



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΕ ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΤΗ ΣΚΥΡΟ

Αθανάσιος-Φοίβος Β. Παπαθανασίου

Επιβλέπων: Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΕ ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΤΗ ΣΚΥΡΟ

Αθανάσιος-Φοίβος Β. Παπαθανασίου

Επιβλέπων: Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

Το περιεχόμενο της ανά χείρας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Πρόλογος

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Συντονίζουσα του Προγράμματος είναι η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη ενός Υβριδικού Συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη αναγκών νερού και ηλεκτρικού ρεύματος στη Σκύρο. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα στο οποίο παράγεται αιολική ενέργεια μέσω ανεμογεννητριών (Α/Γ) και η πλεονάζουσα ενέργεια αποθηκεύεται με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης και του πράσινου υδρογόνου.

Την τριμελή εξεταστική επιτροπή αποτέλεσαν ο κ. Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ, ο κ. Συμεών-Αλέξανδρος Μαλαμής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ και ο κ. Αντώνιος Χαραλαμπόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ευάγγελο Μπαλτά, Καθηγητή ΕΜΠ, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο και να πραγματοποιήσω τη διπλωματική μου εργασία πάνω σε αυτό το ενδιαφέρον θέμα. Εκτιμώ ιδιαίτερα το χρόνο, την υπομονή και την προσπάθεια που μου διέθεσε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Με τις γνώσεις του και τη μεταδοτικότητα του με ενέπνευσε να αφοσιωθώ στη μελέτη του ευρύτερου κλάδου.

Επιπλέον ευχαριστώ την υποψήφια διδάκτορα κα Μαρίτα Μπέρτσιου για την πολύτιμη βοήθεια της, τις γνώσεις της, το χρόνο τον οποίο μου αφιέρωσε και την υπομονή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιστημονικό συνεργάτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κ. Στρατή Βουγιούκα για τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Σκύρου, την υπάλληλο της ΕΛΣΤΑΤ κα Ελένη Κατσώρη για τα στατιστικά στοιχεία που μας παρείχε και την υπάλληλο του ΟΠΕΚΕΠΕ κα Ουρανία Καλογιάννη.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζει στην οικογένεια μου, οι γονείς μου Βασίλης και Σμαράγδα, ο παππούς Θέμης και η γιαγιά Μαίρη, καθώς όλοι τους είναι δίπλα μου σε κάθε μου προσπάθεια και επιθυμία. Ξεκινώντας από το τίποτα ήταν εκείνοι οι οποίοι έθεσαν τα θεμέλια για να φτάσω σε οτιδήποτε έχω καταφέρει στη ζωή μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα κοντινά άτομα που έχω στη ζωή μου, τους φίλους, τους συμφοιτητές καθώς και τους καθηγητές και τους δασκάλους των προηγούμενων ετών για οτιδήποτε μου έχουν προσφέρει, οι οποίοι είναι δίπλα μου σε όλες τις ευκολίες και τις δυσκολίες της ζωής.

Αθανάσιος-Φοίβος Β. Παπαθανασίου

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

Περιεχόμενα

Περίληψη	xxiii
Abstract	xxv
Extended Summary.....	xxvii
1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά στοιχεία	1
1.2 Ιστορικά στοιχεία.....	2
2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	8
2.1 Εισαγωγή στις ΑΠΕ	8
2.2 Αιολική Ενέργεια	10
2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	15
2.4 Ηλιακή Ενέργεια	19
2.5 Ενέργεια Βιομάζας.....	22
2.6 Γεωθερμική Ενέργεια	23
2.7 Θαλάσσια Ενέργεια	23
2.8 Υβριδικά Συστήματα ΑΠΕ.....	26
3. Υδρογόνο	30
3.1 Γενικά στοιχεία	30
3.2 Πλεονεκτήματα	31
3.3 Μέθοδοι παραγωγής.....	31
3.4 Είδη υδρογόνου.....	33
3.5 Αποθήκευση	34
3.6 Μεταφορά.....	36
3.7 ΑΠΕ και Υδρογόνο.....	37
3.8 Ευρωπαϊκή Ένωση και Υδρογόνο	38
4. Αφαλάτωση	39
4.1 Γενικά στοιχεία	39
4.2 Μέθοδοι Αφαλάτωσης	40
4.3 Πολυβάθμια Εκτόνωση.....	41
4.4 Πολυβάθμια Εξάτμιση	42
4.5 Εξάτμιση με Επανασυμπύεση Ατμών.....	43
4.6 Ηλιακή Απόσταξη	43
4.7 Αντίστροφη Ώσμωση	44
4.8 Ηλεκτροδιάλυση.....	45
4.9 Σύγκριση Μεθόδων Αφαλάτωσης.....	47
5. Γενικά χαρακτηριστικά της Σκύρου	51
5.1 Σκύρος	51
5.2 Διοικητική Υπαγωγή Σκύρου	52
5.3 Ιστορία και Παράδοση	52
5.4 Κλιματικές – Μετεωρολογικές Συνθήκες Περιοχής	54
5.5 Φυσικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Χρήσεις γης.....	66
5.6 Σεισμικότητα	72
5.7 Καθεστώς Προστασίας Περιοχής	73

5.8 Καλλιέργειες και Ζωική παραγωγή	80
5.9 Δημογραφικά στοιχεία	81
5.10 Τουρισμός	87
5.11 Διασυνδέσεις και Πρόσβαση	90
5.12 Ύδρευση και Άρδευση.....	91
5.13 Ηλεκτρική Ενέργεια	94
5.14 Απορρίμματα.....	96
5.15 Υφιστάμενη κατάσταση νησιού	97
6. Μεθοδολογία – Υπολογισμοί	100
6.1 Μελέτη σκοπιμότητας	100
6.2 Τεχνική Περιγραφή Έργου	100
6.3 Εκτίμηση Αναγκών Ύδρευσης.....	101
6.4 Εκτίμηση Αναγκών Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	104
6.5 Μοντέλο Α/Γ και μετατροπή Ανεμολογικών Δεδομένων σε Ηλεκτρική Ενέργεια.....	109
6.6 Μονάδα Αφαλάτωσης	115
6.7 Μονάδα Αντλησιοταμίευσης.....	118
6.8 Μονάδα Παραγωγής Υδρογόνου	120
6.9 Σενάρια – Αποτελέσματα ανάλυσης	122
6.10 Σενάριο 1	122
6.11 Σενάριο 2.....	126
6.12 Σενάριο 3.....	131
6.13 Σύγκριση Σεναρίων – Ανάλυση Ευαισθησίας	137
6.14 Επιπτώσεις και Οφέλη στο Περιβάλλον	146
7. Οικονομική Ανάλυση.....	148
7.1 Βασικές έννοιες	148
7.2 Υπολογισμός Κόστους κατασκευής και λειτουργίας.....	150
7.3 Αξιολόγηση Επένδυσης.....	152
8. Προοπτικές και Συμπεράσματα.....	160
8.1 Σύνοψη.....	160
8.2 Μελλοντική Έρευνα	162
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	164
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	171
1. Στοιχεία Καλλιεργειών και Ζωικής παραγωγής	171
2. Στοιχεία Ηλεκτρικής Ενέργειας για τη Σκύρο	174

Πίνακας εικόνων

Fig. 1 Map of Skyros (https://www.google.com/maps/).	xxviii
Fig. 2 Mean monthly demand for water supply.	xxix
Fig. 3 Mean monthly electricity demand.	xxix
Fig. 4 Flow chart of the three scenarios.	xxxI
Fig. 5 Usage of the produced wind energy of the turbines, for the three scenarios, throughout the year.....	xxxii
Fig. 6 Mean monthly quantities of desalinated water produced.	xxxii
Fig. 7 Mean monthly energy required for desalination.	xxxiii
Fig. 8 Mean monthly coverage of electricity demand for the 1 st scenario.	xxxiii
Fig. 9 Monthly release of water from the reservoir and water that needs to be released to cover the electricity demands for the first scenario.....	xxxiv
Fig. 10 Mean monthly coverage of electricity demand for the 2 nd scenario.	xxxv
Fig. 11 Monthly produced hydrogen and hydrogen needed to cover electricity demands for the 2 nd scenario.	xxxv
Fig. 12 Mean monthly coverage of electricity demand for the 3 rd scenario.	xxxvi
Fig. 13 Monthly produced hydrogen and hydrogen needed to cover electricity demands for the 3 rd scenario.....	xxxvi
Fig. 14 Mean monthly demand of electricity energy, coverage from the three scenarios and coverage from the WT.	xxxvii
Fig. 15 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,112 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m ³ on the right, for the first scenario.....	xxxviii
Fig. 16 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,088 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m ³ on the right, for the second scenario.	xxxix
Fig. 17 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,125 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m ³ on the right, for the third scenario.	xxxix
Σχήμα 1.1 Κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή εκφρασμένη σε Btu, παγκοσμίως, για την περίοδο 1775–2009 (Fichman, 2010).	6
Σχήμα 1.2 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή εκφρασμένη σε ktoe, στην Ελλάδα, από το 1990 μέχρι και το 2018 (Πηγή: IEA).	6
Σχήμα 1.3 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) εκφρασμένη σε Mt ανά πηγή ενέργειας από το 1990 μέχρι και το 2018 παγκοσμίως (Πηγή: IEA).	7
Σχήμα 2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εκφρασμένη σε GWh ανά πηγή ενέργειας, από το 1990 μέχρι και το 2019, στην Ελλάδα (Πηγή: IEA).....	9

Σχήμα 2.2 Μερίδιο των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από το 2004 έως το 2019 (Πηγή: Eurostat).	10
Σχήμα 2.3 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h100) της Ελλάδας (Πηγή: ΠΑΕ, 2021).	11
Σχήμα 2.4 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς από Α/Γ στην Ελλάδα εκφρασμένη σε MW, από το 1999 μέχρι τον Ιούνιο του 2021 (Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ).	12
Σχήμα 2.5 Χάρτης της Ελλάδας με τις εγκατεστημένες Α/Γ μέχρι και το πρώτο εξάμηνο του 2021 (Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2021).	13
Σχήμα 2.6α Α/Γ οριζόντιου άξονα με 3 πτερύγια (Πηγή: AQUARET).	14
Σχήμα 2.6β Α/Γ κάθετου άξονα με 3 πτερύγια (Πηγή: AQUARET).	14
Σχήμα 2.7 Τα μέρη από τα οποία αποτελείται μια τυπική Α/Γ οριζόντιου άξονα (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2021).	15
Σχήμα 2.8 Μέρη από τα οποία αποτελείται ένας υδροηλεκτρικός σταθμός (Μαμάσης κ.ά., 2018).	17
Σχήμα 2.9 Χάρτης της Ελλάδας όπου απεικονίζονται τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ (Μαμάσης κ.ά., 2018).	18
Σχήμα 2.10 Χάρτης της Ελλάδας όπου απεικονίζεται η ηλιακή ακτινοβολία (Πηγή: https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis).	21
Σχήμα 2.11 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς από Φ/Β στην Ελλάδα εκφρασμένη σε MW από το 2007 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΣΕΦ).	22
Σχήμα 2.12 Μέση ετήσια κυματική ισχύς στον παγκόσμιο χάρτη εκφρασμένη σε kW/m (Gunn and Stock-Williams, 2012).	24
Σχήμα 2.13 Μέση ετήσια κυματική ισχύς στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο εκφρασμένη σε kW/m (Soukissian et al., 2011).	25
Σχήμα 2.14 Σχηματική απεικόνιση τυπικής εγκατάστασης αντλησιοταμίευσης (Kaunda et al., 2012).	28
Σχήμα 3.1 Διάφορες μέθοδοι παραγωγής υδρογόνου (Kumar and Himabindu, 2019).	32
Σχήμα 3.2 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης (Zeng and Zhang, 2010).	33
Σχήμα 3.3 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας όσον αφορά το μέγεθος των μονάδων σε MW και το χρόνο αποφόρτισης (Møller et al., 2017).	36
Σχήμα 4.1 Πηγές πόσιμου νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή).	39
Σχήμα 4.2 Δύο κατηγορίες μεθόδων αφαλάτωσης (Πηγή: ΜΟΥ).	40
Σχήμα 4.3 Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης (Al-Karaghoulí and Kazmerski, 2013).	41
Σχήμα 4.4 Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (Al-Karaghoulí and Kazmerski, 2013).	42

Σχήμα 4.5 Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με επανασυμπύεση ατμών (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).	43
Σχήμα 4.6 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της ηλιακής απόσταξης (Eltawil et al., 2008).	44
Σχήμα 4.7 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της αντίστροφης ώσμωσης (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).	45
Σχήμα 4.8 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της ηλεκτροδιάλυσης (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).	46
Σχήμα 5.1 Το νησί της Σκύρου (Πηγή: https://www.google.com/maps/).....	52
Σχήμα 5.2 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	55
Σχήμα 5.3 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	56
Σχήμα 5.4 Μέση ετήσια θερμοκρασία θερμοκρασίας για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	57
Σχήμα 5.5 Ετήσια διακύμανση υγρασίας για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	58
Σχήμα 5.6 Ετήσια διακύμανση υετού για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	59
Σχήμα 5.7 Ετήσια διακύμανση ύψους βροχής για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	60
Σχήμα 5.8 Ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	60
Σχήμα 5.9 Ετήσια διακύμανση ταχύτητας ανέμου για τα έτη 1955–2010 σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	61
Σχήμα 5.10 Ετήσια διακύμανση ταχύτητας ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	62
Σχήμα 5.11 Μέση ταχύτητα ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	63
Σχήμα 5.12 Ετήσιες συχνότητες ανέμου, για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	64
Σχήμα 5.13 Ετήσιες συχνότητες ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).	65
Σχήμα 5.14 Ομβροθερμικό διάγραμμα, για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).	66
Σχήμα 5.15 Υδρολιθολογικός Χάρτης Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).....	67
Σχήμα 5.16 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).....	67

