και το νησί της Καλύμνου.



Συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 2.4, στο σύστημα Κως-Κάλυμνος, τα συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής είναι τα εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς θερμικών μονάδων: 138,74 MW
- Μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης: 74 MW

### 3.10 Ύδρευση

Οι υδρευτικές ανάγκες του νησιού καλύπτονται κυρίως από γεωτρήσεις και φυσικές πηγές. Η Κως υδροδοτείται από 23 γεωτρήσεις με παροχές από 15 έως 80 m<sup>3</sup>/h. Το νερό που διαθέτει η Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης- Αποχέτευσης Όμβριων και Ακαθάρτων (Δ.Ε.Υ.Α.Κ) καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις υδρευτικές ανάγκες.

Κατά το παρελθόν, η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. χρηματοδότησε το πρόγραμμα «Εκτίμηση και διαχείριση υδατικού δυναμικού νήσου Κω» που εκπονήθηκε από το Ε.Μ.Π. Τα αποτελέσματα του προγράμματος για την περίοδο 1982 -1996 έδειξαν αρνητικό αθροιστικό ισοζύγιο μεταξύ βροχοπτώσεων και χρησιμοποιούμενου νερού. Στο νησί δεν υπάρχει κάποιος ποταμός συνεχούς ροής. Οι περισσότεροι είναι χείμαρροι και λειτουργούν κατά την περίοδο των βροχών. Επιπρόσθετα, μικρά ρυάκια συνεχούς ροής τροφοδοτούνται από πηγές. Ορισμένες από τις πηγές είναι συνεχόμενης ροής και σε ορισμένες από αυτές υπάρχουν έργα υδρομάστευσης από την εποχή της Ιταλοκρατίας. Τέτοιου είδους πηγές και νερό χρησιμοποιούνται από του κατοίκους της Δημοτικής Ενότητας Δικαίου για ύδρευση, σε αντίθεση με το Δήμο Κω, που χρησιμοποιεί νερό από γεωτρήσεις. Το νερό των πηγών θεωρείται πολύ καλής ποιότητας.

### 3.11 Άρδευση

Ο τουριστικός τομέας καταναλώνει πολύ υψηλές ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να λειτουργεί ανταγωνιστικά με τον γεωργικό τομέα. Παρόλα αυτά υπάρχουν υδρομαστευτικά έργα με στόχο να ικανοποιήσουν αρδευτικές ανάγκες αλλά και ανάγκες για νερό οικιακής χρήσης. Γεωτρήσεις συναντάμε σε διάφορα σημεία του νησιού, ιδιαίτερα στα πεδινά βόρεια τμήματα του νησιού όπου πολλοί ιδιοκτήτες γης έχουν ιδιωτικές γεωτρήσεις.

Η άρδευση ενισχύεται και από τις λιμνοδεξαμενές στη περιοχή Πλατύ και στη περιοχή της Μεσσαρίας. Στη θέση Πλατύ που βρίσκεται νότια της πόλης, έχει κατασκευαστεί λιμνοδεξαμενή όγκου 342.000 m<sup>3</sup> για άρδευση και ύδρευση. Ο τύπος της λιμνοδεξαμενής είναι εξωποτάμιος με καλυμμένη μεμβράνη και τροφοδοτείται από τρεις υδροληψίες επί των χείμαρρων Πλατύ και Γιάπυλης. Έχει σχεδιαστεί ώστε να καλύπτει την άρδευση 128 στρ. καλλιεργήσιμης έκτασης. Αν και λειτουργεί κανονικά από το 2007, οπότε και περατώθηκαν τα έργα αξιοποίησης, εμφανίζει προβλήματα διαρροών.

Η δεύτερη λιμνοδεξαμενή του νησιού βρίσκεται στην περιοχή της Μεσσαρίας με ωφέλιμο όγκο 225.000 m<sup>3</sup> και η χρήση της είναι αποκλειστικά για άρδευση. Ο τύπος της λιμνοδεξαμενής είναι εξωποτάμιος με καλυμμένη μεμβράνη και τροφοδοτείται από το

ρέμμα Μεσσαρίας. Λειτουργεί κανονικά από το 2002 οπότε και ολοκληρώθηκαν τα έργα αξιοποίησης ενώ έχει σχεδιαστεί για την άρδευση 450 στρ. καλλιεργήσιμης έκτασης.

Η αρδεύσιμη γη λοιπόν που μπορούν να καλύψουν οι δύο λιμνοδεξαμενές, είναι συνολικά 578 στρ. και θεωρείται ιδιαίτερα περιορισμένη ως προς τις δυνατότητες που υπάρχουν στο νησί. Πέραν των δύο λιμνοδεξαμενών, που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, υπάρχουν τεχνοοικονομικές μελέτες για δύο φράγματα και εννέα λιμνοδεξαμενές όπως περιγράφονται στον Πίνακα 3.7.

**Πίνακας 3.7** Ειδικές χωροταξικές μελέτες για την κατασκευή 9 λιμνοδεξαμενών και 2 φραγμάτων από την Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας

α/α	Θέση	Τύπος	Χωρητικότητα (X 1000 κ.μ.)	Λεκάνη υδροσυλλογής (τετρ. Χλμ.)
1	Ηρακλής	Λιμνοδεξαμενή	65	1,4
2	Τσουκαλαριό	Λιμνοδεξαμενή	110	1,1
3	Μπας Μπαχτσή	Λιμνοδεξαμενή	70	0,8
4	Ασφενδιού	Λιμνοδεξαμενή	350	4,0
5	Στένακας	Λιμνοδεξαμενή	280	4,5
6	Παλαιό Πυλί	Λιμνοδεξαμενή	150	1,0
7	Αλμυρή	Λιμνοδεξαμενή	190	2,8
8	Αναβαλούσα	Λιμνοδεξαμενή	100	3,4
9	Αγ. Νικήτας	Λιμνοδεξαμενή	500	1,0
10	Μία	Φράγμα	650	2,4
11	Μύλοι	Φράγμα	1300	4,1

Η άρδευση του μεγαλύτερου μέρους των αρδευόμενων εκτάσεων γίνεται κυρίως με ιδιωτικές γεωτρήσεις. Η χωρίς σχεδιασμό διάνοξη γεωτρήσεων σε συνδυασμό με, την μικρή απόσταση της μιας από την άλλη, την υπεράντληση και την μικρή απόσταση από την παραλιακή ζώνη, έχουν οδηγήσει σε σημάδια υφαλμύρωσης των υδροφορέων στην περιοχή κοντά στην παραλία και κυρίως στη βόρειο μέρος του νησιού όπου επικρατούν προσχωματικά υλικά.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στην περιοχή της Καρδάμαινας, το θαλάσσιο νερό έχει εισχωρήσει στον υψηλότερο υδροφόρο ορίζοντα βάθους 20 μέτρων ενώ ο κίνδυνος υφαλμύρωσης και βαθύτερων υδροφόρων είναι ιδιαίτερα υψηλός. Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης είναι σπανιότερο σε περιοχές μεταξύ του τριγώνου Πυλί, Αντιμάχεια Κέφαλος όπου επικρατούν ηφαιστειακοί τόφφοι. Την κατάσταση δυσχεραίνουν και περίοδοι ανομβρίας που εμφανίζονται ανά μερικά χρόνια.

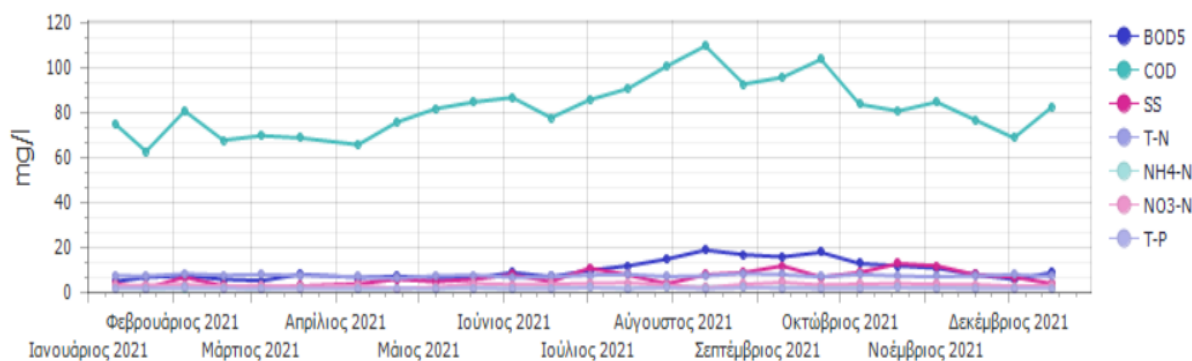
Όσον αφορά τις πηγές, υπάρχουν σε αρκετά σημεία του νησιού και κυρίως στο κεντρικό τμήμα του. Ο τύπος τους εξαρτάται από τις υδρευογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Η συνεχόμενη ροή ορισμένων από αυτές έχει δημιουργήσει μικρή λίμνη στο Πυλί, από όπου γίνεται άντληση για την άρδευση παρακείμενων καλλιεργειών. Η άντληση γίνεται σε δύο δεξαμενές χωρητικότητας 800 m<sup>3</sup> η κάθε μια οι οποίες εξυπηρετούν ελάχιστες

εκτάσεις και για λίγο χρονικό διάστημα, αφού το καλοκαίρι το νερό δεν αρκεί. Επίσης το κανάλι μεταφοράς του νερού επεκτάθηκε δυτικά μέχρι τον Όμβριο ποταμό και προς τα Ανατολικά μέχρι τον επαρχιακό δρόμο προς Τιγκάκι. Το παλιό κανάλι εξακολουθεί να υπάρχει και υδροδοτεί την περιοχή Βουκουλιά-Λιμνάρα. Λόγω υπεραντλήσεων, ορισμένες πηγές έχουν αποκτήσει μια περιοδικότητα στην λειτουργία τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πηγή που βρίσκεται στην περιοχή του Ασκληπιείου η οποία παλαιότερα είχε συνεχή ροή ενώ τα τελευταία χρόνια στερεύει τους θερινούς μήνες.

### **3.12 Διαχείριση και επεξεργασία λυμάτων**

#### *3.12.1 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Κω*

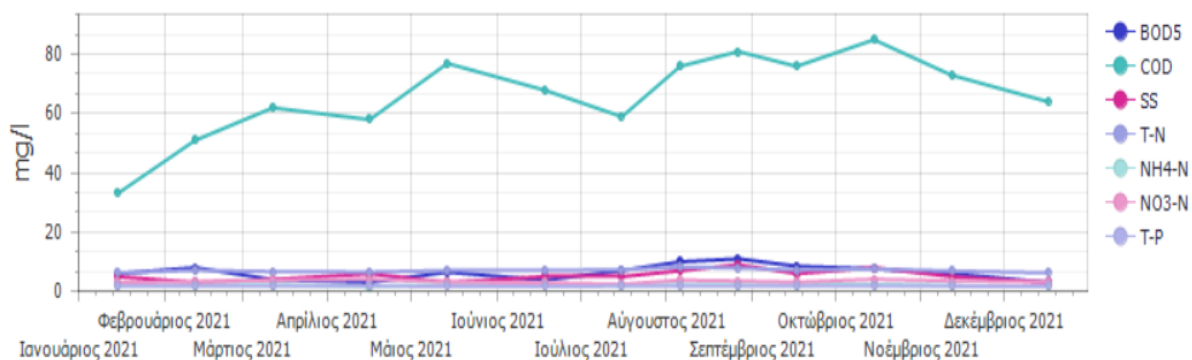
Η μεγαλύτερη επεξεργασία των λυμάτων στο νησί γίνεται στην κεντρική ΕΕΛ των η οποία βρίσκεται σε δημοτική έκταση 44.800 στρεμμάτων και σε απόσταση 6 km από την πόλη της Κω. Η κατασκευή της μονάδας ξεκίνησε το έτος 1990 και λειτούργησε τον Αύγουστο του έτους 1991. Το έργο χρηματοδοτήθηκε κατά 70,71% από τα Μεσογειακά Ολοκληρωμένα Προγράμματα (ΜΟΠ) και κόστισε 2.609.779,44 €. Η δυναμικότητα της ΕΕΛ ήταν 32.850 ι.κ. και 8.139m<sup>3</sup>/d. Η τελική εκροή διοχετεύεται με αγωγό εκβολής μήκους 329 m, στην θάλασσα (θέση «Πευκοκεφαλή»), στην ΒΑ ακτή του νησιού. Η Δ.Ε.Υ.Α.Κ υπέβαλε πρόταση χρηματοδότησης του έργου «Επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων του Βιολογικού Καθαρισμού Δήμου Κω με σκοπό την άρδευση» από το ΕΠΠΕΡ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον» ) του ΥΠΕΧΩΔΕ τον Σεπτέμβριο του 2002. Το έργο εντάχθηκε στο ΕΠΠΕΡ τον Μάιο 2003 με χρηματοδότηση 70% κοινοτική συμμετοχή, 10,5% κρατική συμμετοχή και 19,5% ίδια συμμετοχή. Οι εργασίες ξεκίνησαν τον Σεπτέμβριο του έτους 2005 και ολοκληρώθηκαν τον Μάρτιο του έτους 2007. Το έργο είχε προϋπολογισμό 891.673€ (μη συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ) και συμπεριλάμβανε δίκτυο άρδευσης 1.000 m. Η δυναμικότητα της μονάδας είναι για 24.550 ι.κ. και 5.400 m<sup>3</sup>/d. Τον Αύγουστο 2007 εντάχθηκε στο ίδιο πρόγραμμα η επέκταση του δικτύου κατά 1.330 m με κόστος κατασκευής 247.502 € που ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 2008. Παράλληλα η ΔΕΥΑΚ κατασκεύασε με ιδίους πόρους δίκτυο άρδευσης μήκους 3.500 m. Συνολικά έχει κατασκευαστεί δίκτυο άρδευσης μήκους 5.830 m. Τον Απρίλιο του 2008 ξεκίνησε η κατασκευή του έργου «Αναβάθμιση Εγκαταστάσεων Βιολογικού Καθαρισμού Κω» το οποίο είχε ενταχθεί στο Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων, η χρηματοδότηση όμως σταμάτησε και τον Σεπτέμβριο του 2008 το ίδιο έργο εντάχθηκε στο ΠΕΠ Νοτίου Αιγαίου 2000-2006 οπότε και ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 2008 και λειτούργησε τον Ιούνιο του 2009. Κόστισε 679.401,86€ και η δυναμικότητα της μονάδας είναι 49.275 ι.κ. και 10.841 m<sup>3</sup>/d. Σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας δεκαετίας, ικανοποιούνται τα απαιτούμενα όρια εκροής από την εγκατάσταση και λειτουργεί σωστά ο βιολογικός καθαρισμός, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις απαιτήσεις που θεσπίζουν η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και η ΚΥΑ 5673/400/1997. Αναλυτικά δεδομένα για την ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής δίνονται στο Σχήμα 3.12 για το έτος 2021



**Σχήμα 3.12** Ποιότητα επεξεργασμένης εκροής ανά μήνα για το έτος 2021 για την ΕΕΛ ΔΕ Κω (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων)

### 3.12.2 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Δικαίου

Τα τελευταία χρόνια ολοκληρώθηκε το μεγάλο έργο «Δίκτυα αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Δικαίου νήσου Κω» προϋπολογισμού 25.000.000€ που υλοποιήθηκε από την ΔΕΥΑΚ με χρηματοδότηση από το ΕΠΠΕΡΑΑ. Κατασκευάστηκε αποχετευτικό δίκτυο και στα δύο τοπικά διαμερίσματα Ασφενδιού και Πυλίου, τα οποία συνιστούν το Δημοτικό Διαμέρισμα Δικαίου συνολικής έκτασης 62,5 km<sup>2</sup> και η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, δυναμικότητας 25000 ι.κ. Σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας δεκαετίας, ικανοποιούνται τα απαιτούμενα όρια εκροής από την εγκατάσταση και λειτουργεί σωστά ο βιολογικός καθαρισμός, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις απαιτήσεις που θεσπίζουν η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και η ΚΥΑ 5673/400/1997. Αναλυτικά δεδομένα για την ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής δίνονται στο Σχήμα 3.13 για το έτος 2021.