Σχήμα 5.17 Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).....	68
Σχήμα 5.18 Κάλυψη γης – Corine Land Cover για τη Σκύρο το έτος 2018, σύμφωνα με τα παραδοτέα του προγράμματος CORINE της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή: ΥΠΕΝ).....	71
Σχήμα 5.19 Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας (Πηγή: ΟΑΣΠ).	72
Σχήμα 5.20 Χάρτης προστατευόμενων περιοχών της Σκύρου (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	73
Σχήμα 5.21 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Όρμος Καλογριάς, Ατσίτσα και Γειτονικό Πευκοδάσος – ΑΤ2011032 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).....	74
Σχήμα 5.22 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Νησίδα Σαρακηνό Σκύρου – ΑΤ5011061 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).....	75
Σχήμα 5.23 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Χώρα Σκύρου – ΑΤ5011062 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	75
Σχήμα 5.24 Βιότοπος Corine με κωδική ονομασία Ανατολική πλευρά Όρους Κόχυλας, Σκύρος – Α00040063 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	76
Σχήμα 5.25 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Βαλάξα Σκύρου – ΑΒ5080027 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	77
Σχήμα 5.26 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσοι Μέσα και Έξω Διαβάτης Σκύρου – ΑΒ5080108 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	77
Σχήμα 5.27 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Σκυροπούλα – ΑΒ5080118 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	78
Σχήμα 5.28 Βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Σκύρος: Όρος Κόχυλας – GR2420006 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	78
Σχήμα 5.29 Βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Νησίδες Σκύρου – GR2420009 (Πηγή: https://filotis.itia.ntua.gr/).	79
Σχήμα 5.30 Εξέλιξη μόνιμου πληθυσμού της Σκύρου, από το 1991 έως το 2011, στο σύνολο και ανά οικισμό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	82
Σχήμα 5.31 Σχηματικό Διάγραμμα Δικτύου υδροδότησης πόσιμου νερού της Σκύρου (Πηγή: ΑΚΕΠ).	93
Σχήμα 5.32 Χάρτης της Σκύρου όπου απεικονίζεται η θέση της ΕΕΛ στην περιοχή γυρίσματα (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/).....	96
Σχήμα 5.33 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW σε αξιολόγηση (Πηγή: https://geo.rae.gr/).	97
Σχήμα 5.34 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: https://geo.rae.gr/).	98
Σχήμα 5.35 Αιολικοί σταθμοί με πράσινο χρώμα απεικονίζονται εκείνοι με άδεια παραγωγής και με κόκκινο χρώμα εκείνοι με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: https://geo.rae.gr/).	98

Σχήμα 5.36 Α/Γ των αιολικών και υβριδικών σταθμών με πράσινο χρώμα απεικονίζονται εκείνες με άδεια παραγωγής και με κόκκινο χρώμα εκείνες με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: https://geo.rae.gr/).	99
Σχήμα 6.1 Μηνιαία διακύμανση συνολικού πληθυσμού για τη Σκύρο.	102
Σχήμα 6.2 Μηνιαία ζήτηση ύδρευσης για τη Σκύρο.	103
Σχήμα 6.3 Ημερήσια διακύμανση ζήτησης νερού για ύδρευση (Ευστρατιάδης κ.ά., 2017).	104
Σχήμα 6.4 Ωριαία κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για την περίοδο 2002–2012 (Μαμάσης κ.ά., 2018).	105
Σχήμα 6.5 Ημερήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.	106
Σχήμα 6.6 Ετήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.	108
Σχήμα 6.7 Ετήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για τα έτη 2011–2020.	108
Σχήμα 6.8 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h80) της Σκύρου (Πηγή: ΠΑΕ, 2021).	110
Σχήμα 6.9 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h100) της Σκύρου (Πηγή: ΠΑΕ, 2021).	111
Σχήμα 6.10 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h120) της Σκύρου (Πηγή: ΠΑΕ, 2021). ...	111
Σχήμα 6.11 Καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON E–92 με ισχύ 2.350 kW (Πηγή: https://www.enercon.de).	113
Σχήμα 6.12 Καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON E–92 2.350 kW.....	114
Σχήμα 6.13 Μηνιαία παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, τα έτη 2011–2020.	114
Σχήμα 6.14 Ημερήσια παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ.	115
Σχήμα 6.15 Ετήσια διακύμανση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την αφαλάτωση.....	116
Σχήμα 6.16 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση ανά μήνα.	117
Σχήμα 6.17 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ο όγκος του νερού ο οποίος αφαλατώνεται ανά μήνα.....	117
Σχήμα 6.18 Ετήσια διακύμανση όγκου της δεξαμενής αφαλατωμένου νερού.	118
Σχήμα 6.19 Ετήσια διακύμανση όγκου του άνω ταμιευτήρα.....	120
Σχήμα 6.20 Διάγραμμα ροής για το 1 ^ο σενάριο.	123
Σχήμα 6.21 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως για το 1 ^ο σενάριο.	124
Σχήμα 6.22 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 1 ^ο σενάριο.	124
Σχήμα 6.23 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την άντληση, ανά μήνα, για το 1 ^ο σενάριο.	125

Σχήμα 6.24 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας για το 1 ^ο σενάριο.	125
Σχήμα 6.25 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ο όγκος του νερού ο οποίος ρίπτεται από τον ταμιευτήρα μηνιαίως και ο όγκος του νερού ο οποίος απαιτείται να ριφθεί συνολικά προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια για το 1 ^ο σενάριο.....	126
Σχήμα 6.26 Διάγραμμα ροής για το 2 ^ο σενάριο.	127
Σχήμα 6.27 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως, για το 2 ^ο σενάριο.	127
Σχήμα 6.28 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 2 ^ο σενάριο.	128
Σχήμα 6.29 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου, ανά μήνα, για το 2 ^ο σενάριο.	128
Σχήμα 6.30 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας για το 2 ^ο σενάριο.	129
Σχήμα 6.31 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται το υδρογόνο το οποίο παράγεται μηνιαίως και η ποσότητα η οποία απαιτείται για πλήρη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας, για το 2 ^ο σενάριο.	130
Σχήμα 6.32 Ετήσια διακύμανση μέσου ημερήσιου όγκου δεξαμενής αποθήκευσης υδρογόνου, για το 2 ^ο σενάριο.....	130
Σχήμα 6.33 Παραγωγή οξυγόνου κατά το 1 ^ο έτος λειτουργίας της εγκατάστασης, για το 2 ^ο σενάριο.	131
Σχήμα 6.34 Διάγραμμα ροής για το 3 ^ο σενάριο.	132
Σχήμα 6.35 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως, για το 3 ^ο σενάριο.	132
Σχήμα 6.36 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 2 ^ο σενάριο.	133
Σχήμα 6.37 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την άντληση, ανά μήνα, για το 2 ^ο σενάριο.	133
Σχήμα 6.38 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου, ανά μήνα, για το 3 ^ο σενάριο.	134
Σχήμα 6.39 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για το 3 ^ο σενάριο.	135
Σχήμα 6.40 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται το υδρογόνο το οποίο παράγεται και η ποσότητα η οποία απαιτείται για την πλήρη κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 3 ^ο σενάριο.	136
Σχήμα 6.41 Ετήσια διακύμανση του μέσου ημερήσιου όγκου της δεξαμενής αποθήκευσης υδρογόνου, για το 3 ^ο σενάριο.....	136
Σχήμα 6.42 Παραγωγή οξυγόνου κατά το 1 ^ο έτος λειτουργίας της εγκατάστασης, για το 3 ^ο σενάριο.	137

Σχήμα 6.43 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.	138
Σχήμα 6.44 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η ποσοστιαία κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.	138
Σχήμα 6.45 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η ποσοστιαία κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.	139
Σχήμα 6.46 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ. ...	140
Σχήμα 6.47 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια και με την αποκλειστική χρήση Α/Γ.	141
Σχήμα 6.48 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ημέρα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ. ...	142
Σχήμα 6.49 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ώρα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ. ...	143
Σχήμα 6.50 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ημέρα το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια και με την αποκλειστική χρήση Α/Γ.	143
Σχήμα 6.51 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η επιπλέον ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από κάθε ένα από τα τρία σενάρια.	144
Σχήμα 6.52 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια μεταβάλλοντας τον αριθμό των Α/Γ.	145
Σχήμα 6.53 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια μεταβάλλοντας τον όγκο του ταμειευτήρα.	146
Σχήμα 7.1 Διάγραμμα NVP – IRR για το 1 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,112 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.	157
Σχήμα 7.2 Διάγραμμα NVP – IRR για το 1 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m ³ και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.	157
Σχήμα 7.3 Διάγραμμα NVP – IRR για το 2 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,088 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.	158

Σχήμα 7.4 Διάγραμμα NVP – IRR για το 2 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m ³ και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.	158
Σχήμα 7.5 Διάγραμμα NVP – IRR για το 3 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,125 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.	159
Σχήμα 7.6 Διάγραμμα NVP – IRR για το 3 ^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.	159

Πίνακας πινάκων

Table 1 Selling price of desalinated water and electrical energy for the three scenarios when NPV is zero.	xxxviii
Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη ισότοπων υδρογόνου (Züttel, et al., 2008).....	30
Πίνακας 4.1 Κύρια μεγέθη και χαρακτηριστικά των βασικών μεθόδων αφαλάτωσης (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).....	48
Πίνακας 4.2 Κόστη παραγόμενου νερού εκφρασμένα σε US\$/m ³ για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης ανάλογα με τη χωρητικότητα τους και το είδος του νερού εισαγωγής (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).....	49
Πίνακας 5.1 Ελάχιστες, Μέσες και Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).	55
Πίνακας 5.2 Ελάχιστες, Μέσες και Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη Σκύρο, την περίοδο 2011–2020 (Πηγή: EAA).	56
Πίνακας 5.3 Μέση μηνιαία υγρασία για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).	58
Πίνακας 5.4 Μέσο μηνιαίο ύψος υετού και μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).....	59
Πίνακας 5.5 Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για κάθε μήνα και μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου, για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).	61
Πίνακας 5.6 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου, για τη Σκύρο, την περίοδο 2011–2020 (EAA).	62
Πίνακας 5.7 Τύποι ανάγλυφου και ποσοστά επιφανειών στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).	69
Πίνακας 5.8 Έκταση και ποσοστό έκτασης που αντιστοιχεί σε κάθε ομάδα κλίσεων στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).	69
Πίνακας 5.9 Ποσοστά χρήσης γης της Σκύρου ως προς τη συνολική έκταση του νησιού (Πεχλιβανίδου, 2007).	70
Πίνακας 5.10 Ποσοστά των τύπων εδαφικής κάλυψης – χρήσης γης στα αντίστοιχα υψόμετρα και στις κλίσεις ανάγλυφου στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).	71
Πίνακας 5.11 Έκταση καλλιεργειών στη Σκύρο, για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).....	80
Πίνακας 5.12 Πλήθος ζώων με βάση το είδος για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).	80
Πίνακας 5.13 Απογραφές μόνιμου και πραγματικού πληθυσμού Δήμου Σκύρου για τα έτη 1991, 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	81
Πίνακας 5.14 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το έτος 2001 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).	82

Πίνακας 5.15 Πραγματικός πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το 2001 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	83
Πίνακας 5.16 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά τόπο γέννησης, για το 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	83
Πίνακας 5.17 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και οικογενειακή κατάσταση, για τα έτη 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).	84
Πίνακας 5.18 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και επίπεδο εκπαίδευσης, για τα έτη 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	85
Πίνακας 5.19 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά ομάδες υπηκοοτήτων, για το 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	86
Πίνακας 5.20 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά αριθμό παιδιών, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).	86
Πίνακας 5.21 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά ηλικία του μικρότερου παιδιού, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	86
Πίνακας 5.22 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά ηλικία του μεγαλύτερου παιδιού, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).	87
Πίνακας 5.23 Ξενοδοχειακό δυναμικό Δήμου Σκύρου ανά έτος από το 2016 μέχρι και το 2020 (Πηγή: ΞΕΕ).	87
Πίνακας 5.24 Αφίξεις πελατών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου ανά έτος από το 2005 μέχρι και το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	88
Πίνακας 5.25 Διανυκτερεύσεις πελατών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	89
Πίνακας 5.26 Πληρότητα κλινών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).	90
Πίνακας 5.27 Υδρευτικό δίκτυο της Σκύρου (Πηγή: ΑΚΕΠ).	92
Πίνακας 5.28 Μηνιαία Δελτία Συμμετεχόντων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο για την περίοδο 03/2018–08/2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).....	95
Πίνακας 6.1 Μηνιαία στοιχεία πληθυσμού για τη Σκύρο.	101
Πίνακας 6.2 Μηνιαία στοιχεία ζήτησης ύδρευσης για τη Σκύρο.	103
Πίνακας 6.3 Ωριαία στοιχεία για το ποσοστό ημερήσιου φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για τη Σκύρο.....	107
Πίνακας 6.4 Μηνιαία στοιχεία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τη Σκύρο.	109
Πίνακας 6.5 Εκτιμώμενες δαπάνες προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού έργου, για κάθε σενάριο.	151
Πίνακας 6.6 Εκτιμώμενες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, για κάθε σενάριο.	152
Πίνακας 6.7 Ανάλυση επένδυσης για κάθε σενάριο.....	153