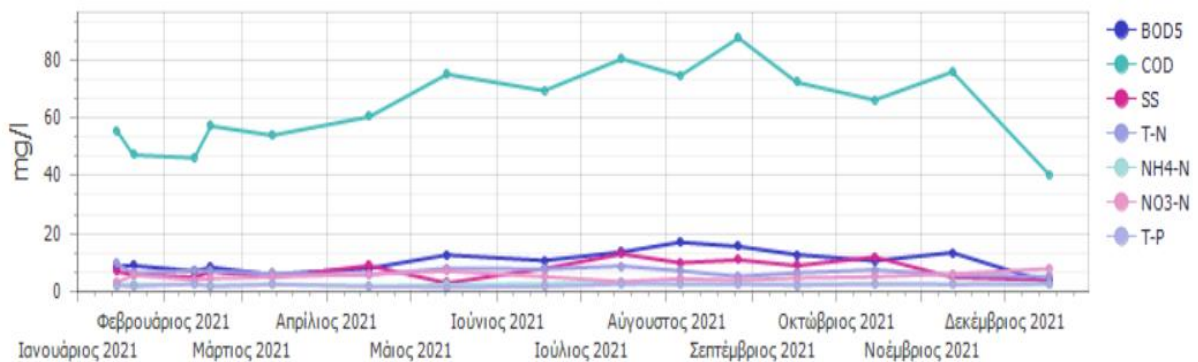
**Σχήμα 3.13** Ποιότητα επεξεργασμένης εκροής ανά μήνα για το έτος 2021 για την ΕΕΛ ΔΕ Δικαίου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων)

### 3.12.3 Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΔΕ Ηρακλειδών

Ο Βιολογικός Καθαρισμός της Καρδάμαινας ολοκληρώθηκε στις 31/5/2010 και η ημερομηνία έναρξης λειτουργίας ήταν η 1/6/2010. Είναι σχεδιασμένος με σύστημα ενεργού ιλύος με δυναμικότητα 25.000 ισοδύναμο πληθυσμό και εξυπηρετεί τις περιοχές Μαστιχάρι, Αντιμάχεια, Καρδάμαινα. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, ο βιολογικός

καθαρισμός δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα. Ο ετήσιος μέσος όρος της συνολικής εισερχόμενης παροχής είναι 5100 m<sup>3</sup>/d, με μέγιστη παροχή τα 7650 m<sup>3</sup>/d. Επιπρόσθετα, ο ετήσιος μέσος όρος του συνολικού ημερήσιου φορτίου σε BOD<sub>5</sub> είναι 350 kg BOD<sub>5</sub>/d, με μέγιστο τα 1663 kg BOD<sub>5</sub>/d. Η διάθεση της επεξεργασμένης εκροής γίνεται μέσω αγωγού 3000m νότια της μονάδας, στο ακρωτήριο Χελώνα (Κωδικός: EL42100702120). Η διάθεση γίνεται με υποθαλάσσιο αγωγό 820 m και διαχυτήρα μήκους 24 m στην προέκταση του αγωγού σε βάθος 21 m περίπου. Πρόκειται για θαλάσσιο αποδέκτη και χαρακτηρίζεται ως κανονικός. Σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας δεκαετίας, ικανοποιούνται τα απαιτούμενα όρια εκροής από την εγκατάσταση και λειτουργεί σωστά ο βιολογικός καθαρισμός, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις απαιτήσεις που θεσπίζουν η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και η ΚΥΑ 5673/400/1997.

Αναλυτικά δεδομένα για την ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής δίνονται στο Σχήμα 3.14 για το έτος 2021.



**Σχήμα 3.14** Ποιότητα επεξεργασμένης εκροής ανά μήνα για το έτος 2021 για την ΕΕΛ ΔΕ Ηρακλειδών (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων)

## 4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

### 4.1 Τεχνική περιγραφή έργου

Το υπό μελέτη υβριδικό σύστημα ΑΠΕ αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 2,55 MW, το οποίο αποτελείται από 3 Α/Γ των 850 kW. Επιπρόσθετα, αποτελείται από μονάδα αφαλάτωσης συνολικής δυναμικότητας 1920 m<sup>3</sup>/d και ισχύος 6.5 kW/m<sup>3</sup>. Η μονάδα αφαλάτωσης συνοδεύεται από μια αντλία ισχύος 10 kW προκειμένου να αντλείται το αφαλατωμένο νερό προς τον ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού χωρητικότητας 200000 m<sup>3</sup>. Ακόμη, αποτελείται από έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παροχής 5 m<sup>3</sup>/s και έναν ταμιευτήρα χωρητικότητας 500000 m<sup>3</sup> σε ύψος 55 m πάνω από τον υδροηλεκτρικό σταθμό.

### 4.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας

#### 4.2.1 Μοντέλο ανεμογεννητριών και εκτίμηση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Αρχικά, κατόπιν επικοινωνίας με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ελήφθησαν μετρήσεις ταχύτητας ανέμου από τον μετεωρολογικό σταθμό της Κω. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις είναι ανά 10 λεπτά και αναφέρονται στο χρονικό διάστημα από 1/1/2016 μέχρι 31/12/2020. Μέσω του λογισμικού επεξεργασίας χρονοσειρών «Υδρογνώμων» έγινε αναγωγή των μετρήσεων από βήμα 10 λεπτών σε βήμα 1 ώρας.

Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε το υψόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού, το οποίο είναι 37 m. Γνωρίζοντας ότι το ύψος του ανεμόμετρου είναι 5 m, το υψόμετρο προσδιορισμού του ανέμου είναι 42 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Με γνωστά το υψόμετρο που έγιναν οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου και το υψόμετρο του ρότορα των ανεμογεννητριών, στη συνέχεια γίνεται η υψομετρική διόρθωση της χρονοσειράς των ανεμολογικών δεδομένων με τη με τη σχέση της εκθετικής διανομής (power law) για το υψόμετρο του ρότορα των Α/Γ με την σχέση 4.1:

$$u_2 = u_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} \quad (4.1)$$

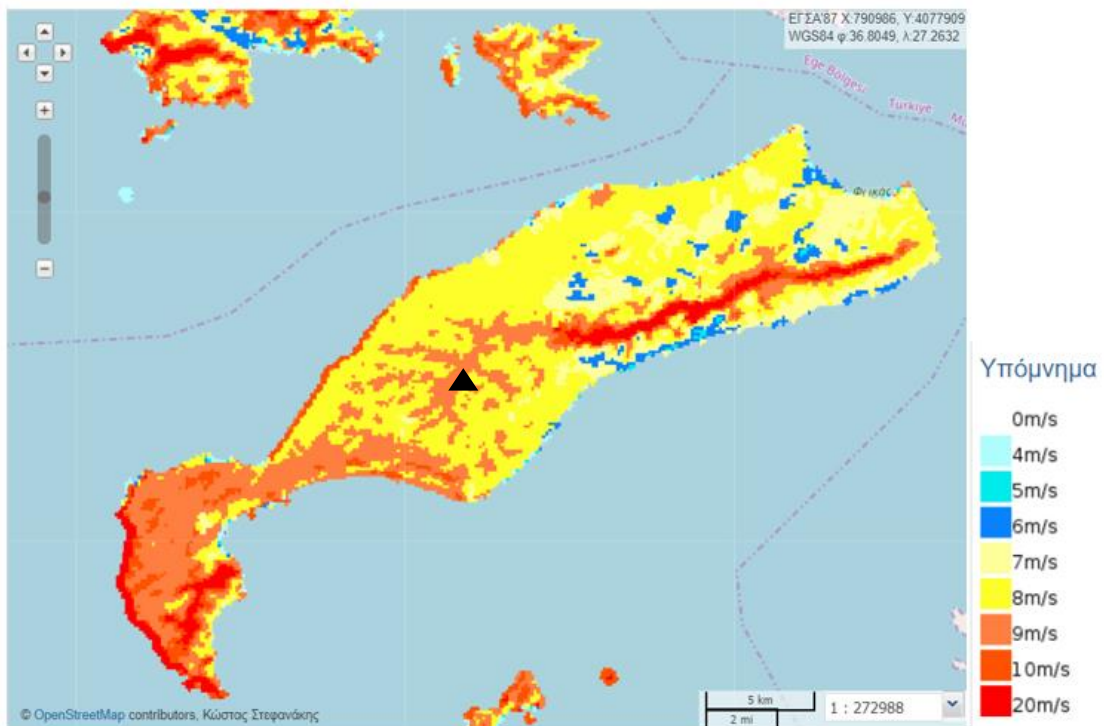
Όπου:

- $u_2$  η διορθωμένη ταχύτητα ανέμου
- $u_1$  η ταχύτητα των μετρήσεων του μετεωρολογικού σταθμού
- $z_2 = 162$  m, το υψόμετρο που αντιστοιχεί στον ρότορα των ανεμογεννητριών
- $z_1 = 42$  m, το υψόμετρο του ανεμόμετρου
- $z_0$  η παράμετρος τραχύτητας του εδάφους, οι τιμές της οποίας μεταβάλλονται σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1. Θεωρώντας ύψος χλόης μέχρι 10 cm, η παράμετρος θεωρείται ίση με 0,15.

**Πίνακας 4.1** Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας  $z_0$  για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)

Τυπικές τιμές της παραμέτρου τραχύτητας $z_0$ για διάφορες φυσικές επιφάνειες (cm)	
Πάγος	0.001
Ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια	0.002
Υδάτινη επιφάνεια	0.01-0.06
Χλόη ύψους μέχρι 1 cm	0.1
Χλόη ύψους 1-10 cm	0.1-0.2
Χλόη-σιτηρά κλπ. ύψους 10-50 cm	2-5
Φυτοκάλυψη ύψους 1-2 m	20
Δένδρα ύψους 1-2 m	40-70

Έτσι, αφού προκύψουν οι διορθωμένες ταχύτητες ανέμου, μπορεί να γίνει αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού στη θέση τοποθέτησης και επιλογή μοντέλου Α/Γ. Στην παρούσα μελέτη προτείνεται η κατασκευή αιολικού πάρκου συνολικής ισχύος 2,55 MW. Πιο συγκεκριμένα, το αιολικό πάρκο αποτελείται από Α/Γ Vestas V-52 ισχύος 850 kW. Το μοντέλο V-52 επιλέχθηκε ανάμεσα από τα υπόλοιπα, καθώς ανταποκρίνεται τόσο σε χαμηλές όσο και στις υψηλές ταχύτητες ανέμου που πνέουν στη περιοχή χωροθέτησης. Ο χάρτης αιολικού δυναμικού της  $K_w$  και η θέση χωροθέτησης του αιολικού πάρκου διακρίνονται στο Σχήμα 4.2. Η θέση επιλέχθηκε ώστε να απέχει όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση από τον βιολογικό καθαρισμό ΔΕ Ηρακλειδών και από το μελετώμενο υβριδικό έργο για ελαχιστοποίηση των απωλειών ενέργειας στο δίκτυο.

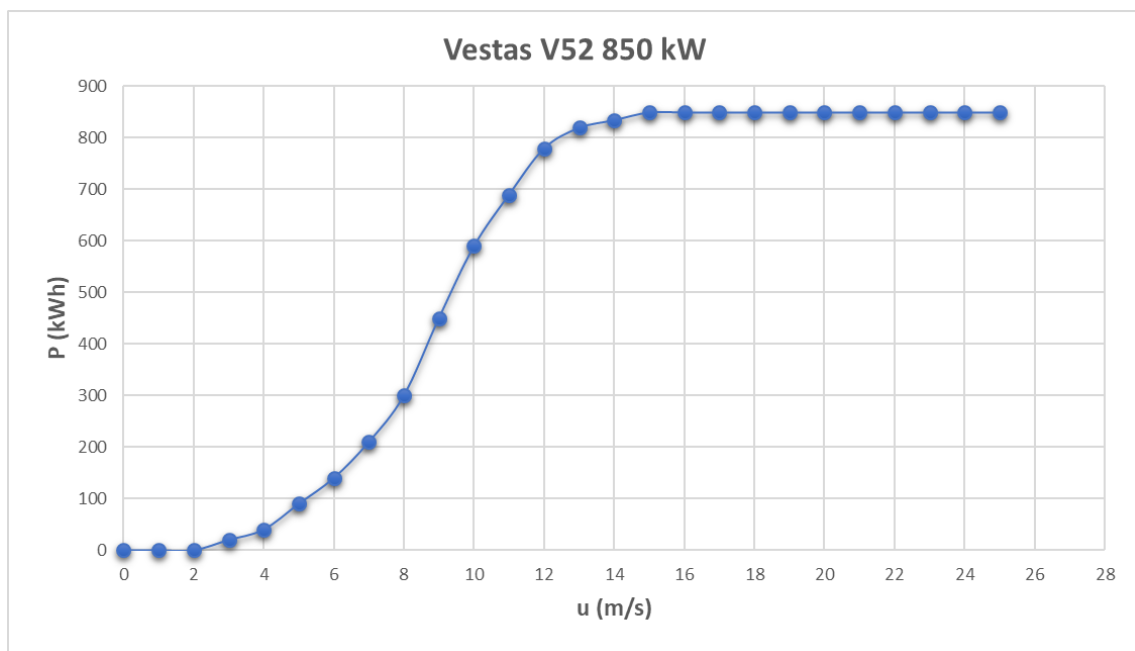


**Σχήμα 4.2** Αιολικό δυναμικό  $K_w$  και θέση χωροθέτησης αιολικού πάρκου (Πηγή: ΡΑΕ, 2020)

Έτσι, αφού επιλέχθηκε το μοντέλο Vestas V-52, με βάση τις δημοσιευμένες καμπύλες ισχύος της Α/Γ, εξάγεται η παρακάτω πολυωνυμική εξίσωση 6<sup>ου</sup> βαθμού που υπολογίζει την πραγματική ισχύ της Α/Γ (kW) σε συνάρτηση με την ταχύτητα ανέμου (m/s):

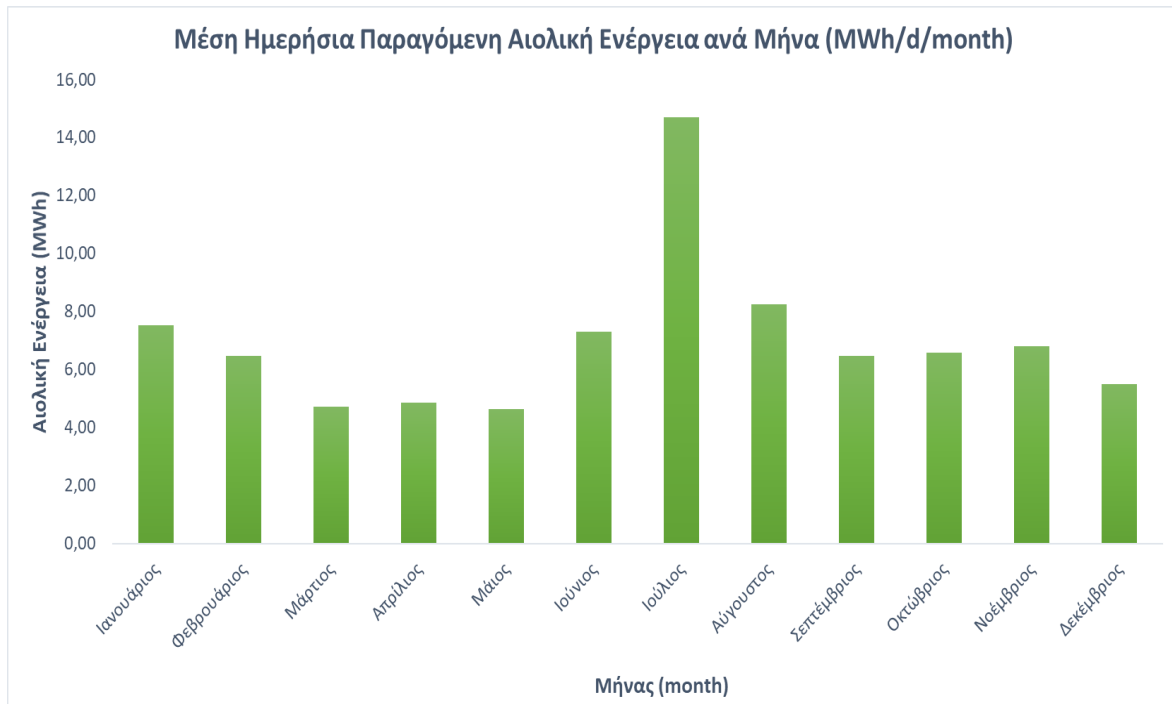
- $u \leq 2 \text{ m/s}$ :  $P = 0$
- $2 < u < 14$ :  $P = -0,0005u^6 + 0,0381u^5 + 11,468u^3 - 48,311u^2 + 74,115u - 14,557$  (kW)
- $u \geq 14$ :  $P = 850$  (kW)
- $u \geq 25$ :  $P = 0$

Χρησιμοποιώντας τις διορθωμένες ταχύτητες ανέμου και την πολυωνυμική εξίσωση, προκύπτει η ωριαία χρονοσειρά παραγόμενης ενέργειας σε kWh. Στα Σχήματα 4.3 και 4.4 παρουσιάζονται η καμπύλη ισχύος της εγκατεστημένης Α/Γ και η μέση μηνιαία διακύμανση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά Α/Γ.



Σχήμα 4.3 Καμπύλη Ισχύος για V-52 850 kW (Πηγή: [www.thewindpower.net](http://www.thewindpower.net))





**Σχήμα 4.4** Μέση ημερήσια παραγόμενη αιολική ενέργεια ανά μήνα

#### 4.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ενέργειας από υδροηλεκτρικό έργο

Το υδροηλεκτρικό έργο που μελετάται στη παρούσα εργασία αναμένεται να συνεισφέρει και αυτό σημαντικά στη παραγωγή ενέργειας. Η υψομετρική διαφορά ταμιευτήρα και υδροηλεκτρικού έργου είναι 55 m.

Ο υπολογισμός της παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε ωριαίο βήμα και προκύπτει από την εξίσωση 4.2:

$$E = \eta \cdot \gamma \cdot V \cdot H \quad (4.2)$$

όπου:

- $\eta$ : ο συντελεστής απόδοσης του υδροστροβίλου
- $\gamma$ : το ειδικό βάρος του νερού ( $9,81 \text{ kN/m}^3$ )
- $V$ : ο όγκος νερού που διέρχεται από τον υδροστρόβιλο ( $\text{m}^3$ )
- $H$ : η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού ανάντη και του υψομέτρου του υδροστροβίλου κατόντη,

Παρατηρείται ότι τόσο το υψόμετρο των ταμιευτήρων όσο και η χωρητικότητά τους αποτελούν βασικούς παράγοντες για την ικανότητα του υβριδικού συστήματος να αποθηκεύει ενέργεια. Συνεπώς, κατά τη χωροθέτηση, επιλέγεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά μεταξύ των ταμιευτήρων, σε απόσταση μεταξύ τους όμως που δεν θα επιφέρει μεγάλες ενεργειακές απώλειες. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι όσο

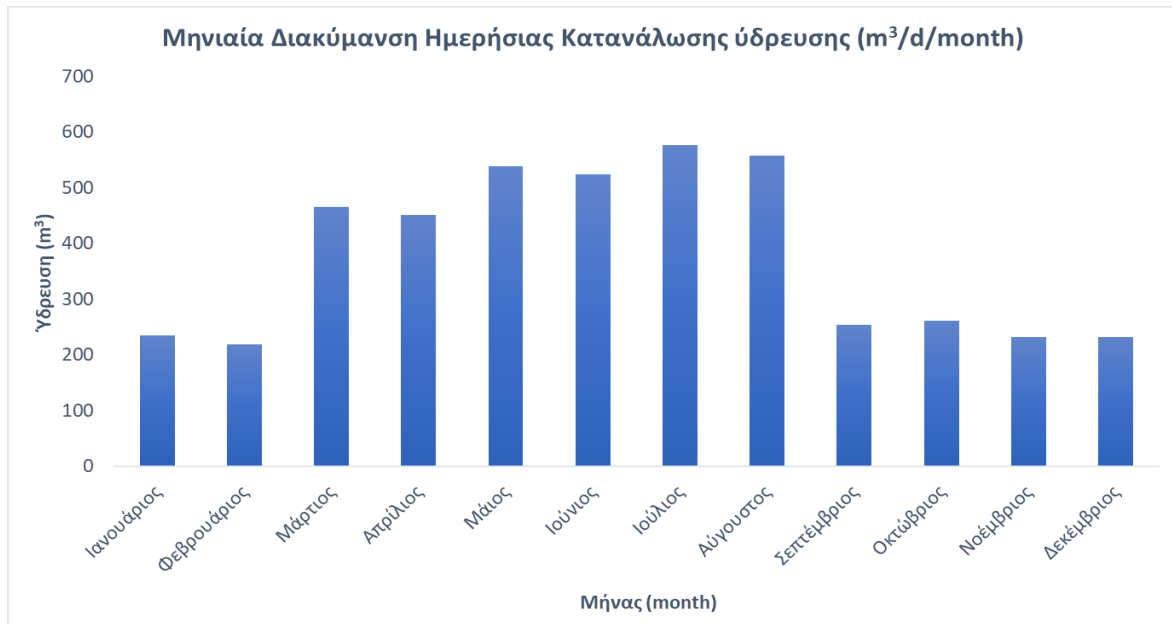
μεγαλώνει η απόσταση των ταμιευτήρων, τόσο αυξάνεται το κόστος κατασκευής του αγωγού σύνδεσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέλος, η υδροηλεκτρική ενεργειακή χρονοσειρά ωριαίου βήματος που θα προκύψει εξαρτάται από τα σενάρια προσομοίωσης του υβριδικού μοντέλου και αναλύεται εκτενώς στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

### 4.3 Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών

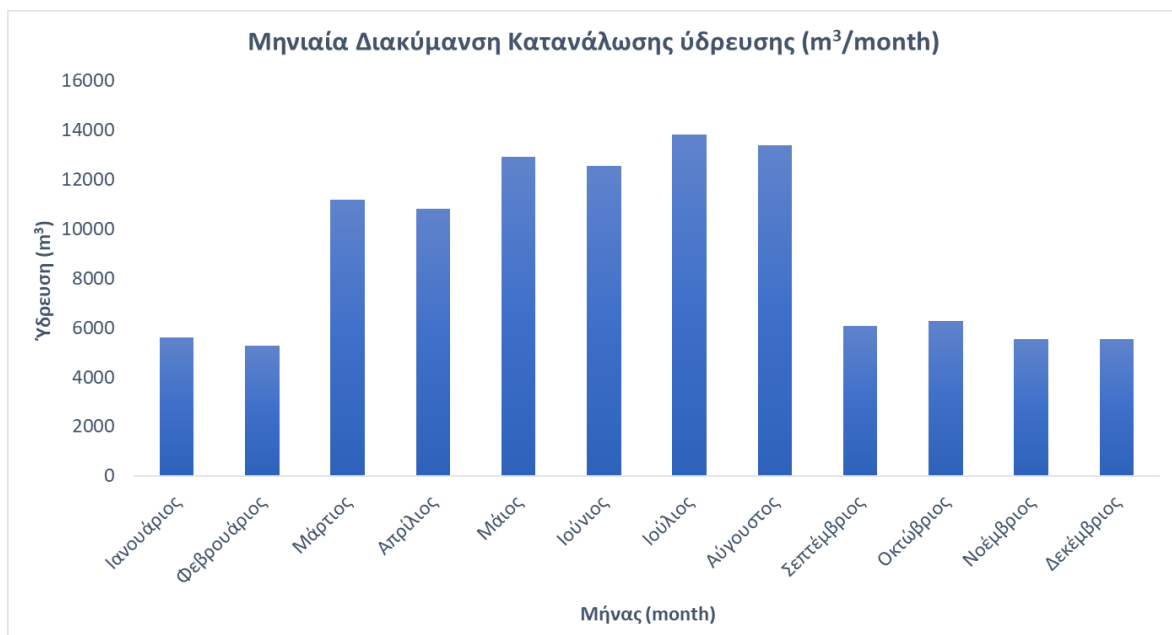
Αρχικά, επιλέγεται να προσομοιωθούν οι ανάγκες του παραθαλάσσιου οικισμού της Καρδάμαινας, 1650 κατοίκων. Κατόπιν επικοινωνίας με την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κω, ελήφθησαν δεδομένα κατανάλωσης ύδρευσης με βήμα δύο μηνών για την περίοδο από 1/1/2016 έως 31/12/2020. Με κατάλληλες αναγωγές και με αξιολόγηση όλων των μετρήσεων με βάση τα δεδομένα πληθυσμού ανά μήνα, προκύπτει η διακύμανση μέσης ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης που φαίνεται στον Πίνακα 4.2 και στα Σχήματα 4.5 και 4.6.

**Πίνακας 4.2** Εκτίμηση υδρευτικών αναγκών οικισμού Καρδάμαινας νήσου Κω

Μήνας	Ημερήσια ζήτηση (m <sup>3</sup> /d)	Μηνιαία ζήτηση (m <sup>3</sup> /month)
Ιανουάριος	234	5623
Φεβρουάριος	219	5265
Μάρτιος	466	11179
Απρίλιος	451	10823
Μάιος	538	12914
Ιούνιος	523	12561
Ιούλιος	576	13833
Αύγουστος	558	13392
Σεπτέμβριος	254	6085
Οκτώβριος	262	6280
Νοέμβριος	231	5551
Δεκέμβριος	231	5550
<b>Συνολική ετήσια ζήτηση (m<sup>3</sup>/yr)</b>		<b>109057</b>



**Σχήμα 4.5** Μηνιαία διακύμανση ημερήσιας κατανάλωσης ύδρευσης (m<sup>3</sup>/d/month)



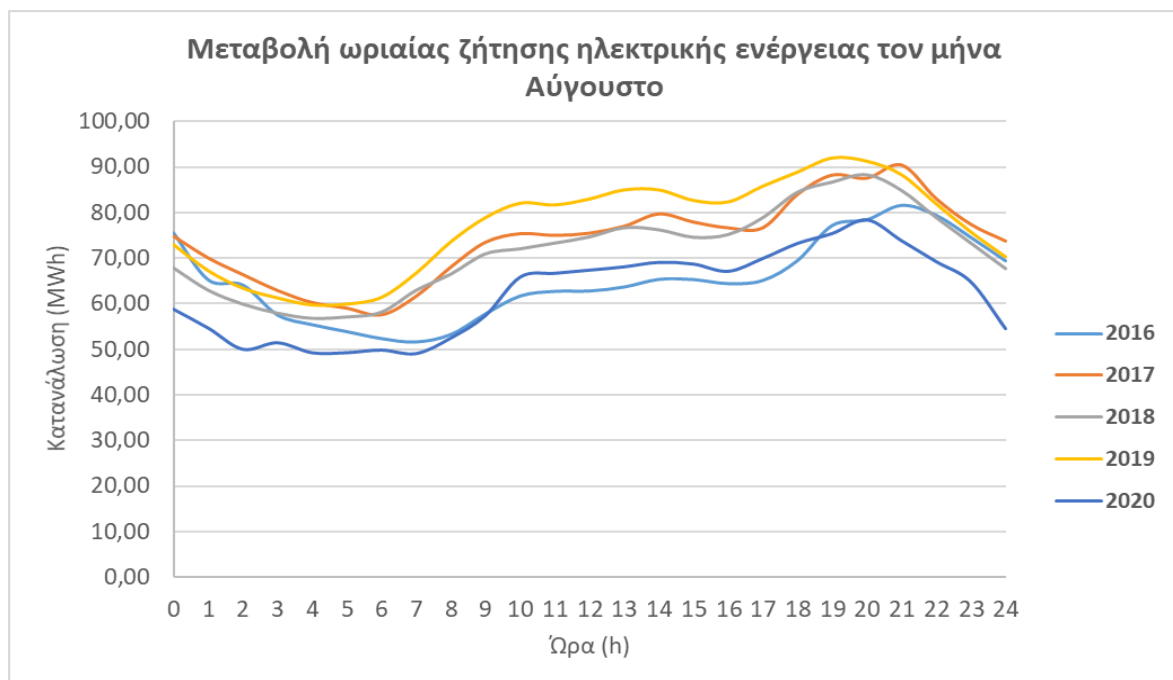
**Σχήμα 4.6** Μηνιαία διακύμανση κατανάλωσης ύδρευσης (m<sup>3</sup>/month)

## 4.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών

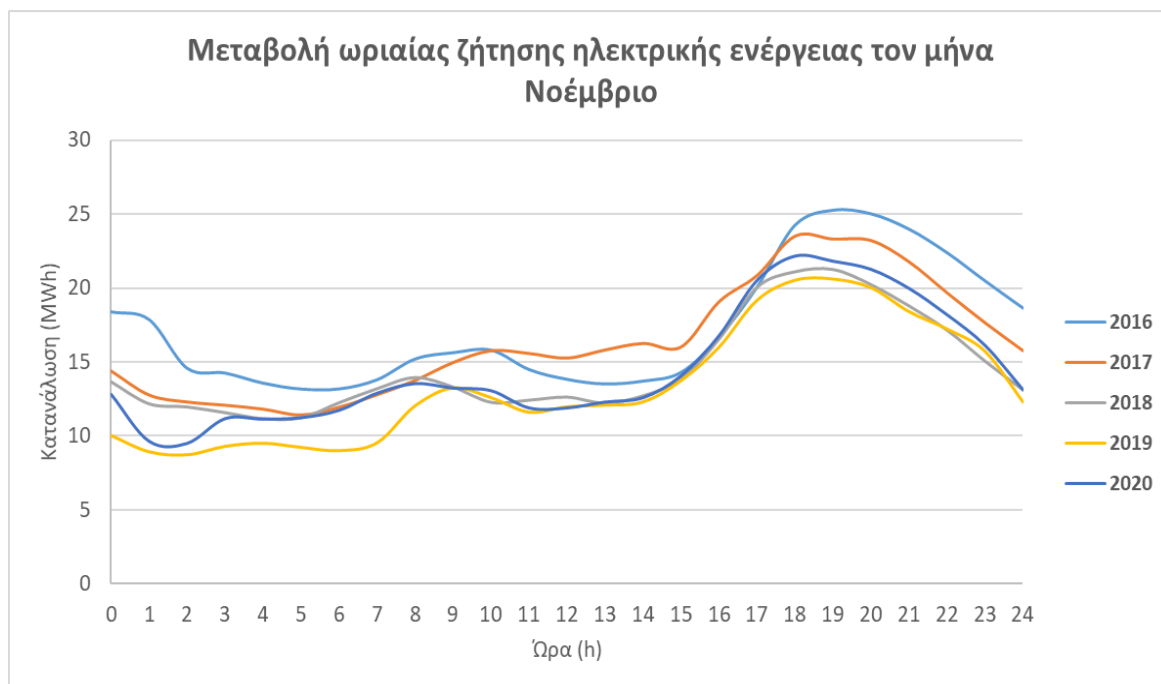
### 4.4.1 Τοπικός σταθμός παραγωγής και αιχμές δικτύου

Στο νησί της Κω, όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 3, οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού εξυπηρετούνται από έναν Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος ισχύος 138,74 MW που βρίσκεται στην περιοχή του Μαστιχαριού, δυτικά του νησιού. Τροφοδοτεί με

ηλεκτρική ενέργεια το νησιωτικό σύμπλεγμα των νήσων Κω, Καλύμνου, Τενέδου, Λέρου, Λειψών, Γυαλί, Νισύρου, Τήλου και Ψερίμου. Κατόπιν επικοινωνίας με τη Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων του ΔΕΔΔΗΕ, ελήφθησαν μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής στο νησί της Κω από 1/1/2016 έως 31/12/2020 με ωριαίο βήμα. Επειδή στη παρούσα εργασία μελετώνται οι ανάγκες κατά τις αιχμές του δικτύου, δίνεται έμφαση στη μεταβολή της ωριαίας ζήτησης κατά τους θερινούς μήνες, όπου η ζήτηση σε ενέργεια κορυφώνεται λόγω της τουριστικής κίνησης. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται η μεταβολή της ωριαίας ζήτησης κατά τον μήνα Αύγουστο (Σχήμα 4.7), κατά τον οποίο εμφανίζονται οι μεγαλύτερες αιχμές κατά τη διάρκεια του έτους. Παρατηρείται ότι οι αιχμές παρουσιάζονται τις βραδινές ώρες (19:00-21:00) και κυμαίνονται από 75 MWh έως και 92 MWh. Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται η μεταβολή της ωριαίας ζήτησης κατά τον μήνα Νοέμβριο (Σχήμα 4.8), μήνα με τη χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση. Σε αυτό τον μήνα οι αιχμές παρουσιάζονται τις απογευματινές ώρες (17:00-18:00) και κυμαίνονται από 21 MWh έως και 25 MWh.