Πίνακας 6.8 Αποπληρωμή δανείου για το 1 ^ο σενάριο.....	154
Πίνακας 6.9 Αποπληρωμή δανείου για το 2 ^ο σενάριο.....	154
Πίνακας 6.10 Αποπληρωμή δανείου για το 3 ^ο σενάριο.....	155
Πίνακας 6.11 Ποσότητες αφαλατωμένου νερού και ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες παράγονται ετησίως.....	155
Πίνακας 6.12 Τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού και ηλεκτρικής ενέργειας για την περίπτωση μηδενικής Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	156
Πίνακας Π-1 Έκταση καλλιεργειών διαφόρων ποικιλιών στη Σκύρο, για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).....	171
Πίνακας Π-2 Πλήθος ζώων με βάση το είδος και την κατηγορία για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).....	173
Πίνακας Π-3 Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, για την περίοδο 01/2012–08/2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).....	174
Πίνακας Π-4 Στατιστικά Στοιχεία Ηλεκτρικών Συστημάτων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, για την περίοδο 2014–2018 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).....	177

Πίνακας Συντομεύσεων - Ακρωνυμίων

A/Γ	Ανεμογεννήτρια
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΕΑΑ	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΕΛΕΤΑΕΝ	Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας
ΕΕΛ	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΣΕΚ	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
ΚΠΑ	Καθαρή Παρούσα Αξία
ΚΤΡ	Καθαρή Ταμειακή Ροή
ΜΔΝ	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
ΞΕΕ	Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος
ΟΑΣΠ	Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας
ΟΠΟΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΕΦ	Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών
Τ.Δ.	Τοκοχρεολυτική Δόση
ΤΙΦΚ	Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους
ΤΣΠ	Τοπικός Σταθμός Παραγωγής
ΥΣ	Υβριδικό Σύστημα
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά
ΑΕΛ	Alkaline Electrolysis
CAES	Compressed Air Energy Storage
CCS	Carbon Capture and Storage
ED	Electrodialysis
HPGH ₂	High-Pressure Gas Hydrogen
HRES	Hybrid Renewable Energy Sources
IRR	Internal Rate of Return
MED	Multiple Effect Distillation
MSF	Multi-Stage Flashing
MVC	Mechanical Vapor Compression
NPV	Net Present Value
NRW	Non-Revenue Water
OTEC	Ocean Thermal Energy Conversion
PEM	Polymer Electrolyte Membrane
PSS	Pumped Storage Systems
RES	Renewable Energy Sources
RO	Reverse Osmosis
SOEL	Solid Oxide Electrolysis
TVC	Thermal Vapor Compression
VC	Vapour Compression
WT	Wind Turbine

Περίληψη

Στη Σκύρο, όπως και στα περισσότερα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας, οι ανάγκες των κατοίκων σε ηλεκτρική ενέργεια καλύπτονται κυρίως από τους αυτόνομους ενεργειακούς σταθμούς. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων προκαλώντας τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Επίσης, σημαντικό ζήτημα αποτελεί η μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων.

Μέσω διαφόρων μηχανισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η εκπομπή αερίων ρύπων από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, κοστολογείται. Στόχος είναι να μειωθούν οι εκπομπές επιβλαβών ουσιών και να γίνεται η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Στη Σκύρο, όπως και στα περισσότερα νησιά της Ελλάδας, παρατηρείται επίσης έλλειψη υδατικών πόρων. Το νερό του δικτύου δεν είναι πόσιμο, επομένως είναι ανάγκη να γίνεται χρήση εμφιαλωμένου νερού. Λύση σε αυτό το ζήτημα αποτελεί η αφαλάτωση.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η κατασκευή ενός Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ με σκοπό την αντιμετώπιση του ζητήματος του πόσιμου νερού και της ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να γίνεται εκπομπή αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το έργο αποτελείται από τρεις ανεμογεννήτριες (Α/Γ), μια μονάδα αφαλάτωσης, μια μονάδα αντλησιοταμίευσης και μια μονάδα παραγωγής υδρογόνου. Το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ διατίθεται απευθείας στο δίκτυο και το υπόλοιπο 70% διατίθεται για χρήσεις, δηλαδή για την αφαλάτωση, την άντληση και την παραγωγή υδρογόνου.

Ο ρόλος των υβριδικών συστημάτων είναι να αποθηκεύουν την ενέργεια η οποία παράγεται, ώστε να διαχειρίζεται έξυπνα η ενέργεια ανάλογα με τη διακύμανση της ζήτησης, η οποία πρέπει να καλυφθεί. Πιο συγκεκριμένα, όταν υπάρχει πλεονάζουσα αιολική ενέργεια, χρησιμοποιείται για άντληση και παραγωγή υδρογόνου. Όταν υπάρχει έλλειψη ενέργειας, παράγεται επιπλέον ενέργεια από τον υδροστρόβιλο και το υδρογόνο, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες.

Η μονάδα αντλησιοταμίευσης και η μονάδα παραγωγής υδρογόνου έχουν ως σκοπό να δώσουν λύση στο ζήτημα της αποθήκευσης και της ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης καθαρής αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ.

Για τη μελέτη του τρόπου λειτουργίας του υβριδικού συστήματος, χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο προσομοίωσης στο πρόγραμμα Excel. Αρχικά, έγινε εκτίμηση των υδρευτικών και ηλεκτρικών αναγκών από τα δεδομένα του μόνιμου πληθυσμού και των τουριστών. Τα ανεμολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής, δηλαδή οι ταχύτητες του ανέμου, μετατράπηκαν σε αιολική ενέργεια. Τρία σενάρια μελετήθηκαν με σκοπό τη μελέτη του τρόπου λειτουργίας της εγκατάστασης και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Το 1^ο αφορά την αποκλειστική χρήση της αντλησιοταμίευσης, το 2^ο την μέθοδο του υδρογόνου και το 3^ο τον συνδυασμό των προηγούμενων δύο σεναρίων. Ακόμη, για την οικονομική αξιολόγηση του συστήματος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους – οφέλους, για να διαπιστωθεί πόσο οικονομικά βιώσιμη είναι η επένδυση και αν μπορεί να εφαρμοστεί ρεαλιστικά.

Συμπερασματικά, σε όλα τα σενάρια παρατηρείται πλήρης κάλυψη των υδατικών αναγκών, με ποσοστό υψηλότερο του 99%. Όσον αφορά τις ενεργειακές ανάγκες, σύμφωνα με το 3^ο σενάριο επιτυγχάνεται η υψηλότερη κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια, με ποσοστό κάλυψης 99% σε ετήσια βάση. Ακολουθεί το 2^ο σενάριο, σε ποσοστό κάλυψης 90% και τέλος, η χαμηλότερη κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών αφορά το 1^ο σενάριο, με ποσοστό κάλυψης 86%. Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των δύο μεθόδων, παρατηρείται ότι για την αντλησιοταμίευση είναι 68%, ενώ για τη μέθοδο του υδρογόνου είναι 26%.

Abstract

As in most islands of the Greek Territory, in Skyros the electricity needs of the residents are mainly covered by autonomous energy stations. Electricity is produced by consuming fossil fuels, which causes environmental pollution. Another important issue that arises from this is the depletion of fossil fuel reserves.

Through various mechanisms stipulated by the European Union, the emission of gaseous pollutants from power stations, such as carbon dioxide, is taxed. The aim is to reduce the emissions of harmful substances and to produce energy through renewable sources.

Another issue is that Skyros, like most Greek islands, has a shortage of water resources. The water in the network is not potable, so it is necessary to use bottled water for human consumption. A potential solution to this issue is desalination.

This paper examines the potential construction of a Hybrid Renewable Energy System (HRES) in order to address the issue of drinking water and electricity without emitting any pollutants into the atmosphere. The project consists of the construction of three wind turbines (WT), a desalination plant, a pumped storage plant and a hydrogen production plant. 30% of the wind energy produced by the WT will be supplied directly to the grid and the remaining 70% will be used for desalination, pumping and hydrogen production.

The role of HRESs is to store the energy that is generated, so that it can be wisely managed according to meet the fluctuating demand. More specifically, when there is an excess in wind energy, this is used to pump and produce hydrogen. When there is a shortage of energy, additional energy is produced from the hydro turbine and hydrogen to meet the demand.

The pumped storage plant and the hydrogen production plant are meant to provide a solution to the issue of storage and controlled distribution of the clean wind energy produced by the WT.

An Excel simulation model was used to study the operation of the HRES. Initially, the water and electricity needs were estimated, using the data of the resident

population and tourists. Wind data from the meteorological station in the area (wind speeds) were converted into wind energy. Three scenarios were drawn in order to study the operation of the installation and draw conclusions. The 1st scenario depends solely on the method of pumped-storage hydroelectricity, the 2nd scenario examined uses hydrogen technology and the 3rd scenario is a combination of the previous two. Furthermore, for the economic evaluation of the system, a cost-benefit analysis was carried out to determine how economically viable the investment is and whether it can actually be implemented.

In conclusion, in all scenarios, there is a total coverage of the water demands, at a percentage of above 99%. As far as electricity demands are concerned, in the 3rd scenario, there is the highest coverage of the demands at the percentage of 99% throughout the year. The 2nd scenario appears to be the second most effective, and it covers the percentage of 90% of electricity needs throughout the year. The lowest coverage of electricity demands concerns the 1st scenario, and it meets electricity needs at a percentage of 86%. Regarding the energy efficiency of the two methods, the percentage for the pumped storage method is 68%, whereas the percentage for the hydrogen method is 26%.

Extended Summary

1. Introduction

In Skyros, as in most Greek islands, the energy needs are covered by autonomous power stations. These produce energy through fossil-fuel consumption, which is not an environmentally-friendly choice. Some other islands are connected to the national grid of the mainland. The main disadvantages of autonomous power stations are that in case of damage in the station, there will be a total blackout; moreover, during the summer, the stations are sometimes unable to cover the electricity demand. The solution is to take advantage of the potential of Renewable Energy Sources (RES) and to use energy storage methods like pumped storage and hydrogen for better energy management. The combination of different RES is called a hybrid system (HRES).

Hydroelectric energy is based on the conversion of the potential energy of lake water and the kinetic energy of the water of rivers into electricity. In the case of a reservoir, the term “exploitation” refers to the volume available of the water that stored within. The potential energy of the water, due to increased height in the reservoir, is converted into kinetic energy and then into electricity, using an impulse turbine (YPEKA, 2020).

The second energy storage method is hydrogen. In a period of low energy demand, the energy can be used to produce hydrogen through the process of electrolysis. The hydrogen is separated through a chemical solution and stored in a tank. In a high energy demand period, this energy can be released, using hydrogen, as fuel in a combustion engine or a fuel cell.

In recent years, the research in the desalination industry has focused on the combination of desalination plants with RES, in order to reduce both energy costs and also the cost of the desalinated water produced. This method gives no emissions as a by-product. Of all desalination processes, Reverse Osmosis (RO) is the most

suitable method because of its low energy consumption, the suitability for connection with RES and the production of high quantities of desalinated water.

2. Study area

Skyros is an island of the Aegean Sea. It is the southernmost and the largest island of the Sporades archipelago and it is located along the east coast of Evia, at a distance of 30 km. The island has a total area of 220,45 km², a maximum length of 29 km, a minimum width of 3 km and a coastline length of 134 km. The maximum altitude of the island is located on Mount “Kochilas” (792 m).



Fig. 1 Map of Skyros (<https://www.google.com/maps/>).

Based on the last census of 2011, there are 2.994 inhabitants, a number that reaches 12.000 during summer months due to tourism (Hellenic Statistical Authority, 2011). The largest load of the population resides in the capital of the island, Chora.

Due to its geographical position and the influence of the sea, the climate of the island is described as Mediterranean, with mild, rainy winters and warm, sunny summers. The average annual temperature during the years 2011–2020 is 18,5°C. The monthly average minimum is 10,5°C (January) and the mean monthly average

maximum is 27,4°C (July). The total annual rainfall is 491 mm and the prevailing winds are mainly northerly, around 3 – 4 Beaufort (National Observatory of Athens, 2021).