**Σχήμα 4.7** Μεταβολή ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Αύγουστο



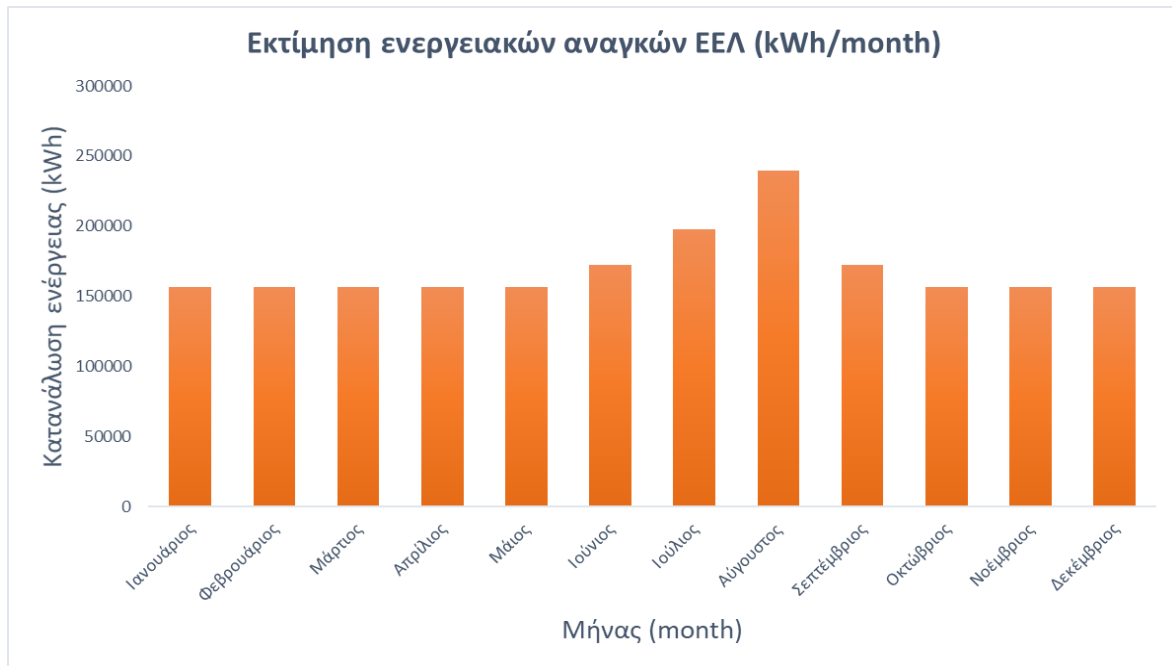
**Σχήμα 4.8** Μεταβολή ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Νοέμβριο

#### 4.4.2 Ενεργειακή κατανάλωση ΕΕΛ ΔΕ Ηρακλειδών

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, λόγω τοποθεσίας της εγκατάστασης, επιλέχθηκε να προσομοιωθεί η κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της ΕΕΛ της ΔΕ Ηρακλειδών. Η εγκατάσταση αυτή με βάση τα στοιχεία λειτουργίας της, έχει μέση εισερχόμενη παροχή 5100 m<sup>3</sup>/d, η οποία φτάνει έως και 7650 m<sup>3</sup>/d κατά τους θερινούς μήνες αιχμής. Επιπρόσθετα, η μονάδα λειτουργεί με οξειδωτική τάφρο. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.8.5, σύμφωνα με την έρευνα της Σιάτου (2018), η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος σε ΕΕΛ στην Ελλάδα ανάλογα με τον τύπο του συστήματος είναι κατά μέσο όρο:

- Οξειδωτική τάφρος: **0,687 kWh/m<sup>3</sup>**
- Δεξαμενές Πλήρους μείξης: **0,836 kWh/m<sup>3</sup>**
- Δεξαμενές Εμβολοειδούς ροής: **1,187 kWh/m<sup>3</sup>**

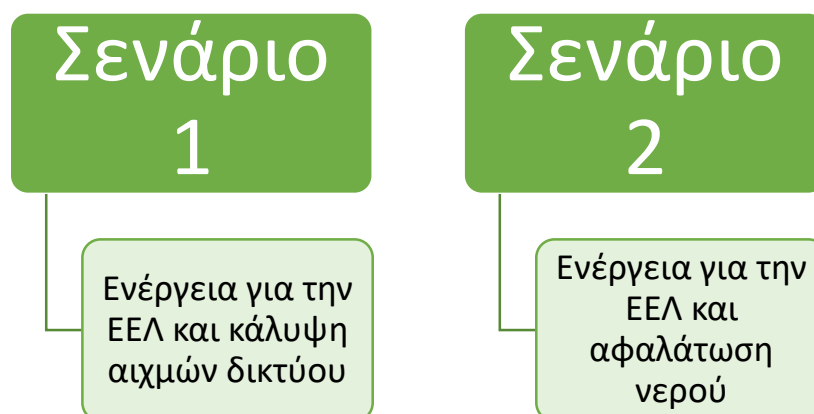
Έτσι, αφού η μονάδα λειτουργεί με οξειδωτική τάφρο, με βάση την εισερχόμενη παροχή ανά ημέρα μπορεί εκτιμάται η ενεργειακή κατανάλωση (Σχήμα 4.9)



**Σχήμα 4.9** Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών της ΕΕΛ ΔΕ Ηρακλειδών (kWh/month)

#### 4.5 Προσομοίωση

Στην παρούσα εργασία, για το υπό μελέτη ΥΣ, προσομοιώνονται και αξιολογούνται δύο διαφορετικά σενάρια λειτουργίας (Σχήμα 4.10). Το πρώτο σενάριο αποσκοπεί στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών της ΕΕΛ της ΔΕ Ηρακλειδών και δευτερευόντως στην αποθήκευση ενέργειας για την κάλυψη αιχμών του δικτύου. Το δεύτερο σενάριο αποσκοπεί στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ΕΕΛ της ΔΕ Ηρακλειδών και δευτερευόντως στην ύδρευση με ασφαλατωμένο νερό του παραθαλάσσιου οικισμού της Καρδάμαινας, πληθυσμού 1650 κατοίκων. Επιπρόσθετα, και στα δύο σενάρια θα γίνεται τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων για την επαναχρησιμοποίησή τους σε άρδευση περιαστικού πρασίνου.



**Σχήμα 4.10** Σενάρια λειτουργίας ΥΣ

Κατά την προσομοίωση και στα δύο σενάρια το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70% σε χρήσεις, όπως η άντληση, η αφαλάτωση και η αποθήκευση σε μπαταρία, ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο μελέτης, που αναλύονται παρακάτω. Επιπλέον, και στα δύο σενάρια, λαμβάνεται ενέργεια από τον ΤΣΠ της Κω σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από το ΥΣ. Εάν προκύπτει περίσσεια ενέργειας, τίθεται σε λειτουργία η άντληση νερού στην άνω δεξαμενή, ώστε να μην υπάρξει απόρριψη παραγόμενης ενέργειας και να αποθηκευτεί. Όταν αντίθετα παρατηρηθεί ενεργειακό έλλειμμα, γίνεται υδατόπτωση του νερού και μέσω του εγκατεστημένου υδροστρόβιλου παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια.

Το μοντέλο προσομοίωσης του συστήματος λαμβάνει χώρα στο πρόγραμμα Microsoft Excel 365. Το σύστημα προσομοιώνεται σε ωριαίο βήμα για 5 χρόνια λειτουργίας και τα δεδομένα εισόδου του προγράμματος είναι τα ακόλουθα:

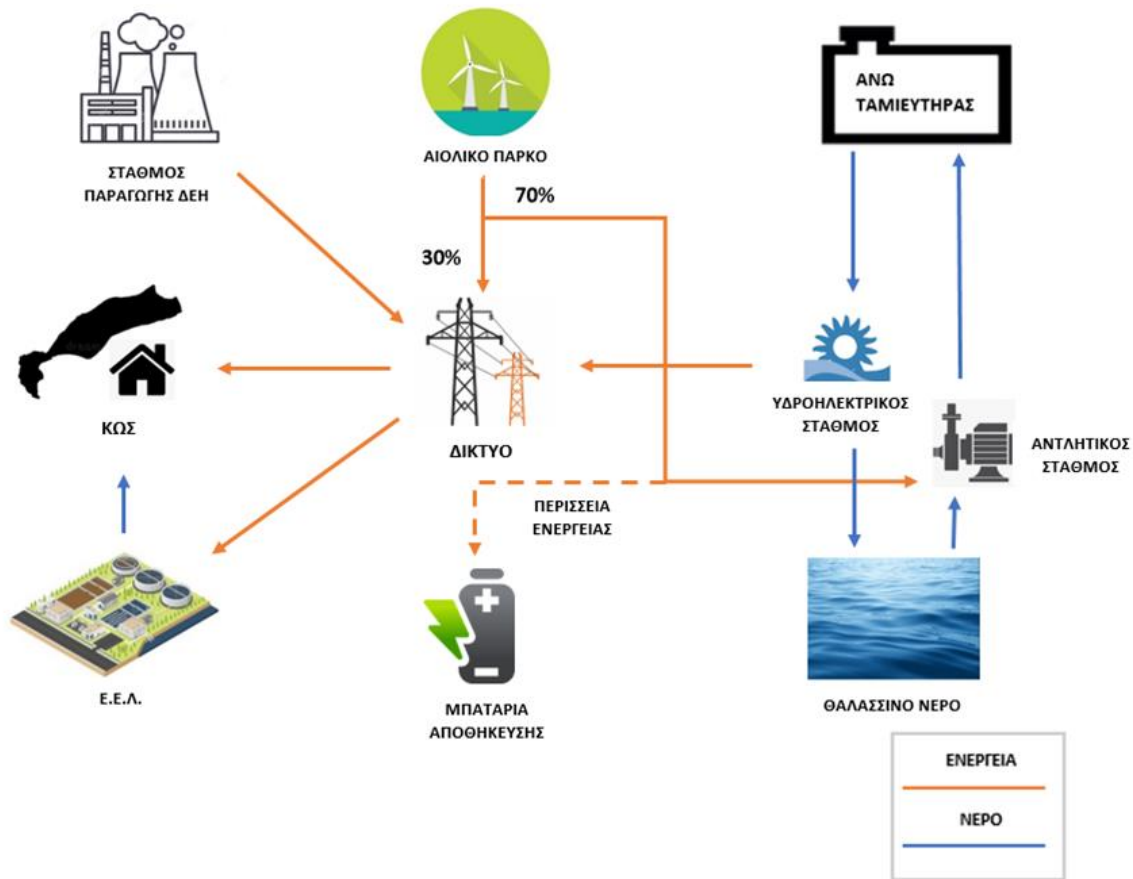
- Χρονοσειρά παραγόμενης αιολικής ενέργειας
- Χρονοσειρά ενεργειακής ζήτησης ΕΕΛ
- Χρονοσειρά υδρευτικής ζήτησης
- Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδροηλεκτρικού σταθμού, δηλαδή ισχύς και συντελεστής απόδοσης υδροστρόβιλου και μανομετρικό ύψος υδατόπτωσης
- Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή
- Μέγιστη και ελάχιστη χωρητικότητα δεξαμενών
- Τα χαρακτηριστικά των μονάδων αφαλάτωσης, δηλαδή ισχύς μονάδας και δυναμικότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού

Έτσι, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Χρονοσειρά παραγόμενης ενέργειας ΑΠΕ
- Χρονοσειρά παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Χρονοσειρά προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο από το υβριδικό έργο.
- Χρονοσειρά συνεισφοράς του ΤΣΠ στην κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης
- Ποσοστά κάλυψης ενεργειακών αναγκών ανά πηγή ενέργειας (Α/Γ, ΥΗΕ και ΤΣΠ)
- Χρονοσειρά κάλυψης των αναγκών ύδρευσης
- Χρονοσειρά όγκων των δεξαμενών

## 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

### 5.1 Σενάριο 1: Ενεργειακή κάλυψη ΕΕΛ σε προτεραιότητα και κάλυψη αιχμών δικτύου



**Σχήμα 5.1** Διαγραμματική απεικόνιση του πρώτου σεναρίου λειτουργίας του ΥΣ

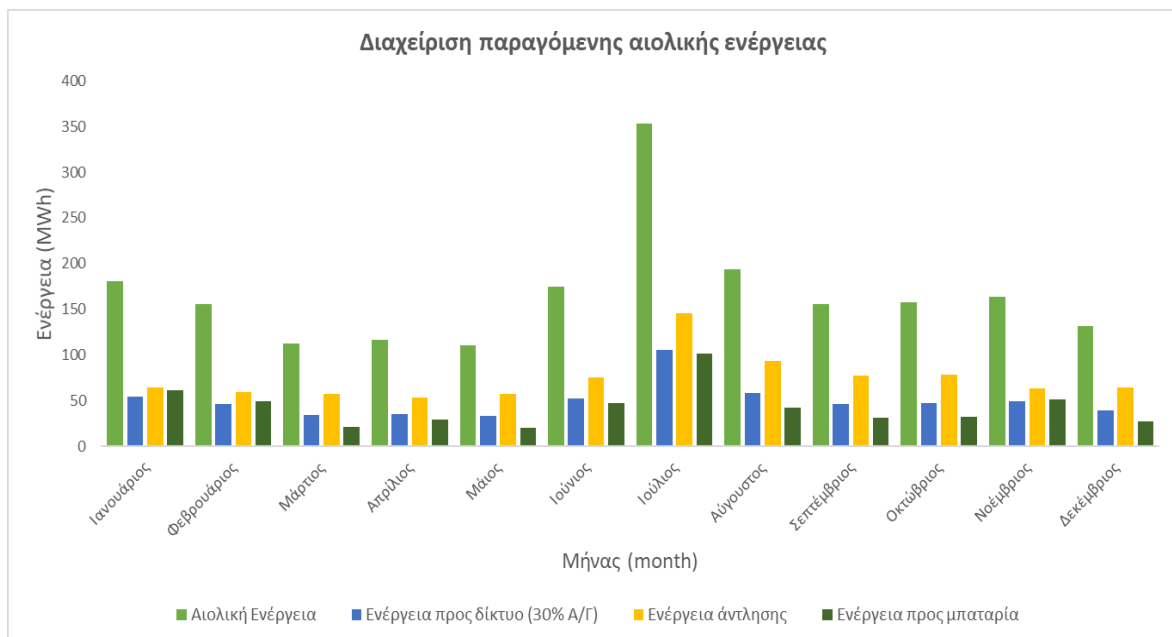
Κατά την προσομοίωση της λειτουργίας του Υβριδικού Συστήματος, στο πρώτο σενάριο τίθεται ως προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της ΕΕΛ και στη συνέχεια κάλυψη των αιχμών δικτύου της νήσου Κω. Συγκεκριμένα, η αρχή της προσομοίωσης είναι η παραγωγή αιολικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 5.1, το 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, ενώ το υπόλοιπο 70% κατευθύνεται πρωτίστως προς τον αντλητικό σταθμό για άντληση θαλασσινού νερού και η περίσσεια στη μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας. Επιπρόσθετα, γίνεται επαναχρησιμοποίηση κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων από την ΕΕΛ για την άρδευση περιαστικού πρασίνου.

Ειδικότερα, το 70% της αιολικής ενέργειας πρωτίστως διατίθεται στον αντλητικό σταθμό για άντληση νερού στην άνω δεξαμενή, προκειμένου στη συνέχεια να απελευθερωθεί μέσω του



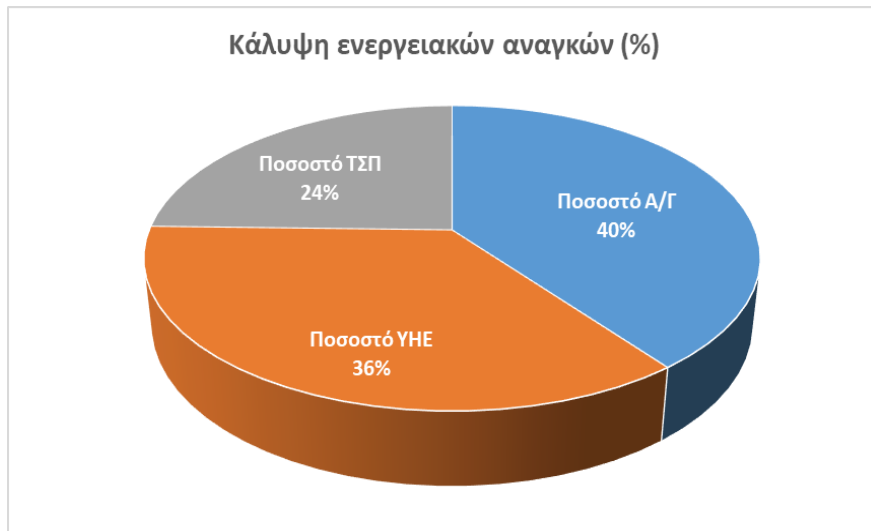
υδροηλεκτρικού έργου και να παραχθεί η απαραίτητη ενέργεια. Αν η δυναμικότητα του αντλητικού σταθμού εξαντληθεί, τότε η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται στη μπαταρία. Η άντληση θαλασσινού νερού στην άνω δεξαμενή στην περίπτωση της περίσσειας ενέργειας και η λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού στην περίπτωση ελλείμματος εξομαλύνει την έντονη διακύμανση της παραγόμενης ενέργειας. Έτσι, με τη παρουσία του Υβριδικού Συστήματος, αντί ενός μεμονωμένου αιολικού πάρκου, επιτυγχάνονται πολύ μεγαλύτερα ποσοστά αξιοπιστίας στη κάλυψη των αναγκών και το Σενάριο 1 επιτελεί τον σκοπό του.

Στο Σχήμα 5.2, παρουσιάζεται η διαχείριση της συνολικής μηνιαίας παραγωγής αιολικής ενέργειας. Είναι φανερό πως η έντονη διακύμανση του ανέμου αντικατοπτρίζεται στην παραγόμενη αιολική ενέργεια ανά μήνα. Η αδυναμία πρόβλεψης του ανέμου καθιστά απαραίτητη την αποθήκευση ενέργειας, η οποία επιτυγχάνεται στη παρούσα εργασία με την άντληση όγκων νερού στον άνω ταμιευτήρα και στην παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας μέσω υδατόπτωσης, όποτε αυτή είναι αναγκαία. Επιπρόσθετα, η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται σε μπαταρία για τη κάλυψη αιχμών του δικτύου. Στο εξεταζόμενο σενάριο, η ΕΕΛ τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το αιολικό πάρκο, το υδροηλεκτρικό έργο και σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τα πρώτα δύο, από τον ΤΣΠ ενέργειας της Κω.

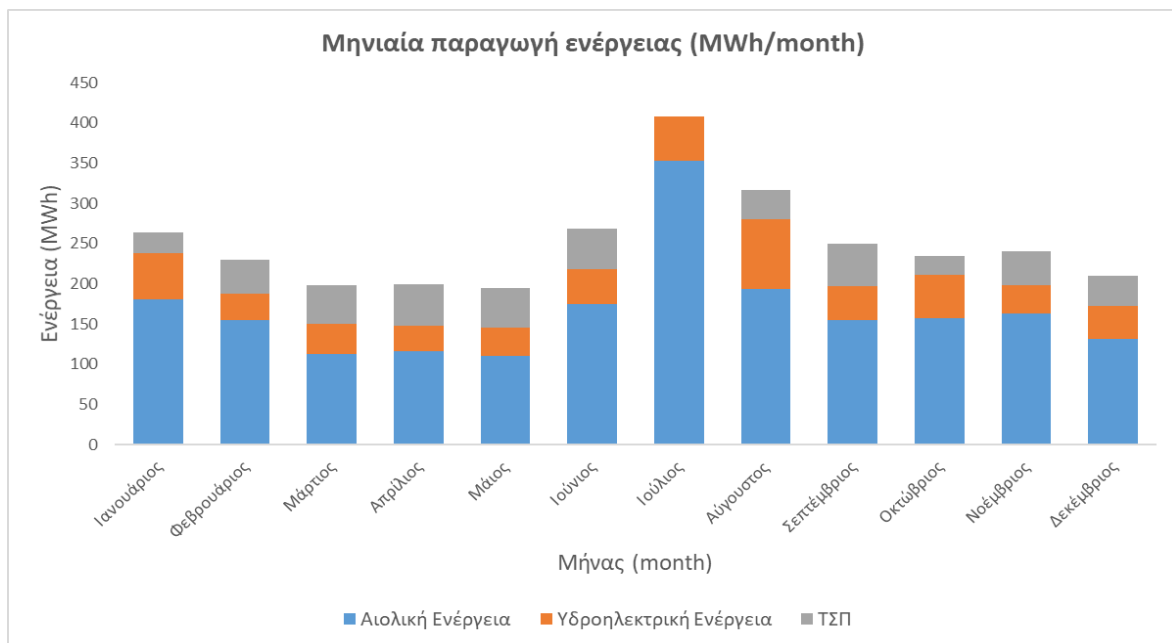


**Σχήμα 5.2** Διαχείριση παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Στο Σχήματα 5.3, 5.4 παρουσιάζονται η κατανομή κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης της ΕΕΛ καθώς και η μηνιαία παραγωγή ενέργειας από τις Α/Γ, τον ΥΗΕ και το ΤΣΠ. Η συνεισφορά του ΤΣΠ περιορίζεται στο ποσοστό του 24%, ενώ Α/Γ και ΥΗΕ συνεισφέρουν περίπου το ίδιο, 40% και 36% αντίστοιχα.



**Σχήμα 5.3** Κάλυψη ενεργειακών αναγκών (%) στο Σενάριο 1

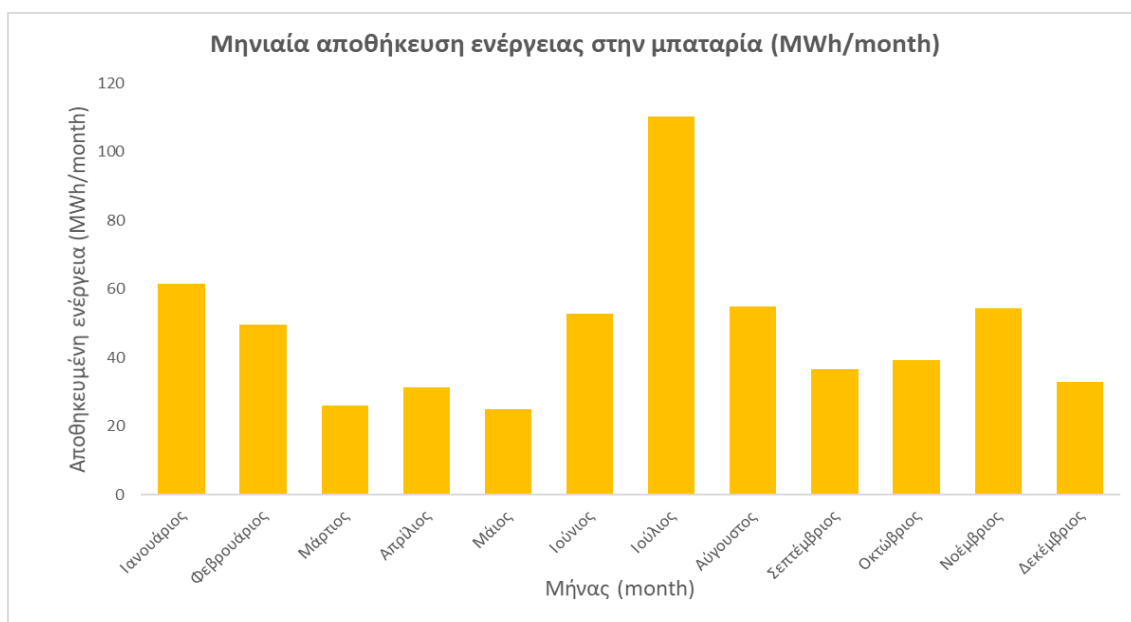


**Σχήμα 5.4** Μηνιαία παραγωγή ενέργειας (MWh/month)

Από το Σχήμα 5.4, παρατηρούμε ότι η μέγιστη μηνιαία παραγωγή ενέργειας σημειώνεται τον Ιούλιο και φτάνει τις 400 MWh, λόγω της μεγάλης παραγωγής αιολικής ενέργειας και της ζήτησης λόγω της τουριστικής κίνησης. Έτσι, κατά τον μήνα Ιούλιο η ΕΕΛ γίνεται ενεργειακά αυτόνομη. Στα Σχήματα 5.5 και 5.6 παρουσιάζεται η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ (%) και η μηνιαία αποθήκευση ενέργειας στην μπαταρία.



**Σχήμα 5.5** Μηνιαία κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων ΕΕΛ από το ΥΣ (%)



**Σχήμα 5.6** Μηνιαία αποθήκευση ενέργειας στην μπαταρία (MWh/month)

Από το Σχήμα 5.5, που απεικονίζεται η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ, παρατηρείται η κάλυψη κυμαίνεται από 71% τον μήνα Μάιο έως και 100% τον μήνα Ιούλιο. Τέλος, στο Σχήμα 5.6 παρατηρείται η μηνιαία αποθήκευση ενέργειας που γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κορυφώνεται κατά τον μήνα Ιούλιο και φτάνει τις 110 MWh.

Στα Σχήματα 5.7, 5.8 και 5.9, παρουσιάζεται η μέση μηνιαία μεταβολή του όγκου του ταμιευτήρα θαλασσινού νερού στο 1<sup>ο</sup>, στο 3<sup>ο</sup> και στο 5<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης.



Σχήμα 5.7 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 1<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης



Σχήμα 5.8 Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 3<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης

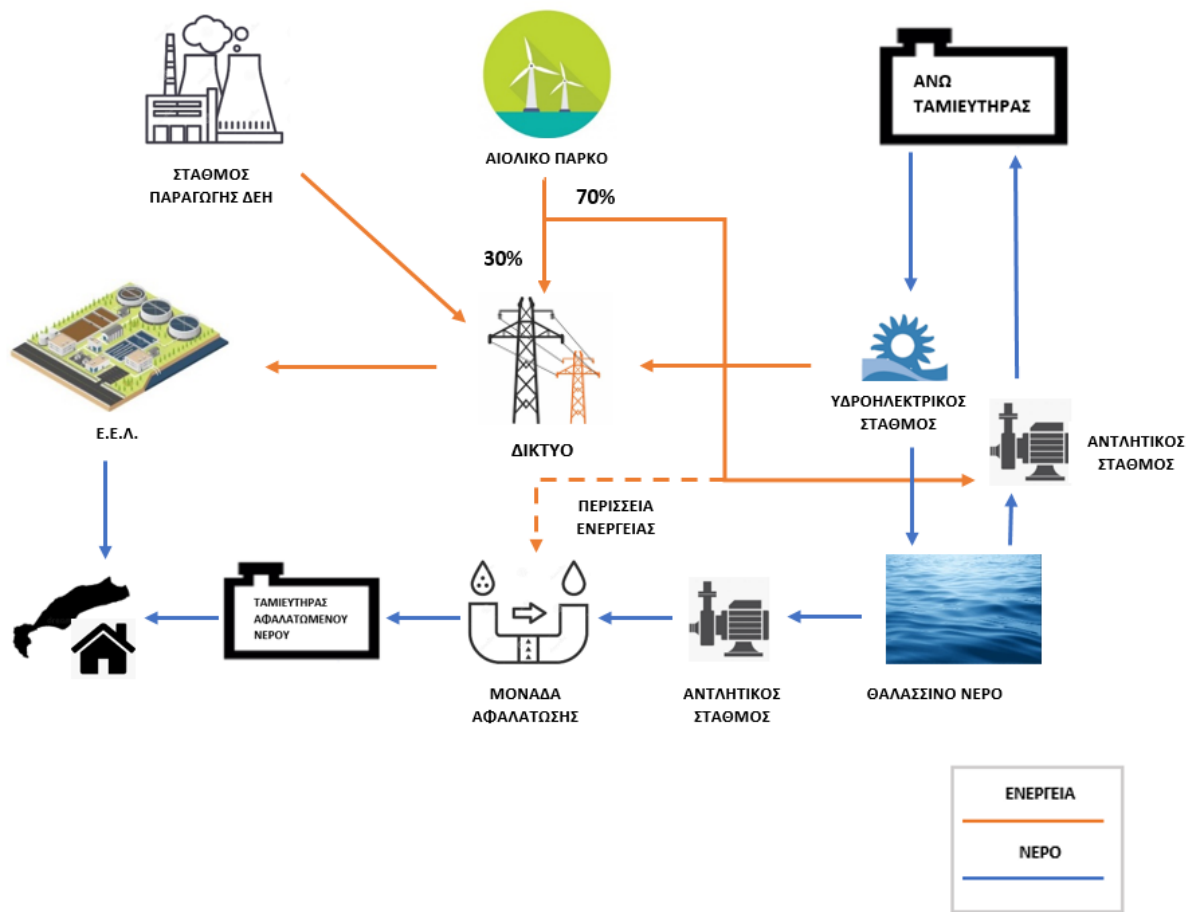


**Σχήμα 5.9** Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 5<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης

Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτεροι όγκοι αντλούνται τους θερινούς μήνες, όπου η παραγωγή αιολικής ενέργειας κορυφώνεται. Παρ' όλα αυτά, καθ' όλη τη διάρκεια γίνεται αντλησιοταμίευση και το υδροηλεκτρικό έργο συνεισφέρει σημαντικά στην παραγωγή ενέργειας, ανάλογα με τη ζήτηση.

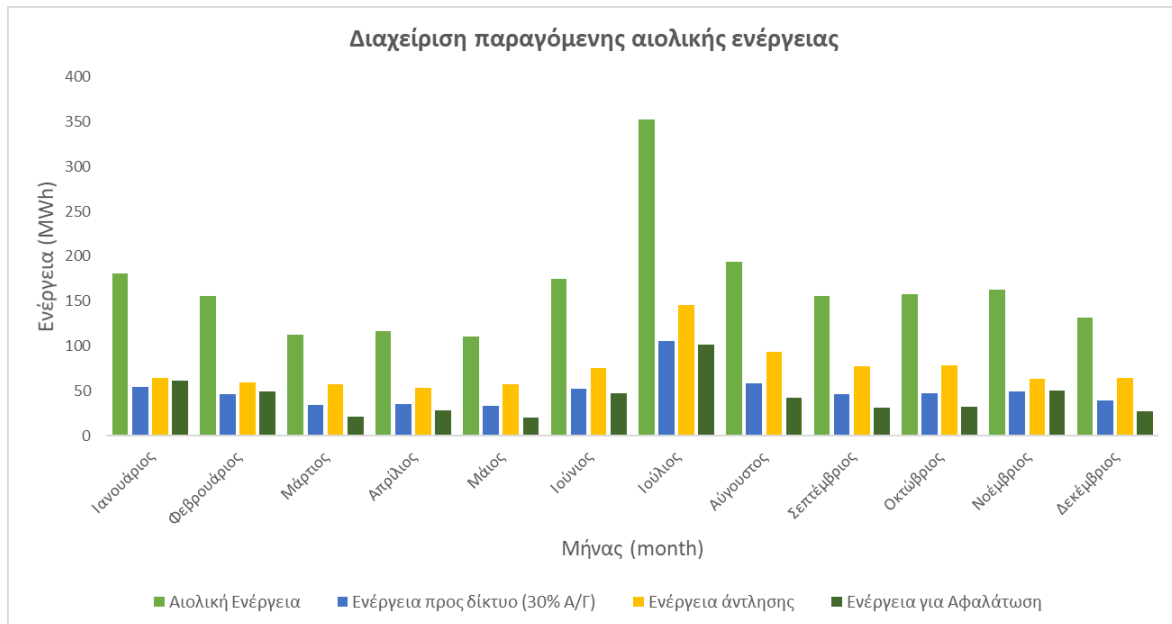
## 5.2 Σενάριο 2: Κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων ΕΕΛ και αφαλάτωση θαλασσινού νερού

Στο Σενάριο 2, κατά τη προσομοίωση του ΥΣ τίθεται ως προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της ΕΕΛ και μετέπειτα η περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιείται στη μονάδα αφαλάτωσης. Συγκεκριμένα, όπως και στο Σενάριο 1, το 30% της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο διατίθεται απευθείας στο δίκτυο. Το υπόλοιπο 70% πρωτίστως χρησιμοποιείται για άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα και δευτερευόντως στη μονάδα αφαλάτωσης. Στόχος σε αυτό το σενάριο είναι η κάλυψη της ύδρευσης του οικισμού της Καρδάμαινας (πληθυσμού 1650 κατοίκων) με αφαλατωμένο νερό και η ενεργειακή κάλυψη της ΕΕΛ. Επιπρόσθετα, γίνεται επαναχρησιμοποίηση κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων από την ΕΕΛ για την άρδευση περιαστικού πρασίνου. Το διάγραμμα ροής ενέργειας και νερού στο Σενάριο 2 παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.10.



**Σχήμα 5.10** Διαγραμματική απεικόνιση δεύτερου σεναρίου λειτουργίας ΥΣ

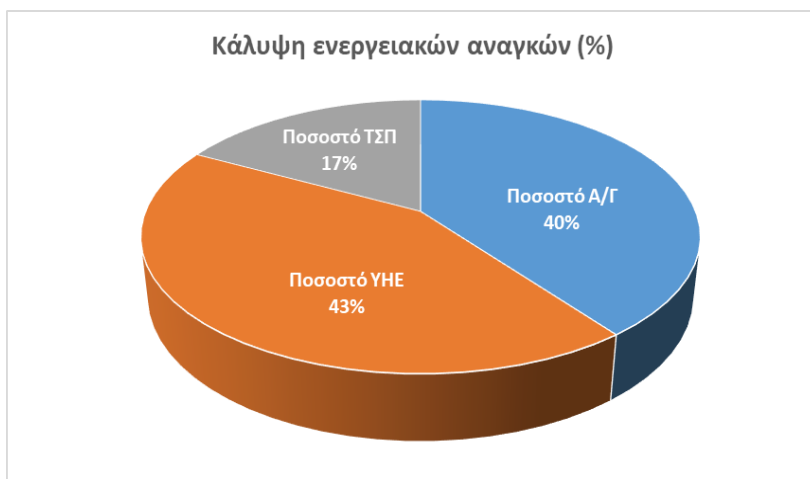
Αναλυτικότερα, η διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο σε μηνιαία κλίμακα φαίνεται στο Σχήμα 5.11:



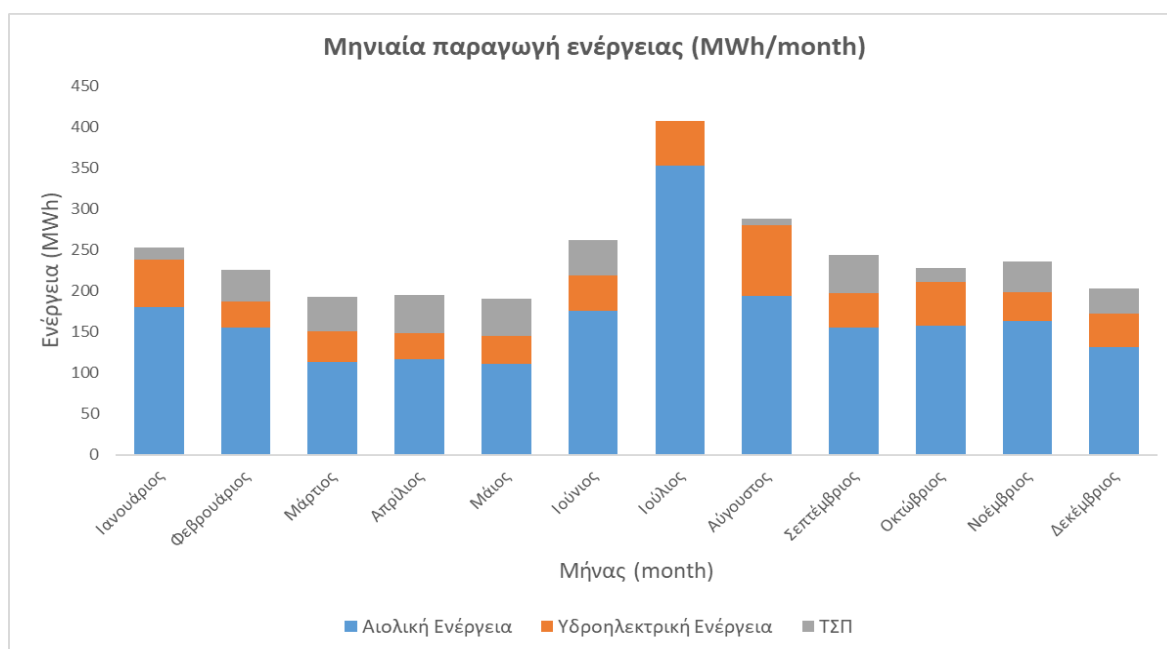
**Σχήμα 5.11** Διαχείριση παραγόμενης αιολικής ενέργειας στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ

Παρατηρείται ότι όλους τους μήνες γίνεται άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα και υπάρχει περίσσεια ενέργειας κάθε μήνα, ώστε να γίνεται αφαλάτωση νερού όλη τη διάρκεια του έτους. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι τον Ιούλιο, το μήνα με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό, γίνεται και η υψηλότερη παραγωγή πόσιμου νερού και αντλείται ο μεγαλύτερος μηνιαίος όγκος νερού.