According to the Database for the Natural Environment of Greece – FILOTIS (<https://filotis.itia.ntua.gr/>), Skyros is home to nature reserves, Corine Areas and Natura 2000 Network.

Skyros has a water supply which is, however, not suitable for human consumption, as it comes from brackish water sources, mainly from the source “Anavallousa”. For this reason, residents have to use bottled water. For electricity needs, the island has a local autonomous power station. The mean monthly demand for water supply is shown in Figure 2 and the mean monthly electricity demand is shown in Figure 3. Data refer to the years 2011–2020. The assessment of the water demands of the inhabitants of Skyros was carried out by taking into account the individual water supply needs. Specifically, the daily water consumption per person is calculated at 200 L/day/capita for permanent residents and 300 L/day/capita for tourists (Efstratiadis et al., 2019).

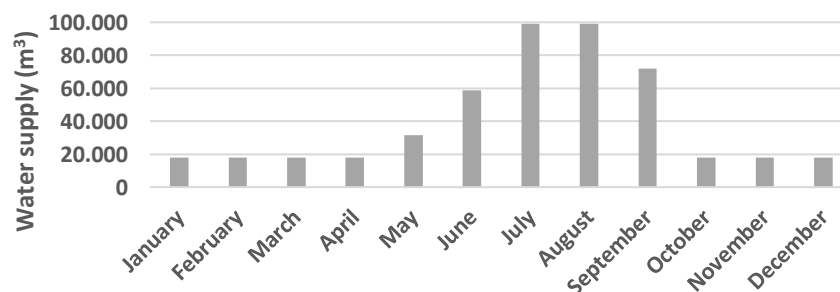


Fig. 2 Mean monthly demand for water supply.

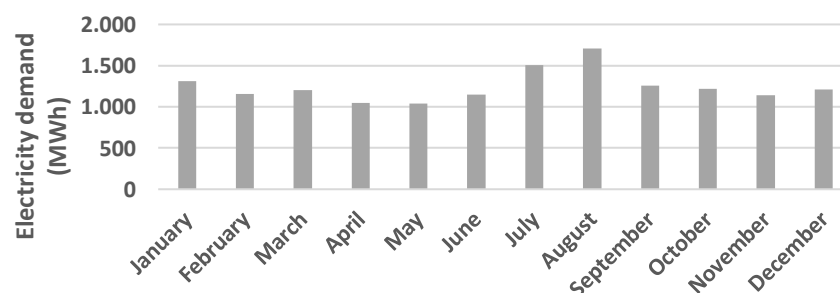


Fig. 3 Mean monthly electricity demand.

3. Methodology

The installation of a HRES on the island of Skyros is aimed to meet water and electricity demands. This system provides a solution to the non-potable water that reaches the households and, also, to the instability of the local power grid. The system consists of 3 WT 2.350 kW each, a desalination unit of 3.500 m³/day, a pumping station of 3 MW for pumping seawater, a hydroelectric station of 4,7 MW, a reservoir with a capacity of 200.000 m³ at a height of 300 m above sea level and a hydrogen production station of 700 kg/day.

The equation that calculates the power of a turbine is as follows:

$$I = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot n , \quad (1)$$

Where ρ is the density of water (1.000 kg/m³), g is the acceleration of gravity (9,81 m/s²), Q (m³/s) is the water supply, H (m) is the total height, n is the coefficient output of the turbine (0,85) και I is expressed in W.

Hydrogen is produced based on the method of Polymer Electrolyte Membrane (PEM) electrolysis. To produce 1 kg of hydrogen, 0,06 MWh of electrical energy and 9 kg of clean water are required (Rievaj et al., 2019). For every 1 kg of hydrogen that is produced, 4 kg of oxygen is produced at the same time.

In order to study the response of the HRES, three scenarios have been drawn. In all three scenarios, WT electrify the system, providing 30% of the energy directly to the power grid to cover electrical demands, while the remaining 70% of the generated wind power may be available for desalination, pumping and hydrogen production. In all three scenarios, the wind energy produced by the turbines is used to desalinate as much water as possible to cover the water demands. If there is an excess in wind energy, then this can be used to desalinate more water which is stored in a tank in order to cover future demand peaks. Also, the desalinated water which has been stored, can be used to produce hydrogen. Finally, in all scenarios, there is a total cover of water demands. The excess amount of energy after the desalination is used to cover electricity demands. The difference between the three scenarios has to do with the methods of how the excess in energy will be stored.

The first scenario depends solely on the method of pumped-storage hydroelectricity. If there is a lack of energy, the turbine produces hydroelectric energy to cover the electricity demands. If there is an excess in energy, it is used to pump water into the reservoir. The second scenario examined uses hydrogen technology. If there is a lack of energy, electrical energy is produced from hydrogen. If there is an excess, it is used to produce hydrogen. The third and final scenario is a combination of the previous two. If there is a lack of energy, firstly the turbine produces hydroelectric energy to cover the electricity demands and if more energy is required, electrical energy is produced from the hydrogen. If there is an excess in energy, it is used to pump water into the reservoir and if there is even greater excess, it is used to produce hydrogen. The flow chart of the three scenarios is shown in Figure 4.

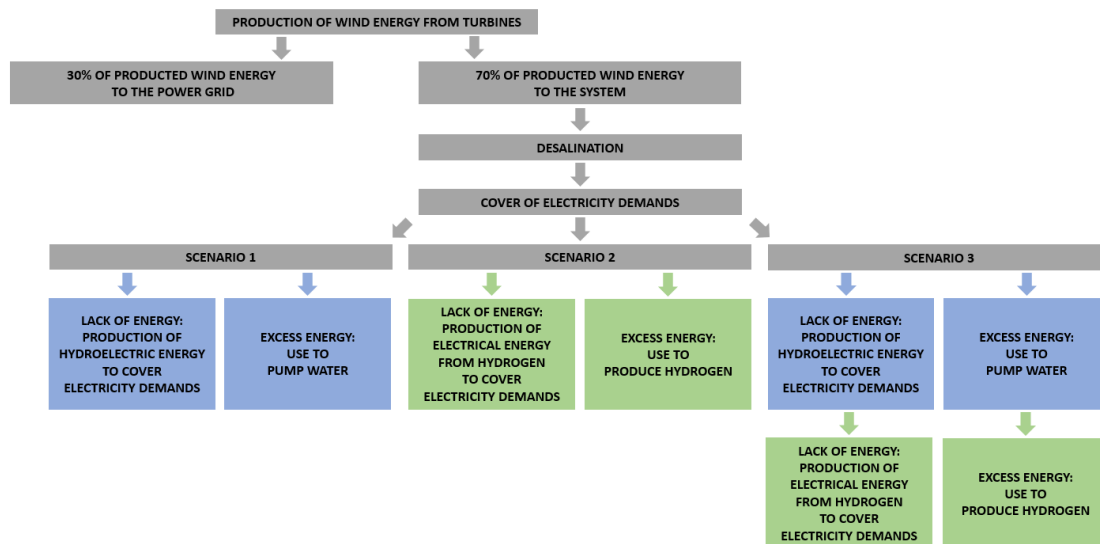


Fig. 4 Flow chart of the three scenarios.

In the end, a cost-benefit analysis was carried out for each scenario, to examine the financial viability of the investment.

4. Results

The usage of the produced wind energy from the turbines for the three scenarios throughout the year is shown in Figure 5. In all scenarios, 30% of the produced wind energy is being provided to the power grid to cover the electricity demands, 9% is

used for desalination and 7% is used directly to cover electricity demands. The rest 54% of the produced wind energy is treated differently in each of the three scenarios. In the first scenario, 18% is used for pumping and 36% is not usable, either because the reservoir is full, or because there is not enough energy for the water pumps to function. In the second scenario, 54% is used for hydrogen production. In the third scenario, 18% is used for pumping and 36% is used for hydrogen production.

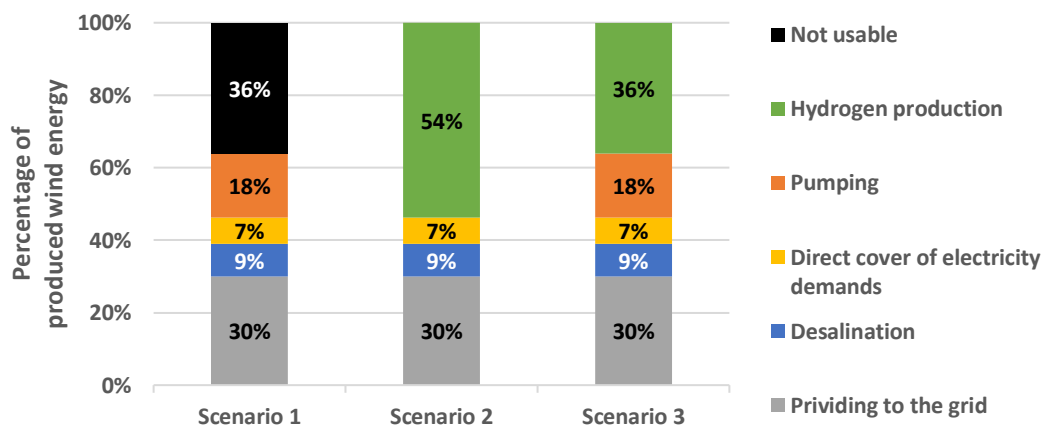


Fig. 5 Usage of the produced wind energy of the turbines, for the three scenarios, throughout the year.

As mentioned above, in all three scenarios the first process is desalination. The total quantity of desalinated water produced every year is around 500.000 m³. The monthly volume of desalinated water produced is shown in Figure 6. The month when the greatest amount of desalination takes place is in August (102.483 m³), because of tourism.

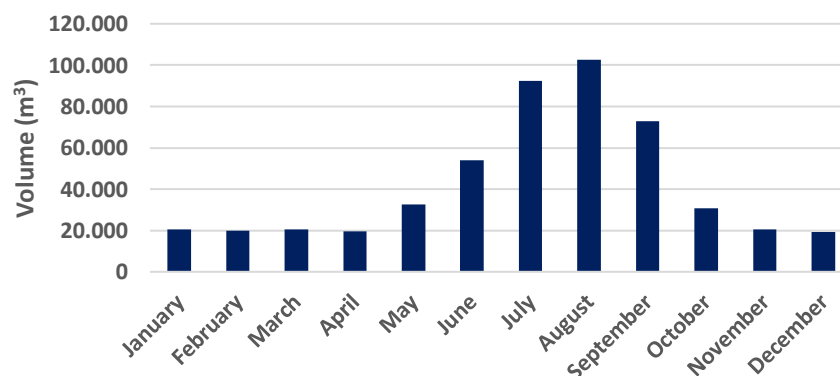


Fig. 6 Mean monthly quantities of desalinated water produced.

The total amount of electrical energy required every year for desalination is 2.525 MWh. The mean monthly wind energy required to produce desalinated water is shown in Figure 7. The month, when the greatest amount of electrical energy is required for desalination is August (512 MWh), because of tourism.

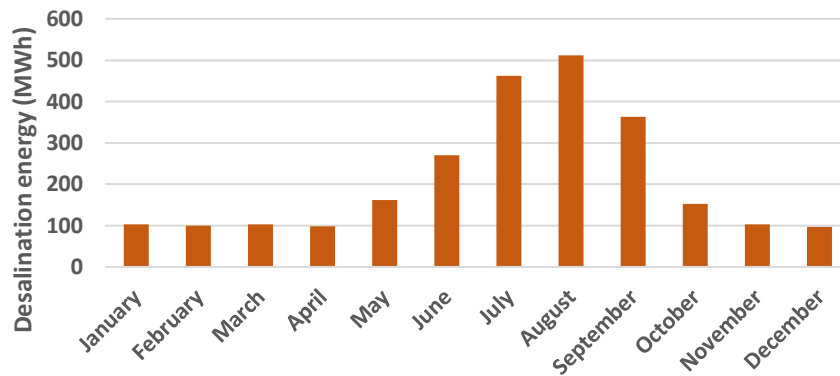


Fig. 7 Mean monthly energy required for desalination.

The first scenario, which relies solely on the method of pumped-storage hydroelectricity, covers 86% of the entire island’s electricity demand throughout the year. The mean monthly coverage of electricity demands is shown in Figure 8. Wind energy coming directly from the turbines is depicted in yellow, hydroelectric energy is depicted in blue and with the energy that is not covered is shown in grey.

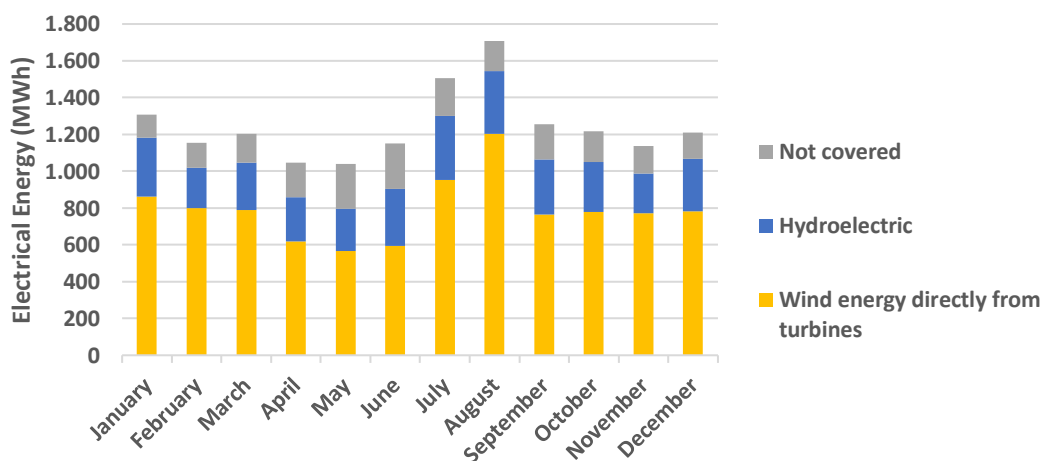


Fig. 8 Mean monthly coverage of electricity demand for the 1st scenario.