Όπως στο Σενάριο 1, έτσι και στο εξεταζόμενο σενάριο, η ΕΕΛ τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το αιολικό πάρκο, το ΥΗΕ και, σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από τα πρώτα δύο, από τον ΤΣΠ ενέργειας της Κω. Στα Σχήματα 5.12 και 5.13, παρουσιάζονται το ποσοστό της κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης καθώς και η μέση μηνιαία παραγωγή ενέργειας από κάθε μία από τις εκάστοτε πηγές ενέργειας. Η συνεισφορά του ΤΣΠ περιορίζεται στο ποσοστό του 17%, ενώ Α/Γ και ΥΗΕ συνεισφέρουν περίπου το ίδιο, 40% και 43% αντίστοιχα.



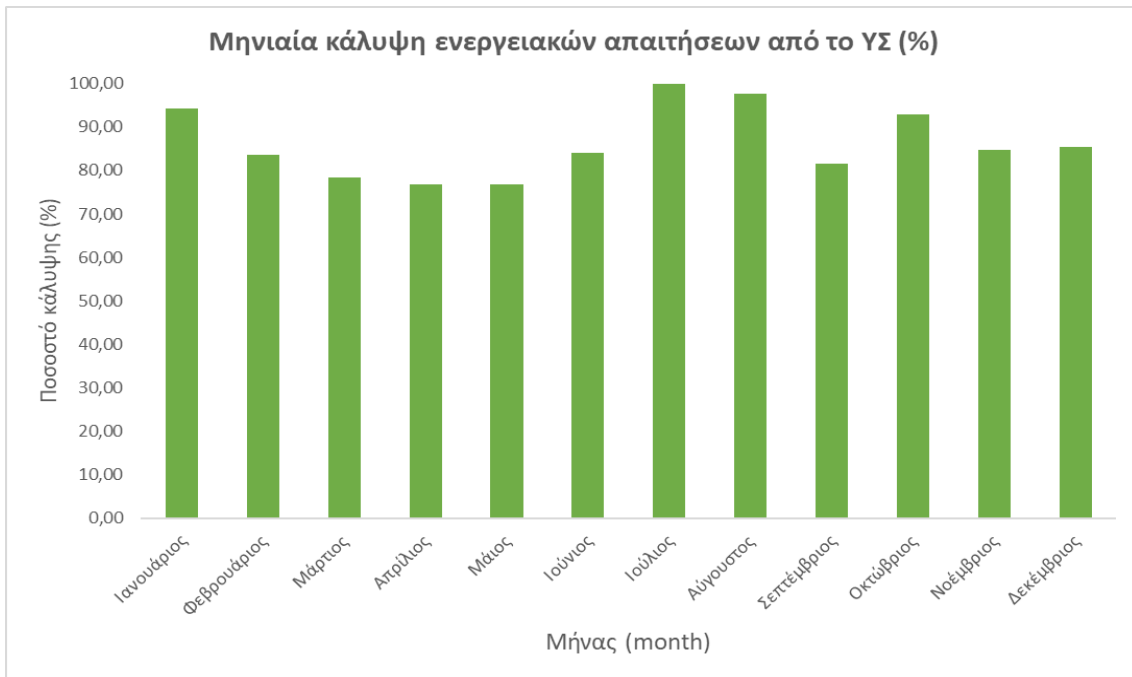
**Σχήμα 5.12** Κάλυψη ενεργειακών (%) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ



**Σχήμα 5.13** Μηνιαία παραγωγή ενέργειας (MWh/month) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του ΥΣ

Στο Σχήμα 5.14, απεικονίζεται η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ. Παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά συνεισφοράς, που κυμαίνονται από 78% τον μήνα Μάιο έως και 100% τον μήνα Ιούλιο.





**Σχήμα 5.14** Μηνιαία κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ (%) στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας

Στα παρακάτω Σχήματα 5.15, 5.16 και 5.17 απεικονίζεται η χρονοσειρά των όγκων νερού στον άνω ταμιευτήρα για το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης. Όπως είναι και αναμενόμενοι, οι μεγαλύτεροι όγκοι παρατηρούνται τους θερινούς μήνες όπου και αντλούνται μεγάλες ποσότητες νερού, λόγω της μεγάλης παραγωγής ενέργειας από το αιολικό πάρκο.



**Σχήμα 5.15** Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 1<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης

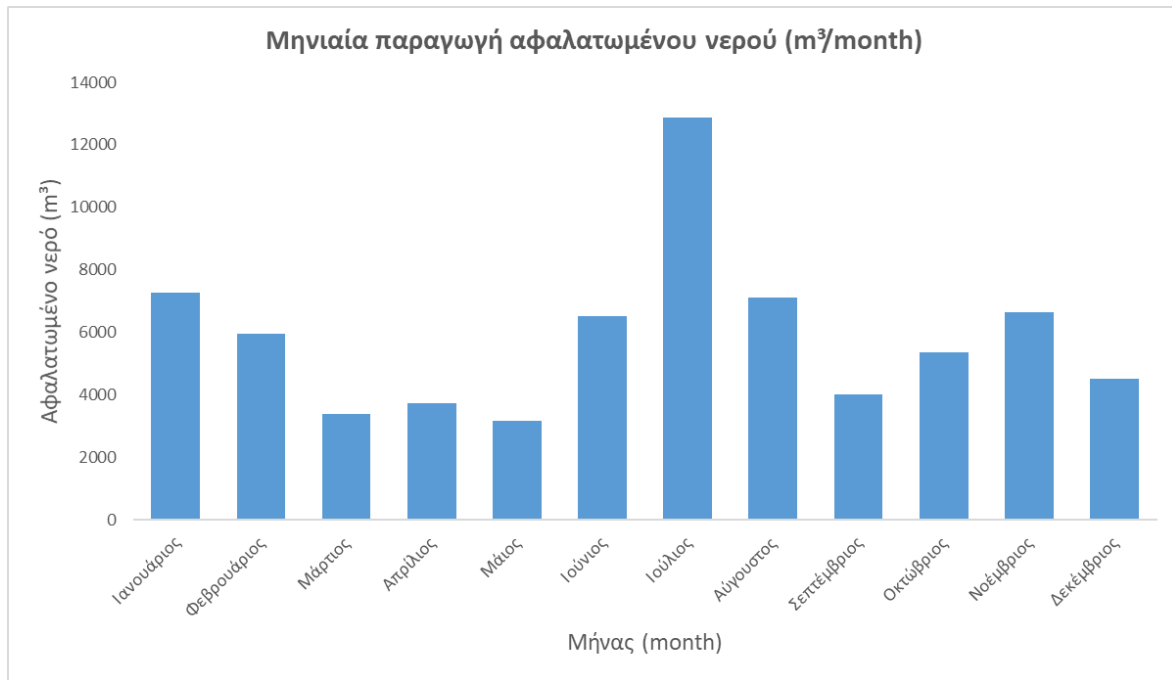


**Σχήμα 5.16** Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 3<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης



**Σχήμα 5.17** Όγκος άνω ταμιευτήρα για το 5<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης

Στο παρακάτω Σχήμα 5.18 απεικονίζεται η μέση μηνιαία παραγωγή αφαλατωμένου νερού. Αφαλάτωση γίνεται όλο τον χρόνο και κυμαίνεται από 3200 m<sup>3</sup> τον μήνα Μάιο έως και 12870 m<sup>3</sup> τον μήνα Ιούλιο. Το γεγονός ότι κορυφώνεται η αφαλάτωση τους θερινούς μήνες είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό, διότι η τουριστική κίνηση είναι ιδιαίτερα έντονη με αποτέλεσμα οι ζητήσεις νερού να είναι πολύ ψηλότερες.



**Σχήμα 5.18** Μηνιαία παραγωγή αφαλατωμένου νερού (m<sup>3</sup>/month)

Η παραγωγή πόσιμου νερού στο Σενάριο 2 είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε νερό του οικισμού της Καρδάμαινας (1650 κάτοικοι), σε ποσοστό 100%. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται απεξάρτηση του παραθαλάσσιου οικισμού από νερό που προέρχεται μέχρι και σήμερα από γεωτρήσεις. Η παρέμβαση αυτή θα ενισχύσει τους υπόγειους υδροφορείς και θα βελτιώσει τα αποθέματα υπόγειου νερού. Ειδικότερα, θα ανέβει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και θα απομακρυνθεί ο κίνδυνος της υφαλμύρωσης των υπόγειων όγκων νερού.

Στα Σχήματα 5.19, 5.20 και 5.21 απεικονίζονται οι χρονοσειρές των όγκων αφαλατωμένου νερού για 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> έτος προσομοίωσης. Υπάρχει μεταβλητότητα στις χρονοσειρές ανά έτος καθώς αυτές εξαρτώνται και από τη ζήτηση νερού (που δεν είναι σταθερή), αλλά και από τη διαθέσιμη αιολική ενέργεια.



**Σχήμα 5.19** Όγκος ταμειυτήρα αφαλατωμένου νερού για 1<sup>ο</sup> έτος



**Σχήμα 5.20** Όγκος ταμειυτήρα αφαλατωμένου νερού για το 3<sup>ο</sup> έτος



Σχήμα 5.21 Όγκος ταμιευτήρα αφαλατωμένου νερού για το 5<sup>ο</sup> έτος

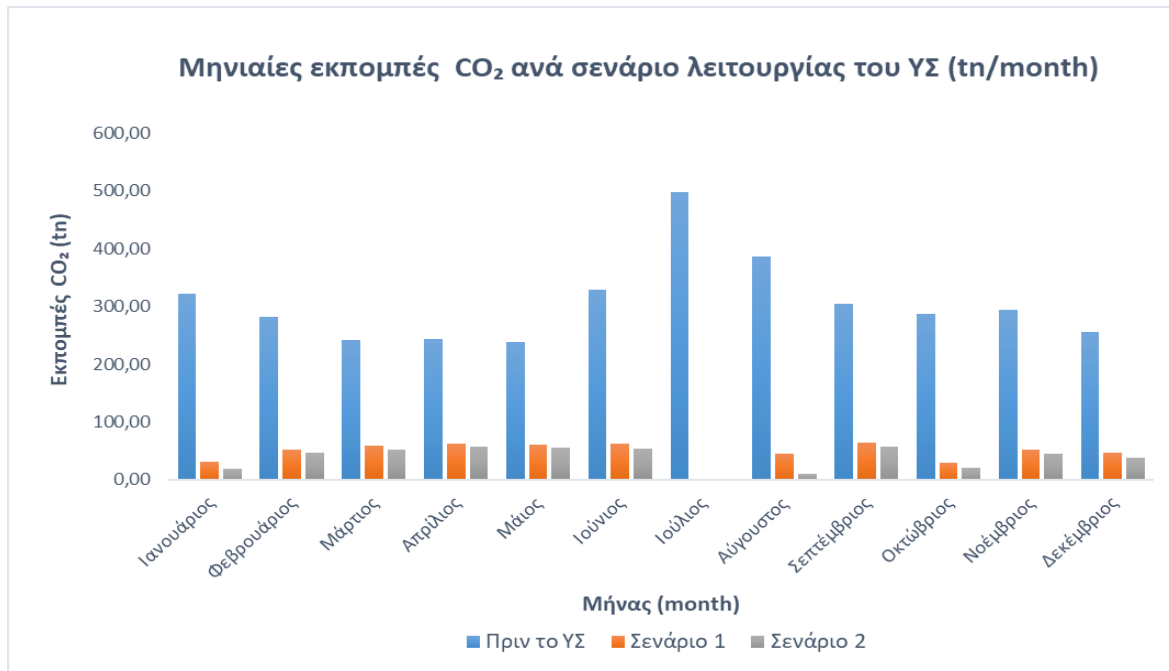
### 5.3 Σύγκριση εκπομπών CO<sub>2</sub> για τις ανάγκες της ΕΕΛ πριν και μετά την ένταξη υβριδικού συστήματος

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται δεδομένα που απεικονίζουν τις συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη λειτουργία του ΤΣΠ για τις ανάγκες της ΕΕΛ της ΔΕ Ηρακλειδών. Σκοπός είναι η σύγκριση των εκπεμπόμενων ρύπων πριν και μετά την ένταξη ΥΣ. Για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> του ΤΣΠ, θεωρήθηκε ότι ανέρχονται σε 0,82 MWh/ton, που θεωρείται μία καλή προσέγγιση (Μαντζουράνης, 2021). Παρατηρείται μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> για την ενέργεια που καταναλώνεται για τις ανάγκες της ΕΕΛ κατά 75,40% στο Σενάριο 1 και κατά 83,00% στο Σενάριο 2. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτή και η περιβαλλοντική συνεισφορά του ΥΣ με την προσφερόμενη ενέργεια που παράγεται, που είναι απαλλαγμένη από εκπεμπόμενους ρύπους (Α/Γ και ΥΗΕ).

Πίνακας 5.1 Μεταβολή εκπομπών CO<sub>2</sub> από τον ΤΣΠ λόγω της ένταξης του ΥΣ ανά σενάριο για 5 χρόνια λειτουργίας

	ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΥΣ	ΕΝΤΑΞΗ ΥΣ	
		ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
ΤΣΠ για την ΕΕΛ (MWh)	7062	1737	1201
CO <sub>2</sub> (MWh/ton)	0,82	0,82	0,82
Εκπεμπόμενο CO <sub>2</sub> ΤΣΠ (tn)	8612	2118	1464
Μείωση CO <sub>2</sub> λόγω του ΥΣ (%)	-	75,40 %	83,00 %

Στο Σχήμα 5.22 παρουσιάζονται οι μηνιαίες εκπομπές CO<sub>2</sub> πριν την ένταξη του ΥΣ και μετά (Σενάρια λειτουργίας 1 και 2). Όλη τη διάρκεια του χρόνου οι εκπομπές είναι ιδιαίτερα απομειωμένες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον μήνα Ιούλιο όπου οι εκπομπές CO<sub>2</sub> για την ενέργεια που προορίζεται για την ΕΕΛ είναι μηδενικές.



**Σχήμα 5.22** Μηνιαίες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά σενάριο λειτουργίας του ΥΣ για ίδια παραγωγή ενέργειας (tn/month)

#### 5.4 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων

Στα Σενάρια 1 και 2, όπως προαναφέρθηκε, θα γίνεται επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για περιορισμένη άρδευση και βιομηχανική χρήση. Σύμφωνα με τη νομοθεσία, επαναχρησιμοποίηση για περιορισμένη άρδευση μπορεί να γίνει με συνδυασμό δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με μονάδα χλωρίωσης ή με μονάδα UV. Ως πιο οικονομική λύση, επιλέγεται η λύση της μονάδας χλωρίωσης-αποχλωρίωσης και για τα δύο σενάρια. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας (Κολικονιάρης, 2012), στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας μίας μονάδας χλωρίωσης. Για τους υπολογισμούς έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Η επίτευξη της απολύμανσης θα πραγματοποιηθεί με χρήση διαλύματος NaOCl. Αναλυτικότερα το διάλυμα NaOCl που θα χρησιμοποιηθεί αποτελείται από: 15% συγκέντρωση χλωρίου κατά βάρος και 1,2 kg/L ειδικό βάρος.
- Το διάλυμα του NaOCl κοστολογείται με: 230 €/tn.
- Το διάλυμα Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> για την αποχλωρίωση κοστολογείται με: 500 €/tn.

**Πίνακας 5.2** Κόστη εγκατάστασης μονάδας χλωρίωσης-αποχλωρίωσης για περιορισμένη άρδευση (Κολικονιάρης, 2012)

Παροχή σχεδιασμού (m <sup>3</sup> /d)	Κόστος χημικών (€/year)	Κόστος εξοπλισμού (€)	Κόστος κατασκευής (€)	Συνολικό κόστος (€)
200	202	10430	3129	<b>13559</b>
1000	1011,7	10430	3129	<b>13559</b>
2000	2023,3	10480	3144	<b>13624</b>
10000	10117,2	10605	3181	<b>13786</b>

## 6. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ

### 6.1 Υπολογισμός συνολικού κόστους έργου

Τα κόστη των επιμέρους τμημάτων του έργου, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1, βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης αντίστοιχων έργων (Μπέρτσιου, 2016).