As mentioned above, in the first scenario, the only method used for energy storage is pumped-storage hydroelectricity. Every year, a total amount of 3.367.570 m³ of water is released from the reservoir to produce hydroelectric energy from the turbine. The total volume required to cover all electricity demands every year is 4.477.697 m³, in other words, 1.110.128 m³ more. Figure 9 depicts the volume of the water released from the reservoir per month in blue and the total volume of the water that needs to be released to cover the electricity demands in grey.

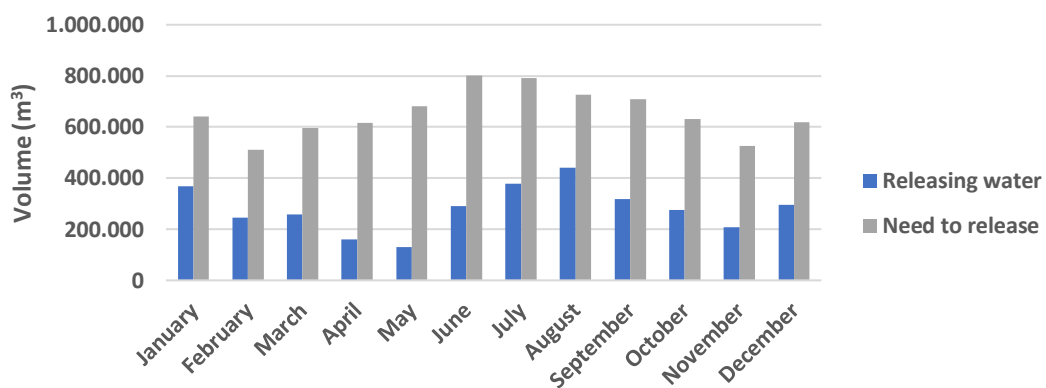


Fig. 9 Monthly release of water from the reservoir and water that needs to be released to cover the electricity demands for the first scenario.

The second scenario, which relies on the technology of hydrogen for energy storage, covers 90% of the entire island's electricity demand throughout the year. The mean monthly coverage of electricity demand is shown in Figure 10. Wind energy coming directly from the turbines is shown in yellow, the energy from the hydrogen is depicted in green and with the energy that is not covered is shown in grey.

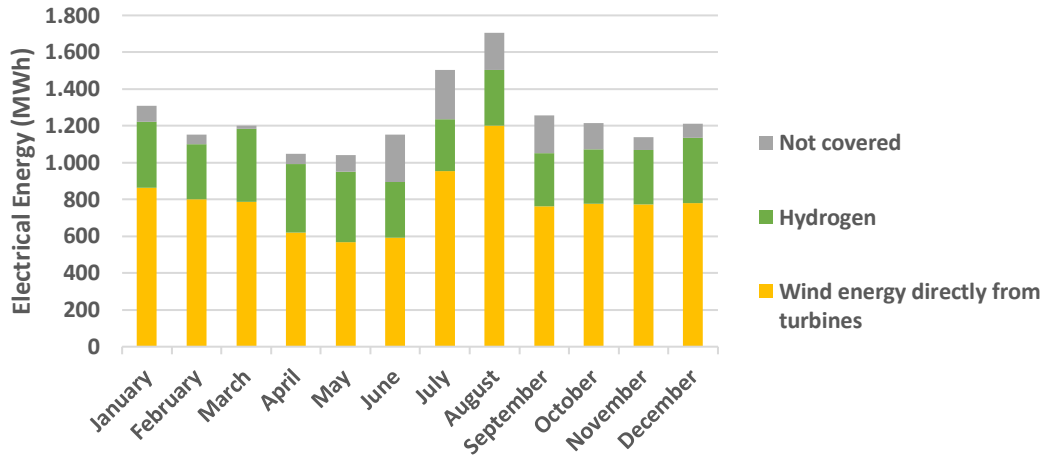


Fig. 10 Mean monthly coverage of electricity demand for the 2nd scenario.

In the second scenario, the only method used to store the excess of energy is through hydrogen. Every year, 250.485 kg of hydrogen are produced. In order to cover the electricity demands, a total amount of 342.878 kg of hydrogen is needed, in other words, 92.393 kg of hydrogen more. In Figure 11, the amount of hydrogen produced per month is depicted in green and the amount of the total hydrogen needed to cover the electricity demands is shown in grey.

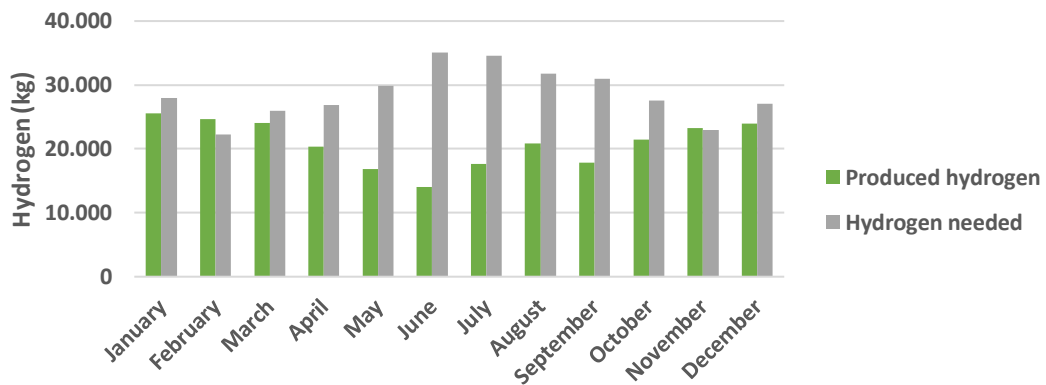


Fig. 11 Monthly produced hydrogen and hydrogen needed to cover electricity demands for the 2nd scenario.

The third scenario, which uses both pumped-storage hydroelectricity and hydrogen, covers 99% of the entire island's electricity demand throughout the year. The mean monthly coverage of electricity demand is shown in Figure 12. Wind energy coming directly from the turbines is depicted in yellow, hydroelectric energy is depicted in

blue, the energy produced from hydrogen is in green and with the energy that is not covered is shown in grey.

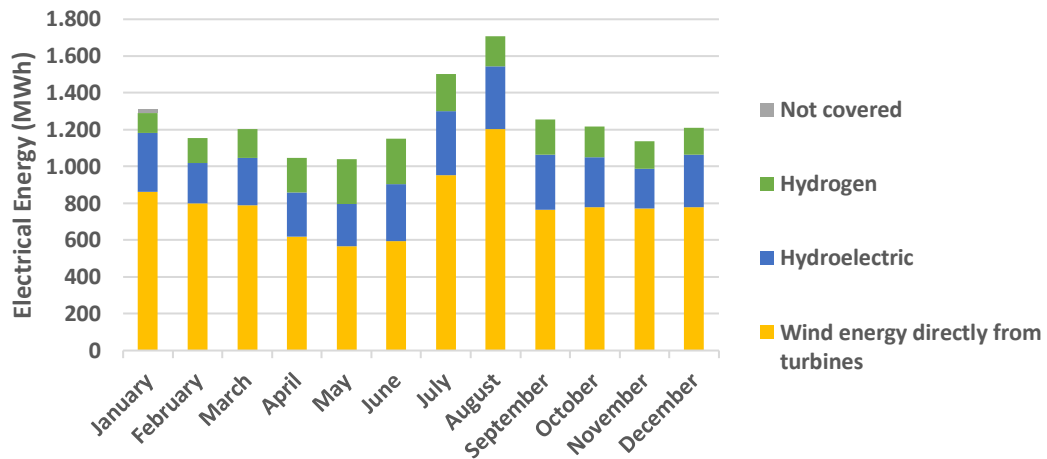


Fig. 12 Mean monthly coverage of electricity demand for the 3rd scenario.

In the third scenario, the second method for the storage of the excess is energy is via hydrogen. Every year, 168.568 kg of hydrogen are produced. To cover the electricity demands, a total amount of 132.950 kg hydrogen is needed, in other words, an extra 35.618 kg of hydrogen needs to be produced. In Figure 13, the amount of hydrogen produced per month is shown in green and the amount of the extra hydrogen that is needed to cover the electricity demands, in grey.

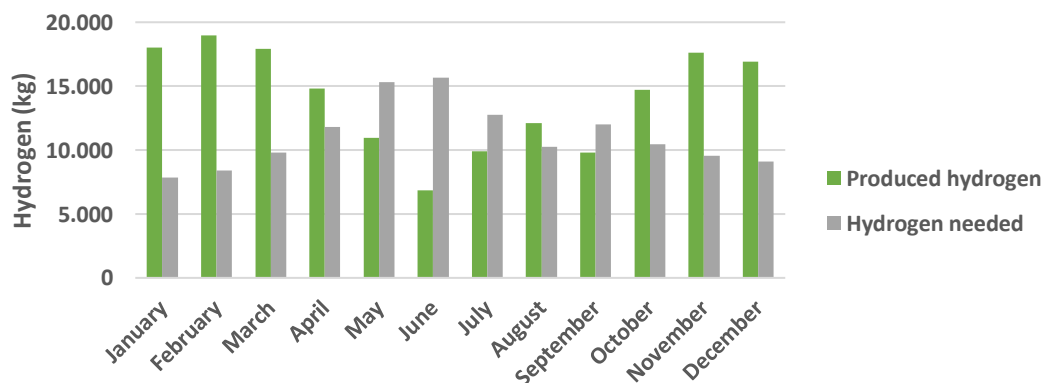


Fig. 13 Monthly produced hydrogen and hydrogen needed to cover electricity demands for the 3rd scenario.

Figure 14 presents a comparison of the three scenarios, depicting the mean monthly demand of the electrical energy, the coverage of the three scenarios and the coverage of the WT. The coverage that stems from the 3rd scenario is higher compared to the other two scenarios and closer to the demand. The coverage from the 1st scenario is higher compared to the coverage of the 2nd scenario during the summer months and lower during the winter months. The coverage from the WT is the lowest in all three scenarios.

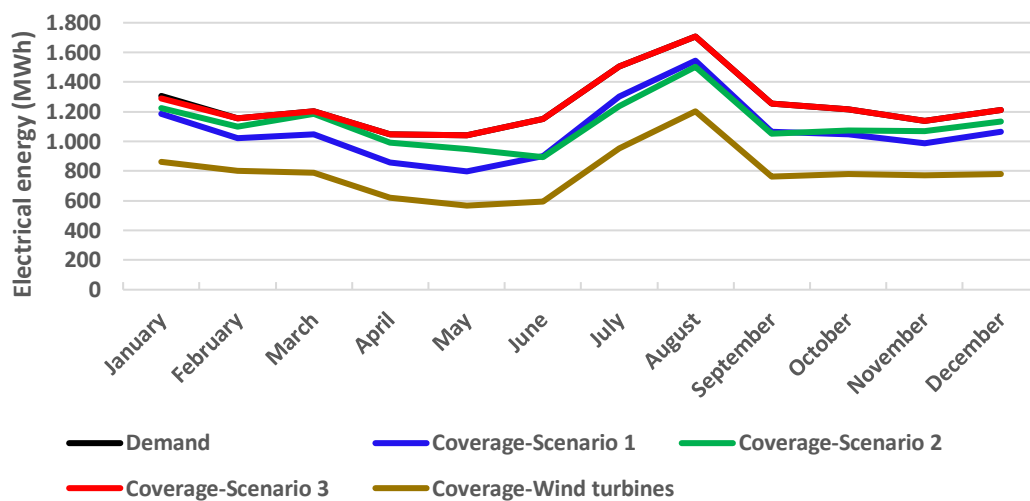


Fig. 14 Mean monthly demand of electricity energy, coverage from the three scenarios and coverage from the WT.

The total amount of the investment is equal to 11.904.000 € for the first scenario, 8.804.000 € for the second scenario and 13.206.000 € for the third scenario. 40% of these amounts is subsidized by the operational program for the promotion of RES in the Greek islands; 50% of the total investments are covered through a bank loan and the private participation amounts to 10%. Regarding terms of loan, the equity method is used for a repayment period of 10 years and the interest rate is 3%.

The Net Present Value (NPV) of the investment is reset for a specific desalinated water selling price and a specific selling price for the electrical energy, for each scenario. For this price, the Internal Rate of Return (IRR) is equal to the interest rate and the investment is marginally profitable. Table 1 depicts the prices for the desalinated water and the electrical energy for the three scenarios, when NPV is zero.

Table 1 Selling price of desalinated water and electrical energy for the three scenarios when NPV is zero.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Sell price of desalinated water (€/m³)	1,00	1,00	1,00
Sell price of electrical energy (€/kWh)	0,112	0,088	0,125

Consequently, NVP – IRR graphs are presented for the three scenarios to show the efficiency of the project depending on the selling prices of the desalinated water and the electrical energy respectively. In each scenario, two cases are examined. The first one is with a fixed selling price of desalinated water and the second one with a fixed selling price of electrical energy.

Figure 15 depicts the NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy at 0,112 €/kWh and a fixed price of desalinated water at 1,00 €/m³, for the first scenario.

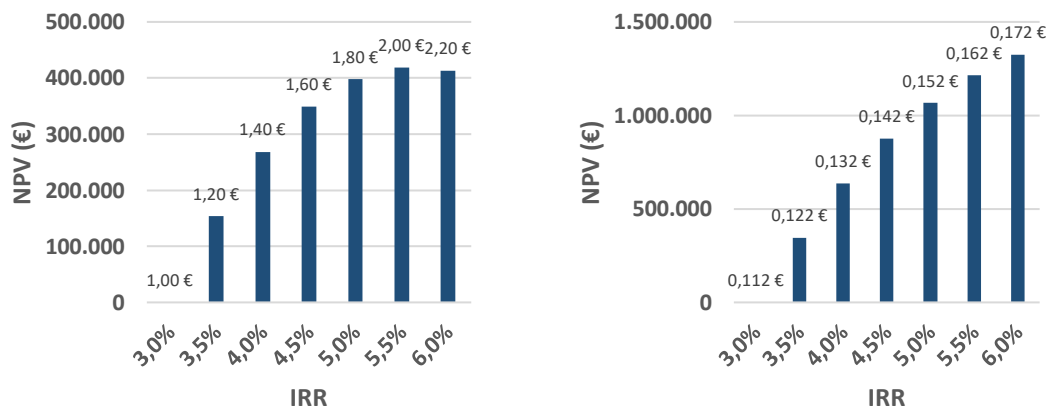


Fig. 15 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,112 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m³ on the right, for the first scenario.

Figure 16 shows the NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy at 0,088 €/kWh and a fixed price of desalinated water of 1,00 €/m³, for the second scenario.

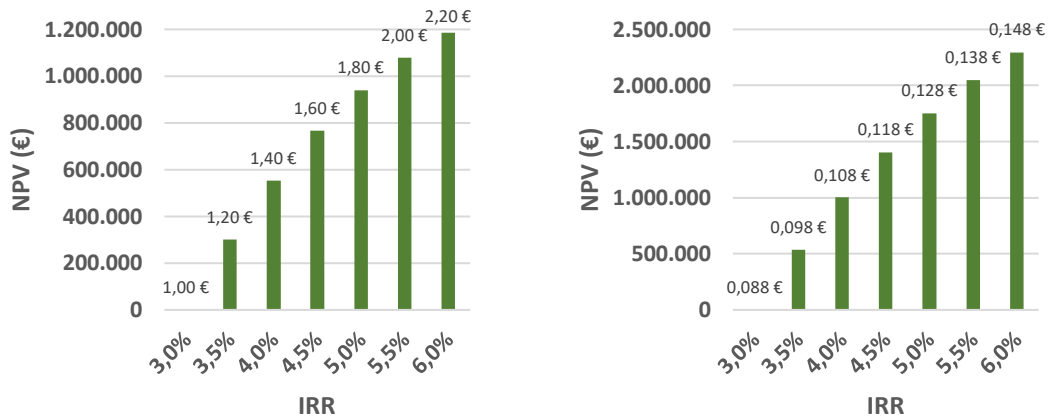


Fig. 16 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,088 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m³ on the right, for the second scenario.

Figure 17 depicts the NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy at 0,125 €/kWh and a fixed price of desalinated water at 1,00 €/m³, for the third scenario.

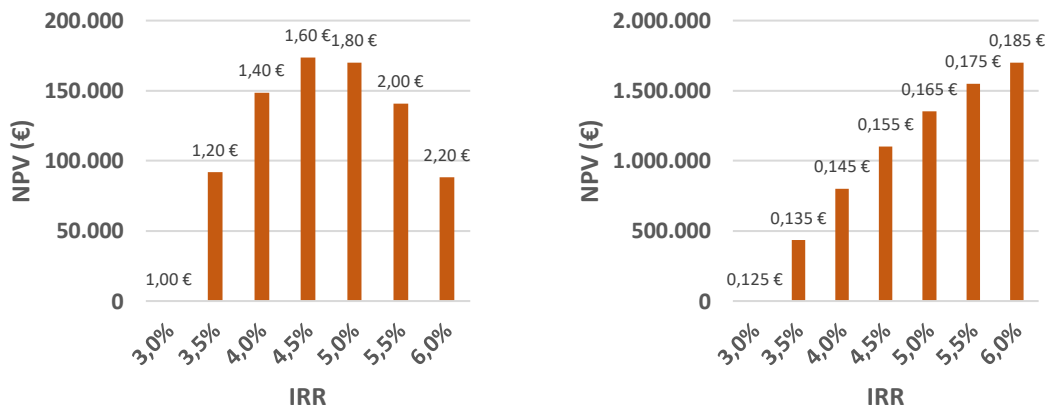


Fig. 17 NVP – IRR graphs for the fixed selling price of electrical energy 0,125 €/kWh on the left and a fixed price of desalinated water 1,00 €/m³ on the right, for the third scenario.

5. Conclusions – Future Research

There are many environmental consequences that arise during the process of producing energy using fossil fuels. Moreover, there is the risk of their being depleted. Therefore, studies have led to the deployment of RES. HRESs are used to increase efficiency, using different types of RES simultaneously to store energy. Greece is an ideal case for the installation of HRESs based on wind, due to its high

wind potential, which is readily available. HRESs can either be installed as autonomous systems or be annexed to existing stations.

Desalination plants are the solution for regions that lack potable water. Comparing different methods of desalination, it is concluded that RO is the most suitable one because of its low energy consumption, the suitability for connection with RES and the production of high quantities of desalinated water.

Hydrogen can be produced from RES by using the method of PEM electrolysis. Hydrogen fuel cells produce electricity by combining hydrogen and oxygen atoms without emitting hazardous gases. Thus, hydrogen can be used to store clean energy. In addition, it can be transported through pipes and trucks.

In Skyros, during the summer months population rises about four times the yearly figure because of tourism. As a consequence, demands for water and electrical energy increase during the summer months.

The coverage of water demands is managed through the method of desalination. A big water tank is used to store extra quantities of desalinated water, so in all scenarios, there is a total coverage of the water demands.

As far as electricity demands are concerned, in the 3rd scenario, where the methods of pumped storage and hydrogen are used, there is the highest coverage of the demands at the percentage of 99% throughout the year. The 2nd scenario appears to be the second most effective, in which the sole method used to store energy is hydrogen, and it covers the percentage of 90% of electricity needs throughout the year. The lowest coverage of electricity demands concerns the 1st scenario, in which the sole method used to store energy is pumped storage, and it meets electricity needs at a percentage of 86%.

Comparing the two methods of energy storage, it becomes evident that, during the summer months, there is higher energy coverage when the method of pumped storage is used, rather than the method of hydrogen. During the winter months, the opposite results are observed.

Regarding the energy efficiency of the two methods, there is a notable difference between them. For the pumped storage method, the energy efficiency -that is to

say, the hydroelectric energy produced to the ratio of the wind energy available for pumping- is 68%. For the hydrogen method, the energy efficiency -that is to say, the energy produced from hydrogen to the ratio of the energy consumed to produce hydrogen- is 26%. Consequently, the method of pumped storage is more efficient than the method of hydrogen.

A notable difference between the two methods has to do with the limitations concerning the quantity of energy that can be stored. At the method of pumped storage, there are two limitations. The first one is that the pumps need a particular quantity of energy in order to function. The second one is that the reservoir has a particular volume, so in case of it being full, water cannot be pumped. At the method of hydrogen there are no limitations; all that is required is a tank to store hydrogen.

The installation of a HRES will be a solution to the electrical blackouts during the summer months. Moreover, this system will reduce pollutant emissions.

Based on the results and conclusions after the completion of this thesis, some topics that deserve future research have emerged.

First of all, it would make sense to apply this methodology to other regions of Greece, especially in islands that are not connected to the national energy network. Of course, HRESs can be also installed on islands connected with the grid.

It is important to collect more accurate data for wind speed, by installing meteorological stations exactly at the same place where the WT will be installed. Also, water and electricity demands should be calculated as accurately as possible.

Furthermore, the production of a synthetic time series generation, forecasting future project response rates, would provide a more complete picture of the coverage of the island's needs.

It is important to study multiple Renewable Energy Sources, like solar panels, to produce a greater quantity of energy.

In the future, Skyros should be connected to the mainland and the nearby islands. In this case, the power of the HRES could be increased to export energy and to make a profit.

Hydrogen is a significant method when it comes to energy storage. As a fuel, it is conducive to decarbonization and satisfies the goal of zero emissions into the atmosphere.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά στοιχεία

Τα τελευταία έτη αποτελεί σημαντικό θέμα η κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία όλο και αυξάνεται με την πάροδο των ετών. Παράλληλα τίθεται το ζήτημα του περιβαλλοντικού αποτυπώματος κατά τη διαδικασία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά, τα παλαιότερα έτη, η παραγωγή της ενέργειας πραγματοποιούταν από την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό συνέβαινε λόγω του χαμηλού κόστους, όμως παρατηρείται σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Επιπλέον, τίθεται και το ζήτημα της εξάντλησης τους.

Πλέον το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι εμφανές στον πλανήτη. Η περίοδος 2011–2020 ήταν η θερμότερη δεκαετία η οποία έχει καταγραφεί. Πιο συγκεκριμένα, το 2019 η παγκόσμια μέση θερμοκρασία ξεπέρασε τα προβιομηχανικά επίπεδα κατά 1.1°C. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι + 0.2°C ανά δεκαετία (IPCC, 2019).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η τήξη των πάγων και η άνοδος της στάθμης των θαλασσών, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η μετατόπιση των βροχοπτώσεων, τα κύματα καύσωνα, οι δασικές πυρκαγιές, οι ξηρασίες και η λειψυδρία. Επιπλέον, οι κίνδυνοι για τις αναπτυσσόμενες χώρες είναι αρκετά υψηλοί, καθώς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το φυσικό τους περιβάλλον. Ακόμη, η κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην κοινωνία, στην οικονομία, στην πανίδα και τη χλωρίδα.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έρχονται να αποτελέσουν λύση στο ενεργειακό ζήτημα και στην προστασία του περιβάλλοντος. Ένα σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παράγουν ποσότητα ενέργειας ίση με όσο απαιτείται από το δίκτυο για κατανάλωση κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Το ζήτημα αυτό έρχονται να καλύψουν τα Υβριδικά Συστήματα ΑΠΕ. Σε περιοχές όπως τα

νησιά του Αιγαίου, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλό ενεργειακό δυναμικό, η μέθοδος των Υβριδικών Συστημάτων ΑΠΕ έρχεται να καλύψει το ζήτημα της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης τους. Επιπλέον, τέτοια συστήματα είναι ικανά να καλύψουν και άλλες ανάγκες των νησιών, όπως είναι η παραγωγή πόσιμου νερού.

Έως το 2050 η Ελλάδα, όπως και οι υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει ως στόχο να γίνει κλιματικά ουδέτερη. Ο όρος ο οποίος χρησιμοποιείται είναι Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 – ΜΣ50 (Long Term Strategy 2050 – LTS) και σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό υπάρχουν συγκεκριμένοι στόχοι οι οποίοι οφείλουν να επιτευχθούν. Κλιματικά ουδέτερη σημαίνει ότι δε θα πρέπει να εκλύονται αέρια του θερμοκηπίου ή ότι όση ποσότητα εκπέμπεται, να απορροφάται, δηλαδή να αφαιρείται από την ατμόσφαιρα. Η απορρόφηση πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο από διάφορους συλλέκτες, όπως είναι το χώμα, τα δάση και οι ωκεανοί. Παράλληλα στόχος είναι μέχρι το τέλος του αιώνα η μέση θερμοκρασία του πλανήτη να μην αυξηθεί πάνω από 2°C (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2019).

Για να μειωθούν οι εκπομπές και για να επιτευχθεί η ουδετερότητα είναι σημαντικό να γίνουν επενδύσεις στις ΑΠΕ, στην ενεργειακή αποδοτικότητα και σε καθαρές τεχνολογίες χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών.

Στην Ελλάδα έχει θεσπιστεί το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) το οποίο αποτελεί για την Ελληνική Κυβέρνηση ένα Στρατηγικό Σχέδιο για τα θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας. Σε αυτό παρουσιάζεται ένας αναλυτικός οδικός χάρτης για την επίτευξη συγκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το έτος 2030. Πιο συγκεκριμένα, στόχος είναι να αυξηθεί το μερίδιο των ΑΠΕ στο 35% μέχρι το 2030 (ΥΠΕΝ, 2021).