**Πίνακας 6.1** Πίνακας εκτιμώμενων δαπανών προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού για το Υβριδικό Σύστημα και μονάδας απολύμανσης στη νήσο Κω

Πίνακας Εκτιμώμενων Δαπανών Προμήθειας και Εγκατάστασης Εξοπλισμού για το Υβριδικό Σύστημα και για τη μονάδα απολύμανσης		
A/A	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών
<b>1</b>	<b>Δαπάνες Μελετών-Επιβλέψεων-Αδειοδοτήσεων</b>	
	Αρχιτεκτονική μελέτη, Η/Μ μελέτη, Αδειοδότηση , Επιβλέψεις	125.000,00 €
<b>2</b>	<b>Μονάδα αφαλάτωσης</b>	1.100.000,00 €
<b>3</b>	<b>Αντλιοστάσιο</b>	
	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	200.000,00 €
<b>4</b>	<b>Δεξαμενές</b>	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	900.000,00 €
<b>5</b>	<b>Υδροστρόβιλος</b>	
	Πλήρης εξοπλισμός υδροστρόβιλου (υδροστρόβιλος, μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης)	700.000,00 €
<b>6</b>	<b>Αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί</b>	
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	30.000,00 €
<b>7</b>	<b>Αιολικό πάρκο</b>	
	Πλήρης εξοπλισμός ανεμογεννητριών 3 x Vestas V52 850 kW (μεταφορά σε λιμάνι προορισμού στην Ελλάδα, κόστος εγκατάστασης, γερανοί ανέγερσης)	2.250.000,00 €
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος χώρου)	70.000,00 €
	Εκπαίδευση προσωπικού	15.000,00 €
<b>8</b>	<b>Εγκατάσταση μονάδας απολύμανσης</b>	
	Κατασκευή μονάδας χλωρίωσης-αποχλωρίωσης	13.559,00 €
	<b>Σύνολο</b>	<b>5.390.000,00 €</b>
	ΦΠΑ (24%)	1.293.600,00 €
	<b>Σύνολο με ΦΠΑ</b>	<b>6.683.600,00 €</b>



### 6.3 Υπολογισμός ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα οποία βασίζονται σε εκτιμήσεις, έπειτα από έρευνα κόστους λειτουργίας και συντήρησης αντίστοιχων έργων (Μπέρτσου, 2016).

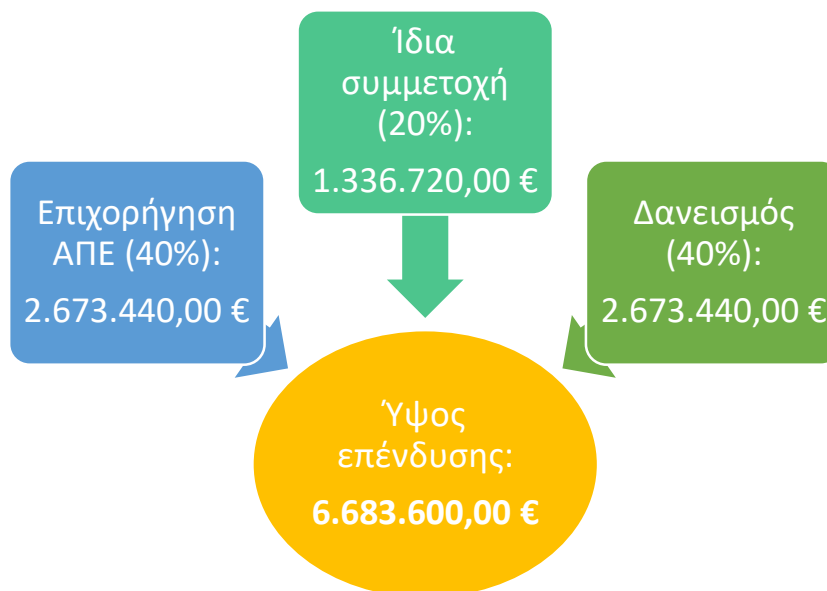
**Πίνακας 6.2** Πίνακας εκτιμώμενων ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης για το υβριδικό σύστημα και για τη μονάδα απολύμανσης στη νήσο Κω

Πίνακας Εκτιμώμενων Δαπανών Προμήθειας και Εγκατάστασης Εξοπλισμού για το Υβριδικό Σύστημα και για τη μονάδα απολύμανσης		
A/A	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών
<b>1</b>	<b>Δαπάνες Διοίκησης - Διαχείρισης Έργου</b>	
	Αμοιβή προσωπικού διαχείρισης	125.000,00 €
<b>2</b>	<b>Μονάδα αφαλάτωσης</b>	
	Συντήρη μονάδας, χημικής λειτουργίας και καθαρισμού , αντικατάσταση μεμβρανών	35.000,00 €
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	50.000,00 €
<b>3</b>	<b>Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί</b>	
	Συντήρηση του εξοπλισμού, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	2.000,00 €
<b>4</b>	<b>Δεξαμενές</b>	
	Συντήρηση, αναλώσιμα	2.000,00 €
<b>5</b>	<b>Υδροστρόβιλος</b>	
	Συντήρηση μονάδας, αναλώσιμα	8.000,00 €
<b>6</b>	<b>Ανεμογεννήτριες</b>	
	Συντήρηση μονάδας, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	10.000,00 €
	Δαπάνες προσωπικού, λειτουργία-συντήρηση-ασφάλεια	45.000,00 €
<b>7</b>	<b>Μονάδα απολύμανσης</b>	
	Χημικά χλωρίωσης-αποχλωρίωσης	1.011,70 €
	<b>Σύνολο</b>	<b>278.011,70 €</b>
	ΦΠΑ (24%)	66.722,81 €
	<b>Σύνολο με ΦΠΑ</b>	<b>344.734,51 €</b>

### 6.4 Χρηματοδότηση επένδυσης

Για να αξιολογηθεί με ορθό τρόπο η επένδυση για τα έργα που προβλέπει η μελέτη, είναι απαραίτητο να οριστεί ο χρονικός ορίζοντας. Ως χρονικός ορίζοντας του έργου λαμβάνεται η διάρκεια ζωής του τεχνικού εξοπλισμού. Με βάση την εμπειρία από αντίστοιχα έργα, ο χρονικός ορίζοντας θεωρείται ίσος με 25 έτη.

- Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται στα 6.683.600,00 €. Για την επένδυση αυτή προβλέπεται το εξής χρηματοδοτικό σχήμα (Σχήμα 6.1): επιχορήγηση, τραπεζικό δάνειο και ίδια συμμετοχή. Η επιχορήγηση δίνεται από επιχειρησιακό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ στα νησιά και είναι ορίζεται ως το 40% του συνολικού κόστους, ήτοι 2.673.440,00 €. Το τραπεζικό δάνειο λαμβάνεται για το 40% της επένδυσης, δηλαδή 2.673.440,00 € και τέλος, η ίδια συμμετοχή ανέρχεται στο 20%, που αντιστοιχεί σε 2.673.440,00 €.



**Σχήμα 6.1** Χρηματοδοτικό σχήμα επένδυσης

Όσον αφορά στο δανεισμό, η αποπληρωμή του δανείου πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ιστοκοχρεολυσίων, ενώ η περίοδος αποπληρωμής του θεωρείται ίση με 10 έτη και το επιτόκιο ίσο με 7.5%. Έτσι, το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται στα 389.482,59 €, βάσει του οποίου, στον Πίνακα 6.3, παρουσιάζεται η αποπληρωμή του δανείου.

**Πίνακας 6.3** Αποπληρωμή δανείου

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (€)	Χρεολύσιο (€)	Τόκοι (€)	Υπόλοιπο Χρεολυσίου (€)
0				2.673.440,00 €
1	389.482,59 €	188.974,59 €	200.508,00 €	2.484.465,41 €
2	389.482,59 €	203.147,68 €	186.334,91 €	2.281.317,73 €
3	389.482,59 €	218.383,76 €	171.098,83 €	2.062.933,98 €
4	389.482,59 €	234.762,54 €	154.720,05 €	1.828.171,44 €
5	389.482,59 €	252.369,73 €	137.112,86 €	1.575.801,71 €
6	389.482,59 €	271.297,46 €	118.185,13 €	1.304.504,26 €
7	389.482,59 €	291.644,77 €	97.837,82 €	1.012.859,49 €
8	389.482,59 €	313.518,12 €	75.964,46 €	699.341,37 €
9	389.482,59 €	337.031,98 €	52.450,60 €	362.309,38 €
10	389.482,59 €	362.309,38 €	27.173,20 €	0,00 €
<b>Σύνολο</b>	<b>3.894.825,86 €</b>	<b>2.673.440,00 €</b>	<b>1.221.385,86 €</b>	

## 6.5 Εκτίμηση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub> emissions)

Πλέον, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, όλες οι εγκαταστάσεις που εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, είναι υποχρεωμένες να πληρώνουν υψηλά κόμιστρα. Έτσι, ανάλογα με τους τόνους διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται το κόμιστρο που πρέπει να καταβληθεί. Στην ενότητα αυτή, αναλύεται η μεθοδολογία εκτίμησης του κομίστρου που θα πρέπει να καταβάλλει ετησίως ο ΤΣΠ της Κω και ποια μπορεί να είναι η συνεισφορά του μελετώμενου ΥΣ στη μείωση αυτού του κόστους.

### 6.5.1 Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System)

Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Σ.Ε.Δ.Ε.) της ΕΕ δρομολογήθηκε το 2005 με στόχο να ενθαρρυνθεί η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τρόπο οικονομικά αποδοτικό και αποτελεσματικό. Θέτει περιορισμούς στις ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου που μπορούν να εκπέμπουν οι ενεργοβόρες βιομηχανίες, οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας και οι αεροπορικές εταιρείες. Τα ανώτατα επίπεδα των δικαιωμάτων εκπομπών καθορίζονται από την ΕΕ και κάθε επιχείρηση λαμβάνει ή αγοράζει τα δικαιώματα που χρειάζεται. Το ανώτατο όριο μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, προκειμένου να μειωθούν σταδιακά οι συνολικές ποσότητες εκπομπών. Όσο οι εταιρείες (όπως η ΔΕΗ), βρίσκονται εντός του ανώτατου καθορισμένου ορίου εκπομπών, μπορούν να αγοράζουν ή να λαμβάνουν έναντι ποσού δικαιώματα εκπομπής (emission allowances) αερίων του θερμοκηπίου. Τα δικαιώματα αυτά αφορούν κυρίως εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Πρόκειται για τη πρώτη μεγάλη αγορά άνθρακα στον κόσμο και παραμένει η μεγαλύτερη. Ο πρωτεύον στόχος, της εν λόγω αγοράς, είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 50%, έως το 2030. Ισχύει για όλα τα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις χώρες Ισλανδία, Λιχτενστάιν και Νορβηγία. Για την επίτευξη του στόχου της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, οι τομείς που καλύπτονται από το ΣΕΔΕ θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 43 % σε σύγκριση με το 2005. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων εκπομπών θα μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι στο παρελθόν: από το 2021 και μετά, ο ετήσιος ρυθμός μείωσης θα είναι 2.2% αντί για 1.74%. Αυτό ισοδυναμεί με επιπλέον μείωση των εκπομπών περίπου κατά 556 εκατομμύρια τόνους μεταξύ 2020 και 2030 - ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στις συνολικές ετήσιες εκπομπές του Ηνωμένου Βασιλείου.

Μετά από κάθε χρόνο, μια εταιρεία οφείλει να παραδώσει τα δικαιώματα που αντιστοιχούν στους τόνους εκπομπής της, διαφορετικά επιβάλλονται υψηλά πρόστιμα. Για παράδειγμα, εάν μια εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εκπέμπει 1000 τόνους διοξείδιο του άνθρακα σε ένα έτος, τότε είναι υποχρεωμένη να παραδώσει 1000 δικαιώματα εκπομπής. Εάν μια εταιρεία μειώσει τις εκπομπές της, μπορεί να διατηρήσει τα εφεδρικά δικαιώματα για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών της ή αλλιώς να τα πουλήσει σε άλλη εταιρεία που δεν διαθέτει δικαιώματα. Η εμπορία των εκπομπών άνθρακα προσφέρει ευελιξία που διασφαλίζει τη μείωση τους, ενώ το κόστος για τις εταιρείες είναι μικρότερο. Μια ισχυρή τιμή

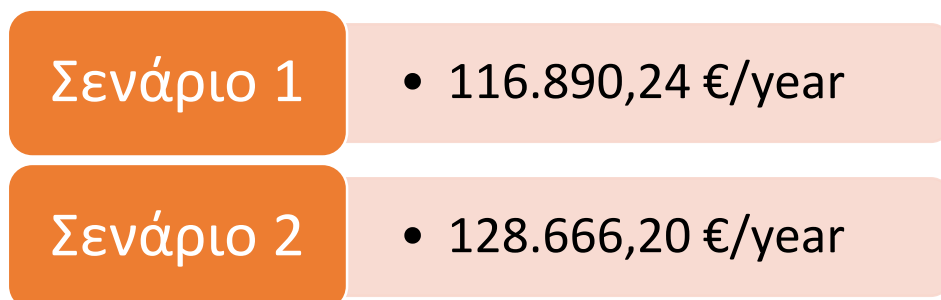
άνθρακα προωθεί επίσης τις επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Έτσι λοιπόν, η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησε μια αγοροπωλησία «αδειών» εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, αντί να επιβάλλει για παράδειγμα πρόστιμα στις επιχειρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο, η αγορά αυτορυθμίζει την τιμή της κάθε «άδειας», με βάση τον κανόνα της προσφοράς και της ζήτησης, ενώ παράλληλα επιβάλλονται υψηλά πρόστιμα σε όσους δεν ακολουθούν αυτή τη διαδικασία και συνεχίζουν να εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από αυτό για το οποίο έχουν πληρώσει. Προφανώς, η τιμή του κάθε ενός δικαιώματος εκπομπής ενός τόνου άνθρακα, είναι μικρότερη από το αντίστοιχο πρόστιμο που επιβάλλεται. Βέβαια, η τιμή έχει αυξητική τάση, ώστε να ωθεί τις επιχειρήσεις προς καθαρές τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (Μαντζουράνης, 2021)

#### 6.5.2 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ΤΣΠ Κω

Όπως έχει υπολογιστεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5.3, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τον ΤΣΠ Κω είναι 7062 tη για 5 χρόνια λειτουργίας. Με τη μελετώμενη ένταξη του ΥΣ στο Σενάριο 1 οι εκπομπές μειώνονται κατά 6494 tη και στο Σενάριο 2 κατά 7148.

Θεωρείται η τιμή 90 € ανά τόνο CO<sub>2</sub> για τα πρώτα 5 χρόνια της λειτουργίας, η οποία είναι μέση τιμή του 2022. Έτσι, προκύπτουν τα κόστη που εξοικονομούνται από τη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά έτος στο Σχήμα 6.4.



**Σχήμα 6.2** Ετήσια κόστη που εξοικονομούνται λόγω μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων από τον ΤΣΠ Κω ανά περίπτωση λειτουργίας

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι από το 1<sup>ο</sup> έτος λειτουργίας του ΥΣ η μείωση του κόστους λειτουργίας του ΤΣΠ είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ταυτόχρονα, μειώνονται και οι εκπεμπόμενοι ρύποι, συνεπώς το κέρδος είναι και περιβαλλοντικό και οικονομικό.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

### 7.1 Συμπεράσματα και σύνοψη αποτελεσμάτων

Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για την εφαρμογή ενός Υβριδικού Συστήματος με την συμμετοχή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο νησί της Κω.

Αρχικά, παρουσιάζονται συνοπτικά τα Υβριδικά Συστήματα και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στη συνέχεια, αναλύεται η διαδικασία της αφαλάτωσης για τη παραγωγή πόσιμου νερού, που προβλέπεται στο παρόν τεχνικό έργο. Επιπρόσθετα, αναλύεται η επεξεργασία λυμάτων και ειδικότερα το θεσμικό τους πλαίσιο, η ενεργειακή τους κατανάλωση και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης για άρδευση.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διαδικασία μόρφωσης του μοντέλου προσομοίωσης του έργου βήμα προς βήμα. Η μελέτη του ΥΣ γίνεται ως προς την κάλυψη μέρους των υδρευτικών και ενεργειακών αναγκών του νησιού. Η μοντελοποίηση του τεχνικού έργου περιλαμβάνει την συλλογή και, στη συνέχεια, ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων. Τέλος, γίνεται εκτίμηση των αναγκών σε νερό και ενέργεια και με βάση αυτές γίνονται η αφαλάτωση και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Τα γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη των ΥΣ είναι τα εξής:

- Η έντονη διακύμανση, ως προς το χρόνο και την ποσότητα, προσφορά ενέργειας των ΑΠΕ, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκαλούν οι συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, έχει οδηγήσει στην έρευνα και την ανάπτυξη των ΥΣ. Τα τελευταία, εμφανίζουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας για ευρεία αποθήκευση ενέργειας με χρήση ΑΠΕ εξασφαλίζοντας συνεχή και σταθερή τροφοδοσία ενέργειας ανάλογα με τη ζήτηση.
- Τα υβριδικά έργα διαθέτουν την δυνατότητα τόσο να εγκατασταθούν ως ανεξάρτητα συστήματα όσο και να ενταχθούν σε υπάρχοντες σταθμούς παραγωγής ενέργειας με συμβατικές μορφές ενέργειας, με τις κατάλληλες παρεμβάσεις.
- Η Κως (και γενικότερα η νησιωτική Ελλάδα), ενδείκνυται για την εγκατάσταση και την λειτουργία αιολικών πάρκων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού αιολικού δυναμικού που διαθέτει. Βέβαια, χρειάζεται ιδιαίτερη μέριμνα για την ομαλή ένταξή τους στο μοναδικό φυσικό κάλος των ελληνικών νησιών και αποφυγή εγκαταστάσεων σε μικρά παρθένα νησιά.
- Η αφαλάτωση αποτελεί μια σοβαρή λύση για την αντιμετώπιση της έλλειψης ικανοποιητικών ποσοτήτων υδατικών πόρων στα ελληνικά νησιά, που εντείνεται κατά την θερινή τουριστική περίοδο. Η μέθοδος που επιλέγεται κατά αποκλειστικότητα στα ελληνικά νησιά είναι η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης λόγω της χαμηλής της κατανάλωσης σε ενέργεια και της συμβατότητας της με Φ/Β ή Α/Γ.

- Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, σε τοπικό επίπεδο, της εγκατάστασης ΥΣ συνοψίζονται στη σημαντικής προσφοράς απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας όλη τη διάρκεια του χρόνου, με αποφυγή διακοπών ρεύματος. Επιπρόσθετα, είναι πολύ σημαντική η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> που μπορεί να προσφέρει η ένταξη του ΥΣ, με μεγάλη θετική επίπτωση στο τοπικό περιβάλλον.

Μέσω του μοντέλου προσομοίωσης της εν λόγω εργασίας, προέκυψαν τα ακόλουθα ειδικά συμπεράσματα:

- Ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού, αυξάνοντας παράλληλα και τις ζητήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και ύδρευση.
- Η μηνιαία παραγωγή ενέργειας μεγιστοποιείται κατά τους τουριστικούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και ελαχιστοποιείται κατά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο.
- Στο Σενάριο 1, στο οποίο είναι σε προτεραιότητα η ενεργειακή κάλυψη της ΕΕΛ ΔΕ Ηρακλειδών της Κω και δευτερευόντως η αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρία, η ΕΕΛ τροφοδοτείται από ΑΠΕ κατά 76%. Συγκεκριμένα, κατά 40% από τις Α/Γ και κατά 36% από το ΥΗΕ. Η συμμετοχή αυτή μειώνει αισθητά τους εκπεμπόμενους ρύπους με αποτέλεσμα να εξοικονομεί από το ελληνικό δημόσιο κατά εκτίμηση 117000 € ετησίως. Η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ κυμαίνεται από 74% τον μήνα Απρίλιο μέχρι και 100% τον μήνα Ιούλιο.
- Στο Σενάριο 1, εκτός από την ενεργειακή κάλυψη της ΕΕΛ επιτυγχάνεται και σημαντική αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρία. Έτσι, το νησί αποκτά μεγαλύτερη ενεργειακή αυτάρκεια και οι αιχμές στη ζήτηση μπορούν να ικανοποιηθούν με ενέργεια ΑΠΕ φιλική προς το περιβάλλον.
- Στο Σενάριο 2, στο οποίο είναι σε προτεραιότητα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της ΕΕΛ και δευτερευόντως της μονάδας αφαλάτωσης, η ΕΕΛ τροφοδοτείται από ΑΠΕ σε ποσοστό 83%. Συγκεκριμένα, κατά 40% από τις Α/Γ και κατά 43% από το ΥΗΕ. Η συμμετοχή αυτή, η οποία είναι αυξημένη συγκριτικά με το Σενάριο 1, μειώνει ακόμη πιο αισθητά τους εκπεμπόμενους ρύπους, με αποτέλεσμα να εξοικονομεί το ελληνικό δημόσιο κατά εκτίμηση 129000 € ετησίως. Η μηνιαία κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από το ΥΣ κυμαίνεται από 77% τον μήνα Απρίλιο μέχρι και 100% τον μήνα Ιούλιο.
- Στο Σενάριο 2, εκτός από την ενεργειακή κάλυψη επιτυγχάνεται και κάλυψη των υδατικών αναγκών του οικισμού της Καρδάμαινας, ήτοι 1650 κατοίκων σε ποσοστό 100%. Έτσι, επιτυγχάνεται δραστική μείωση των απαιτούμενων αντλήσεων υπογείου νερού, ενισχύοντας έτσι τους υπόγειους υδροφορείς και εμποδίζοντας το φαινόμενο της υφαλμύρωσης, καθώς πρόκειται για παραθαλάσσιο οικισμό.
- Και στα δύο Σενάρια, με μέρος των εσόδων του ΥΣ γίνεται και επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για τις εκτεταμένες ανάγκες για άρδευση πρασίνου, μέσω χλωρίωσης-αποχλωρίωσης. Έτσι, γίνεται περαιτέρω ενίσχυση των υπόγειων υδροφορέων και του πρασίνου στο νησί της Κω.
- Συγκρίνοντας τα δύο σενάρια, και τα δύο συνεισφέρουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή αυτάρκεια της ΕΕΛ κατά τη διάρκεια του έτους. Ταυτόχρονα, και στα δύο σενάρια επιλύονται δύο σημαντικά ζητήματα που υπάρχουν σε όλα τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, το ζήτημα κάλυψης αιχμών στην ενεργειακή ζήτηση και το

ζήτημα των περιορισμένων αποθεμάτων υδατικών πόρων για ύδρευση και άρδευση. Έτσι, όποιο και αν λειτουργεί, το ΥΣ πρόκειται να συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη του νησιού και στη προστασία του περιβάλλοντος.

## **7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής και σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν έχουν προκύψει ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω μελέτη και ανάλυση. Καταρχάς προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας και σε άλλα νησιά της Ελλάδας διασυνδεδεμένα και μη, καθώς και σε οικισμούς και κοινότητες, συμβάλλοντας έτσι στην τοπική ανεξαρτησία από το δίκτυο της ΔΕΗ αλλά και στο συνολικό ισοζύγιο της χώρας, αυξάνοντας την συμβολή των ΑΠΕ και μειώνοντας τους εκπεμπόμενους ρύπους. Επιπλέον, θα παρουσίαζε ενδιαφέρον και η διαστασιολόγηση των μεγεθών των ταμιευτήρων θαλασσινού και αφαλατωμένου νερού καθώς και η λεπτομερής χωροθέτηση των επί μέρους εγκαταστάσεων, με απώτερο στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για μελλοντική μελέτη θα μπορούσε επίσης να αναλυθεί και εφαρμογή μονάδων αφαλάτωσης μεγαλύτερης δυναμικότητας με σκοπό την πλήρη κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης ολόκληρου του νησιού. Τέλος, η παραγωγή χρονοσειρών για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών απόκρισης του έργου θα παρείχε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αξιοπιστία του συστήματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Ανδρεαδάκης Α., Επεξεργασία και διαχείριση λυμάτων και ιλύος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015

Ανδρεαδάκης Α., Πανταζίδου Μ., Σταθόπουλος Α., Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2008

Βρεττός Ε., Ενεργειακή Προσομοίωση και Βέλτιστη Διαστασιολόγηση Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ - Συσσωρευτών - Υδρογόνου, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010

Γεωργαντέας Ν., Σχεδιασμός, Περιβαλλοντική και Οικονομική Ανάλυση Υβριδικού Συστήματος Αιολικής, Ηλιακής Ενέργειας και Diesel για την Ενεργειακή Αυτονομία των Νησιών. Η Περίπτωση της Αστυπάλαιας, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.

Γεωργοπούλου Μ., Αφαλάτωση με ΑΠΕ σε άνυδρα ελληνικά νησιά, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013

Γκολιόπουλος Ν., Εκτίμηση και καταγραφή ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2019

Δαμίγος Δ., Καλιαμπάκος Δ., Σημειώσεις μαθήματος Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων στα πλαίσια του ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα, 2015

Ευστρατιάδης Α., Κοσιέρης Π., Μακρόπουλος Χ., Σημειώσεις στις Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα, Υδρευτικές καταναλώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2017

Ευστρατιάδης Α., Μαμάσης Ν., Κουτσογιάννης Δ., Σημειώσεις στην Ανανεώσιμη Ενέργεια & Υδροηλεκτρικά Έργα, Βασικές Αρχές Ενεργειακής Τεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2019

Ευστρατιάδης Α., Μαμάσης Ν., Κουτσογιάννης Δ., Σημειώσεις στην Ανανεώσιμη Ενέργεια & Υδροηλεκτρικά Έργα, Υδροηλεκτρική Ενέργεια-Γενικές Διατάξεις Υδροηλεκτρικών Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2019



Ζαφειράκου Α., Νταρακάς Ε., Σημειώσεις Τεχνικής Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014

Ζερβός Α., Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2008

Καλλίτση Ν., Αντίστροφη όσμωση με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

Κάραλης Γ., Ανάπτυξη και ανάλυση συστημάτων ανεμοκινητήρων και αντλιοσταμειωτήρων, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2008

Κατσαπρακάκης Δ.Α., Σύνθεση ενεργειακών συστημάτων, Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας & Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων Τ.Ε.Ι. Κρήτης, 2015

Κατσιγιάννης Γ., Ανεμογεννήτριες, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων, ΤΕΙ Κρήτης, Κρήτη, 2019

Κολικονιάρης Π., Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

Κοτρώνη Ε., Τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές με έμφαση σε εφαρμογές νησιωτικών Περιφερειών, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, ΕΑΠ, Πάτρα, 2021

Κρούσκα Β., Προσομοίωση συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας με χρήση θαλασσινού νερού, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2011

Λεμονής Α., Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εφαρμογής Υβριδικού Συστήματος για την Κάλυψη Υδατικών και Ενεργειακών Αναγκών στη Νήσο Λέρο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

Λιάτσου Χ., Συστήματα αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2010

Μαλαμής Σ., Μαμάης Δ., Νουτσόπουλος Κ., Σημειώσεις υγειονομικής τεχνολογίας, Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2020

Μαμάσης Ν., Στεφανάκος Ι., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Αθήνα, 2012

Μαντζουράνης Ε., Ολοκληρωμένη Αξιολόγηση ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νήσο Σκύρο στο πλαίσιο Απολιγνιτοποίησης, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2021

Μικρογεωργίου Ν., Ανάλυση Υβριδικού Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας που συνδυάζει ΑΠΕ και Μπαταρίες Μολύβδου Οξέος, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

Μιμίκου Μ.Α., Τεχνολογία υδατικών πόρων, 3<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2006

Μίχας Π., Μελέτη, διαστασιολόγηση, χωροθέτηση και οικονομική αξιολόγηση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα Κω-Καλύμνου, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρητης, Κρήτη, 2013

Μουτάφης Π., Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα, 2008.

Μπαλτάς Ε., Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Σχολή Πολιτικών Μηχανικών-Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2018

Μπαλτάς Ε.Α., Μιμίκου Μ.Α., Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2018

Μπέρτσιου Μ., Αξιολόγηση Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στους Φούρνους Κορσέων, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2016.

Μυσίρης Π., Αξιολόγηση ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Νήσο Δονούσα, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2015

Νατούδη Κ.Β., Μοντελοποίηση και παραμετρική διερεύνηση της λειτουργίας αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης τροφοδοτούμενου από ΑΠΕ, Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2017

Νικόλα Ε., Αξιολόγηση υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Φολέγανδρο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2020

Παναγιωτοπούλου Α., Ενεργειακή σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας μέσης ισχύος, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2016

Παπαντώνης Δ., Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2008

Παπαντώνης Δ., Υδροδυναμικές μηχανές: Αντλίες – Υδροστρόβιλοι, ΕΜΠ, Αθήνα, 2002

Πετροχείλος Π., Μελέτη χωροθέτησης, βέλτιστου σχεδιασμού και λειτουργίας υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά και αντλησιοταμίευση στο μη-

διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο του συμπλέγματος περιοχής Κω, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013

Ρίππη Α., Μαθηματική προσομοίωση υβριδικών συστημάτων. Το σύστημα της Ικάριας, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013

Σαρρής Μ.Δ., Αξιολόγηση υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην νήσο Πάτμο, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 2018

Σιάτου Α., Ενεργειακή Αξιολόγηση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2018

Σκρουφούτα Σ., Διερεύνηση Διαστασιολόγησης Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ για τη Διασφάλιση των Ενεργειακών και Υδατικών Αναγκών στο Νησί της Καρπάθου, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, Μάρτιος 2020.

Στάμου Α., Εφαρμοσμένη υδραυλική - Ροή υπό πίεση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009

Τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, Δήμος Κω, 2016

Τσακίρης, Γ., ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ, Σχεδιασμός & Διαχείριση, ΤΟΜΟΣ Ι: Αστικά Υδρυστικά Έργα, Αθήνα, 2010

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

Gu, Y., Li, Y., Li, X., Luo, P., Wang, H., Wang, X., Wu, J., Li, F., Energy self-sufficient wastewater treatment plants: feasibilities and challenges, Energy Procedia, 2017

Lagouvardos, Kotroni, Bezes, Koletsis, Kopania, Lykoudis, Mazarakis, Papagiannaki, Vougioukas, The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database, 2017

D. Mamais, C. Noutsopoulos, A. Dimopoulou, A. Stasinakis , T. D. Lekkas, Wastewater treatment process impact on energy savings and greenhouse gas emissions. Water Science and Technology, p 303-307, 2015

Macknick, et al., A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2011

Manwell J F., Hybrid energy systems, Encyclopedia of Energy, 2004

M.A. Mimikou, E.A. Baltas, and V.A. Tsihrintzis., Hydrology and Water Resource Systems Analysis, CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2016

M. Bertsiou, E. Feloni, E. Baltas, Cost-benefit analysis for a Hybrid renewable energy system in Fournoi Island, 2016

Metcalf & Eddy, Μηχανική υγρών αποβλήτων: Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση, Τόμος Β', Αθήνα, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2017

Panagopoulos A., Process simulation and techno-economic assessment of a zero liquid discharge/multi-effect desalination/thermal vapor compression (ZLD/MED/TVC) system, International Journal of Energy Research, 2020.

Panagopoulos A., Haralambous K-J., Loizidou M., Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review, Science of The Total Environment, 2012

Petrakopoulou F. et al., Simulation and analysis of a stand-alone solar-wind and pumped storage hydropower plant, 2016

Petrakopoulou F. et al., Simulation and evaluation of a hybrid concentrating-solar and wind power plant for energy autonomy on islands, 2016

Tzen E. and Morris, R., Renewable energy sources for desalination. Solar Energy, 2003

Voltz, T. and Grischek, T., Energy Management in the Water Sector – Comparative Case Study of Germany and the United States, Water-Energy Nexus, KeAi, 2018

Zotalis K., Diolynas E., Mammasi N., Angelakis A., Desalination Technologies: Hellenic Experience, Water, 2014.

Kartalidis A., Tzen E., Kampragkou E., D. Assimacopoulos, Responding to water challenges in Greece through desalination: energy considerations, International Journal of Water Resources Development, 2016.

Xevgenos, D., Moustakas, K., Malamis, D., & Loizidou, M., An overview on desalination & sustainability: renewable energy-driven desalination and brine management, Desalination and Water Treatment, 2016

### Ιστοσελίδες

Ανεμογεννήτρια Vestas V52 [https://www.thewindpower.net/turbine\\_en\\_27\\_vestas\\_v52-850.php](https://www.thewindpower.net/turbine_en_27_vestas_v52-850.php) (Προσπέλαση 19/7/22)

Αστικά λύματα ΥΠΕΚΑ <http://astikalimata.ypeka.gr/> (Προσπέλαση 25/8/22)

Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση ΦΙΛΟΤΗΣ <https://filotis.itia.ntua.gr/> (Προσπέλαση 12/8/2022)

Γεωμορφολογικά δεδομένα <http://geodata.gov.gr/> (Προσπέλαση 29/9/22)

ΔΕΔΔΗΕ: Έκδοση Πληροφοριακών Δελτίων Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 2021  
Ιανουάριος-Μάρτιος

<https://www.deddie.gr/el/kentroenhmerwsis/neaanakoinwseis/pliροφοριακο-deltio-mdn-ianoyarios-martios-2021/> (Προσπέλαση 25/7/2022)

ΔΕΥΑ Κω <https://www.deyakos.gr/> (Προσπέλαση 2/8/2022)

Δήμος Κω <http://www.kos.gov.gr/default.aspx> (Προσπέλαση 10/9/2022)

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) <http://www.hnms.gr/emv/el/> (Προσπέλαση 29/6/2022)

Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία <https://www.statistics.gr/> (Προσπέλαση 25/6/2022)

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

[https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU\\_2.4.9.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf) (Προσπέλαση 20/6/2022)

ΕΥΔΑΠ, <https://www.evdap.gr/>

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) <http://www.cres.gr/cres/index.html>  
(Προσπέλαση 19/6/2022)

Μεταρρύθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ  
<https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/reform-eu-ets/> (Προσπέλαση 15/9/2022)

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) <https://geo.rae.gr/> (Προσπέλαση 1/7/2022)

Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Emissions Trading System)  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en) (Προσπέλαση 30/9/2022)

Περιφέρεια νοτίου Αιγαίου, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής, Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020, Κωσ  
<http://www.pnai.gov.gr/> (Προσπέλαση 10/6/2022)

Πολιτική Προστασία Δήμου Κω <https://www.koscivilprotection.gr> (Προσπέλαση 29/5/2022)