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά σε μερικά βασικά ιστορικά στοιχεία όσον αφορά την ενέργεια και την εξέλιξη της.

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την κύρια και πρωταρχική πηγή ενέργειας για τη Γη. Η πρώτη χρήση της είναι στην αγροτική καλλιέργεια, που η ηλιακή ενέργεια πρακτικά μετατρέπεται σε τροφή.

Την προϊστορική εποχή, ο άνθρωπος βασιζόταν αποκλειστικά στη μυϊκή ενέργεια του ίδιου και των ζώων, για να βρίσκει την τροφή του, να κατασκευάζει καταφύγια, να μεταφέρει αντικείμενα και άλλους ανθρώπους και στη συνέχεια για να κατασκευάζει εργαλεία.

Τη λίθινη εποχή, ο άνθρωπος ως κύρια μορφή ενέργειας χρησιμοποιούσε τη φωτιά. Τη χρησιμοποιούσε για το μαγείρεμα, τη θέρμανση και το φωτισμό. Αργότερα η φωτιά βοήθησε τους ανθρώπους της εποχής στη μεταλλουργία και την υαλουργία. Τα καύσιμα εκείνη την εποχή, τα οποία θεωρούνται και ως πρώτα καύσιμα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, προέρχονταν από τη βιομάζα, δηλαδή ήταν τα ξερά χόρτα, το ξύλο, η κοπριά και το φυτικό και ζωικό λίπος.

Την 4^η–2^η χιλιετία π.Χ. στη Μεσόγειο, στον τομέα της ναυσιπλοΐας χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η αιολική ενέργεια για τις υδάτινες μεταφορές. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αιολική ενέργεια ως ονομασία προέρχεται από τον Αίολο της μυθολογίας, ο οποίος θεωρείται ο κλειδοκράτορας των ανέμων. Την τότε εποχή ξεκίνησε η χρήση της υδραυλικής ενέργειας των ποταμών για ναυσιπλοΐα στη Μεσοποταμία και η καύση άνθρακα για τη θέρμανση και το μαγείρεμα στην Κίνα (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Την 1^η χιλιετία π.Χ., οι αρχαίοι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τη γεωθερμική ενέργεια για τη θέρμανση και την ατομική τους καθαριότητα. Τον 3^ο αιώνα π.Χ. περίπου ανακαλύφθηκαν από τους Έλληνες ο τροχός του νερού και τα οδοντωτά γρανάζια. Συνεπώς, κατασκευάστηκαν οι νερόμυλοι, οι οποίοι αξιοποιούν την υδραυλική ενέργεια από το νερό που ρέει ή πέφτει. Η χρήση τους ήταν κυρίως για την άλεση των σπόρων και των δημητριακών. Οι νερόμυλοι εκείνης της εποχής έχουν πλέον εξελιχθεί στο σύγχρονο υδροστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης, εκείνη τη χιλιετία πραγματοποιήθηκε καύση φυσικού αερίου στην Κίνα (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Την 1^η χιλιετία μ.Χ. χρησιμοποιήθηκε το πετρέλαιο σε λάμπες φωτισμού στην Κίνα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν τα θαλάσσια ρεύματα στη ναυσιπλοΐα στον Ειρηνικό

Ωκεανό. Εκείνη την εποχή αξιοποιήθηκε η ηλιακή ενέργεια για την αφαλάτωση σε πλοία στη Μεσόγειο. Ακόμη, οι υδρόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα στην Ευρώπη (Μαμάσης κ.ά., 2018). Τον 1^ο αιώνα μ.Χ. στην Αλεξάνδρεια και έπειτα τον 6^ο και 9^ο αιώνα μ.Χ. στην Περσία, παρουσιάζεται η πρώτη χρήση του τροχού ο οποίος κινείται από τον αέρα για τη λειτουργία μηχανής, δηλαδή παρουσιάζονται οι ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα.

Τον 13^ο αιώνα, κατασκευάζονται ανεμόμυλοι οριζόντιου άξονα στην Ευρώπη για το άλεσμα δημητριακών και την άντληση νερού. Στην Ελλάδα, οι περισσότεροι ανεμόμυλοι έχουν ερειπωθεί και πλέον χρησιμοποιούνται για πολιτιστικούς και τουριστικούς σκοπούς.

Τον 16^ο αιώνα, γινόταν χρήση ανεμόμυλων για αποστράγγιση εδαφών στην Ολλανδία (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Μέχρι τα τέλη του 18^{ου} αιώνα οι άνθρωποι προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες τους χρησιμοποιούσαν τον άνεμο για τους ανεμόμυλους, το νερό για τους νερόμυλους και το ξύλο για την καύση.

Στη Βιομηχανική Επανάσταση (1780 – 1850), ξεκίνησε η εκτεταμένη χρήση του άνθρακα, η χρήση του οποίου ξεκίνησε τον 17^ο αιώνα σαν καύσιμο στη Βρετανία. Για τους επόμενους αιώνες, ο άνθρακας γίνεται η κύρια πηγή ενέργειας (Μαμάσης κ.ά., 2018). Το πλεονέκτημα του ήταν ότι ήταν πολύ αποτελεσματικός για την παραγωγή, γι' αυτό και υπήρξε οικονομική ανάπτυξη εκείνη την περίοδο. Τότε δεν ήταν γνωστό ακόμη ότι ήταν βλαβερός για το περιβάλλον.

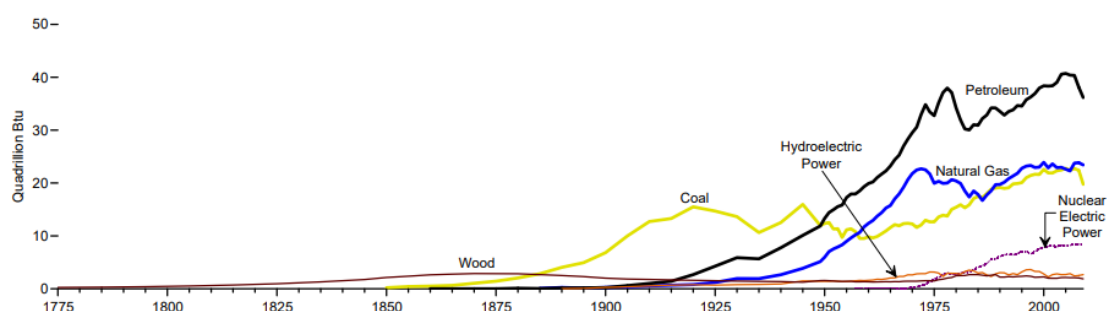
Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ξεκίνησε η χρήση του φυσικού αερίου και στη συνέχεια του πετρελαίου και στα τέλη του 19^{ου} αιώνα ανακαλύφθηκε ο ηλεκτρισμός. Πιο συγκεκριμένα, το 1820, πραγματοποιήθηκε η πρώτη γεώτρηση φυσικού αερίου στη Νέα Υόρκη. Το 1839, ανακαλύφθηκε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο από το Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel (1820 – 1891). Η πρώτη χρήση του φαινομένου για πρακτικούς σκοπούς έγινε αργότερα το 1950 σε διαστημικές εφαρμογές, για την τροφοδοσία των δορυφόρων. Το 1859 έγινε η πρώτη γεώτρηση πετρελαίου στην Pennsylvania των ΗΠΑ. Το 1882 κατασκευάστηκε ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στο Wisconsin των ΗΠΑ. Το 1888 στο Cleveland του Οχάιο κατασκευάστηκε ο

πρώτος ανεμόμυλος ο οποίος αξιοποιούσε την αιολική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρισμού με τη λογική των σύγχρονων ανεμογεννητριών (Α/Γ). Η φτερωτή είχε διάμετρο 17 m και ισχύ 12 kW. Το 1892, κατασκευάστηκε η πρώτη Α/Γ στη Δανία και την ίδια χρονιά πραγματοποιήθηκε χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για τη θέρμανση κτιρίων στο Idaho των ΗΠΑ (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Τον 20^ο αιώνα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην κατανάλωση της ενέργειας και τέθηκε το ζήτημα της προστασίας του περιβάλλοντος. Το 1908 κατασκευάστηκαν οι πρώτοι ηλιακοί συλλέκτες. Το 1948 ανακαλύφθηκε το μεγαλύτερο κοίτασμα πετρελαίου στη Σαουδική Αραβία. Το 1952 κατασκευάστηκαν τα πρώτα πυρηνικά εργοστάσια στη Σοβιετική Ένωση και στις ΗΠΑ (Μαμάσης κ.ά., 2018).

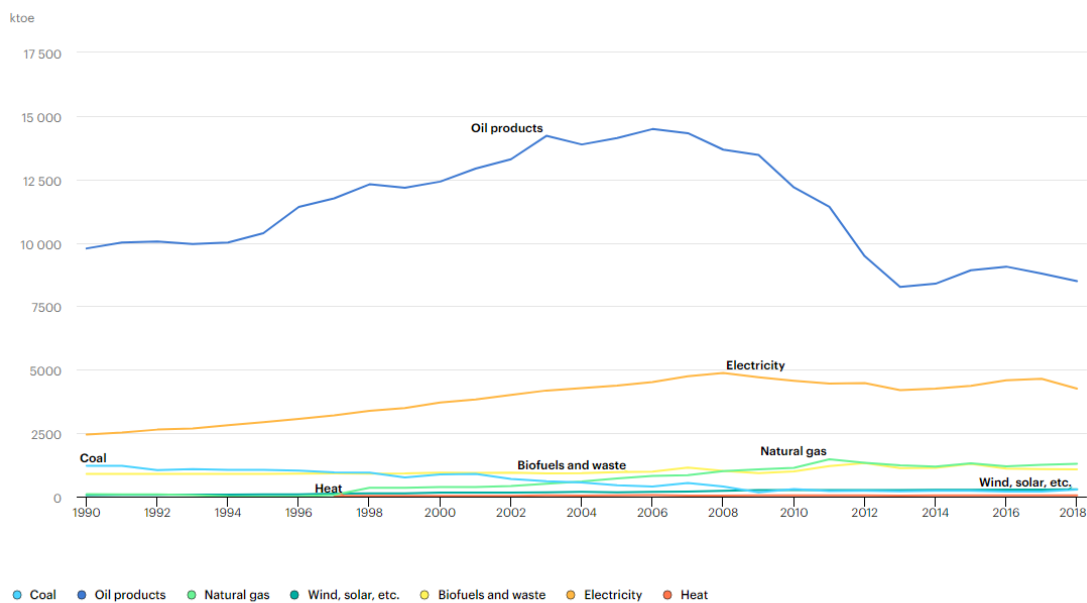
Το 1970 εμφανίστηκε η πρώτη παγκόσμια ενεργειακή κρίση. Η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε στην αναζήτηση για εναλλακτικές πηγές ενέργειας οι οποίες να συμβάλουν στην προστασία του περιβάλλοντος, δηλαδή τις ΑΠΕ.

Στο γράφημα του Σχήματος 1.1 απεικονίζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή εκφρασμένη σε Btu, παγκοσμίως, για την περίοδο 1775–2009. Το ξύλο αποτελούσε την πρωταρχική μορφή ενέργειας μέχρι το 1885, όταν αντικαταστάθηκε από τον άνθρακα ο οποίος απεικονίζεται με κίτρινο χρωματισμό. Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα το πετρέλαιο, το οποίο απεικονίζεται με μαύρο χρωματισμό, ξεπέρασε τον άνθρακα. Στα δεύτερα μισά του 20^{ου} αιώνα το φυσικό αέριο, το οποίο παρουσιάζεται με μπλε χρωματισμό, παρουσίασε σημαντική άνοδο και ο άνθρακας επίσης αυξήθηκε. Προς τα τέλη του αιώνα, η υδροηλεκτρική και η πυρηνική ενέργεια ξεκίνησαν να παράγουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη (Fichman, 2010).



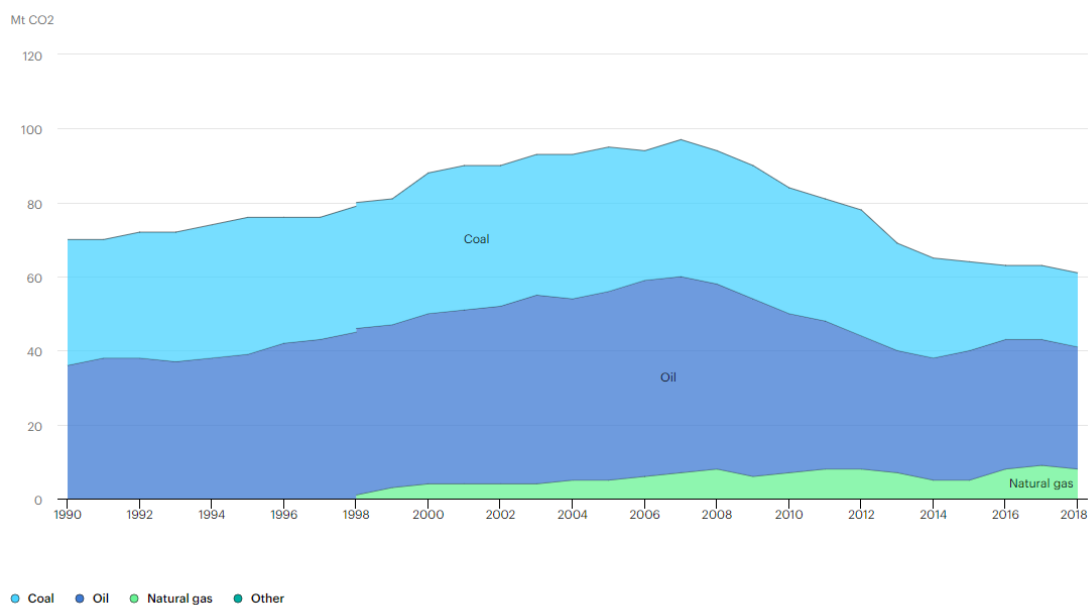
Σχήμα 1.1 Κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή εκφρασμένη σε Btu, παγκοσμίως, για την περίοδο 1775–2009 (Fichman, 2010).

Στο γράφημα του Σχήματος 1.2 απεικονίζεται η τελική κατανάλωση ενέργειας εκφρασμένη σε ktoe (kilotonnes of oil equivalent) ανά πηγή, στην Ελλάδα, από το 1990 μέχρι και το 2018. Με μπλε σκούρο χρώμα απεικονίζεται το πετρέλαιο, με πορτοκαλί ο ηλεκτρισμός, με γαλάζιο ο λιγνίτης, με πράσινο το φυσικό αέριο, με πράσινο σκούρο ο άνεμος, ο ήλιος κλπ., με κίτρινο τα βιοκαύσιμα και τα απορρίμματα και με κόκκινο η θερμότητα.



Σχήμα 1.2 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή εκφρασμένη σε ktoe, στην Ελλάδα, από το 1990 μέχρι και το 2018 (Πηγή: ΙΕΑ).

Στο γράφημα του Σχήματος 1.3 απεικονίζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) εκφρασμένες σε Mt, ανά πηγή ενέργειας, από το 1990 μέχρι και το 2018, παγκοσμίως. Με γαλάζιο χρώμα απεικονίζεται ο άνθρακας, με μπλε σκούρο το πετρέλαιο και τα πετρελαϊκά προϊόντα και με πράσινο το φυσικό αέριο. Παρατηρείται ότι οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα ξεκίνησαν να γίνονται συγκρίσιμες με τις αντίστοιχες του άνθρακα και του πετρελαίου από το 1998 και μετά.



Σχήμα 1.3 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) εκφρασμένη σε Mt ανά πηγή ενέργειας από το 1990 μέχρι και το 2018 παγκοσμίως (Πηγή: IEA).

Ένα σημαντικό ζήτημα στον ενεργειακό τομέα είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα. Η ενεργειακή αποδοτικότητα ουσιαστικά εκφράζεται από τον λόγο του παραγόμενου προϊόντος μιας διαδικασίας προς την ενεργειακή εισροή της διαδικασίας. Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί στόχο των τελευταίων ετών, εφαρμόζοντας τεχνολογικές, συμπεριφορικές και οικονομικές αλλαγές (ΚΑΠΕ, 2008).

2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

2.1 Εισαγωγή στις ΑΠΕ

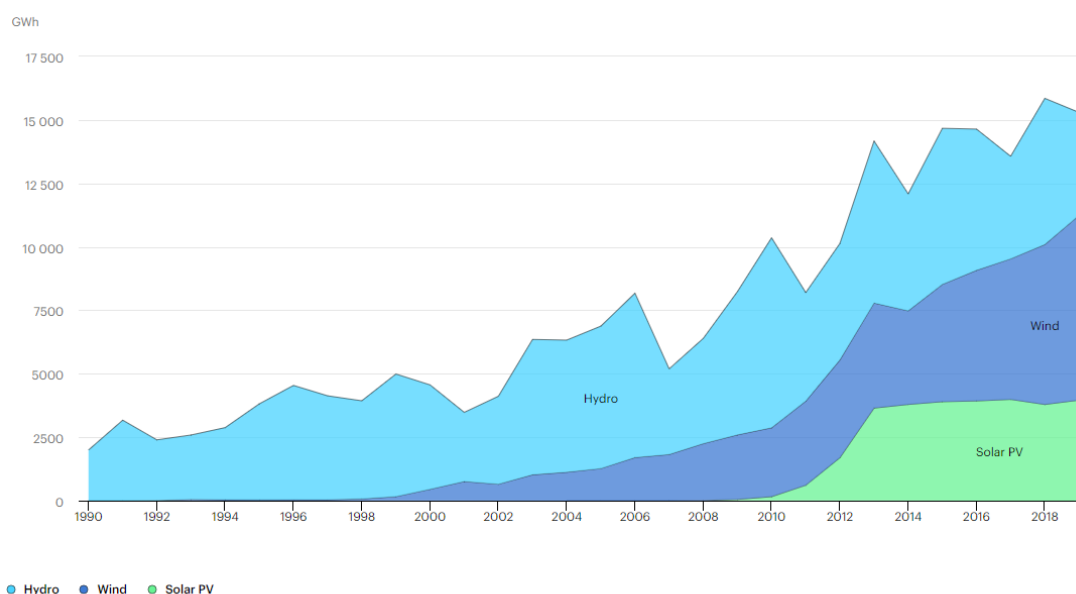
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) πρόκειται για τις μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν αποδεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα στο περιβάλλον. Μερικές από αυτές είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα, τα βιοκαύσιμα, τα αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και η ενέργεια από τους ωκεανούς, όπως είναι η ενέργεια των κυμάτων και η παλιρροϊκή ενέργεια. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι βρίσκονται σε αφθονία στο περιβάλλον. Αξίζει να σημειωθεί ότι συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Υπάρχουν αρκετά και σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τις ΑΠΕ. Βασικότερο από όλα είναι ότι πρόκειται για ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους. Συμβάλουν στη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο. Από γεωγραφικής απόψεως είναι διάσπαρτες, το οποίο σημαίνει ότι συμβάλουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Συνεπώς, δεν προκαλείται επιβάρυνση στα συστήματα υποδομής και μειώνονται οι απώλειες από τη μεταφορά της ενέργειας από τόπο σε τόπο. Επιπλέον, έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος το οποίο δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και των τιμών των συμβατικών καυσίμων. Όσον αφορά την οικονομία, δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας, κυρίως σε τοπικό επίπεδο το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της οικονομίας (ΚΑΠΕ, 2021).

Στην Ελλάδα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από ΑΠΕ είναι 270 MW, το 2021. Η αιολική ενέργεια αντιστοιχεί σε 115 MW από 31 αιολικά πάρκα, η υδροηλεκτρική ενέργεια σε 68 MW από 18 μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και η ηλιακή

ενέργεια σε 1 MW από 28 φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάρκα. Επιπλέον, υπάρχει και ένα υβριδικό σύστημα ΑΠΕ στην Ικαρία, το οποίο έχει 6,85 MW εγκατεστημένη ισχύ και αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο και μια μικρή υδροηλεκτρική εγκατάσταση (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2021).

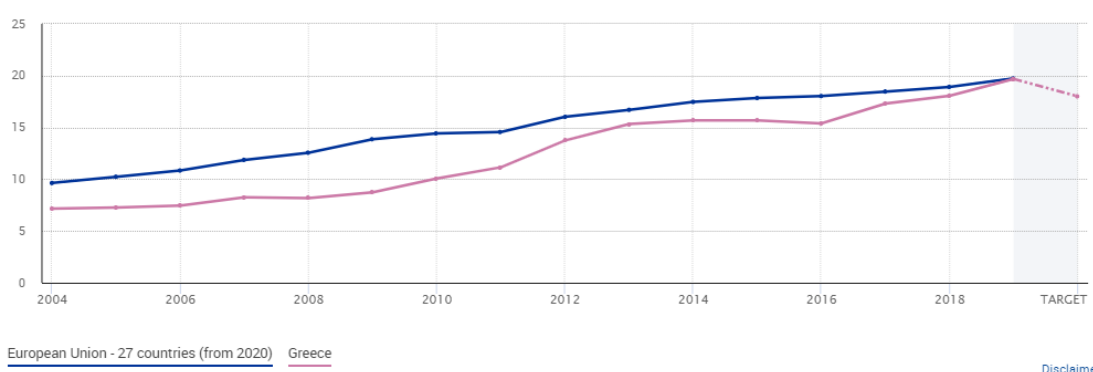
Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εκφρασμένη σε GWh, από το 1990 έως το 2019, στην Ελλάδα. Με γαλάζιο χρώμα είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, με μπλε σκούρο η αιολική ενέργεια και με πράσινο η ηλιακή ενέργεια. Παρατηρείται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 20 χρόνια. Τα σημαντικά μερίδια συμμετοχής στην ηλεκτροπαραγωγή έχει η υδροηλεκτρική, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Όσον αφορά την υδροηλεκτρική ενέργεια, παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα με ελαφρά αύξηση την αναφερόμενη περίοδο. Η αιολική ενέργεια ξεκίνησε να έχει σημαντικό μερίδιο από το 2000 και μετά με συνεχή αύξηση, ξεπερνώντας την υδροηλεκτρική ενέργεια το 2018. Η ηλιακή ενέργεια ξεκίνησε να έχει σημαντικό μερίδιο από το 2010 με αύξηση μέχρι το 2013 όποτε και σταθεροποιήθηκε η συμβολή της, έχοντας όμως το μικρότερο μερίδιο από τις υπόλοιπες μορφές ενέργειας.



Σχήμα 2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εκφρασμένη σε GWh ανά πηγή ενέργειας, από το 1990 μέχρι και το 2019, στην Ελλάδα (Πηγή: IEA).

Παγκοσμίως εκτιμάται ότι το 29% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από ΑΠΕ (Renewables 2021 Global Status Report).

Πιο συγκεκριμένα, στο γράφημα του Σχήματος 2.2, για την Ελλάδα με κόκκινο χρώμα και για την Ευρωπαϊκή Ένωση με μπλε χρώμα, παρουσιάζεται το μερίδιο των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας από το 2004 έως το 2019. Το 2019 για την Ελλάδα το ποσοστό των ΑΠΕ ήταν 19,677% και για την Ευρωπαϊκή Ένωση 19,730% (Eurostat, 2020). Παρατηρείται μια συνεχής αύξηση του ποσοστού τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.



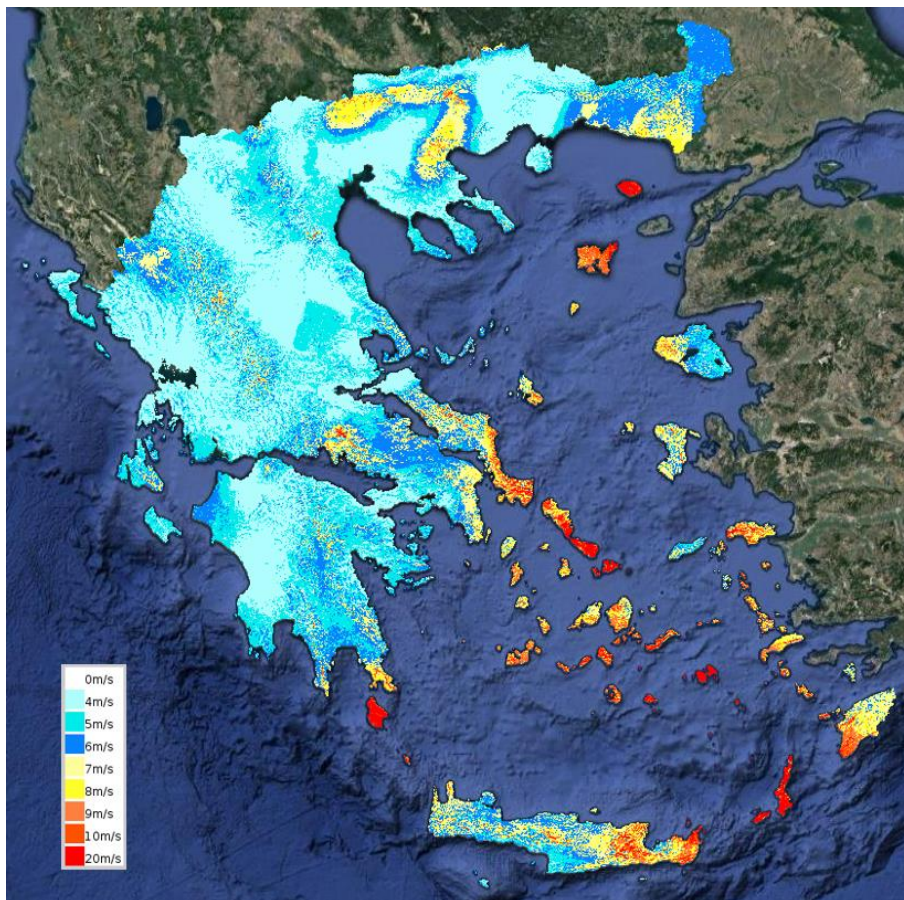
Σχήμα 2.2 Μερίδιο των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από το 2004 έως το 2019 (Πηγή: Eurostat).

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά στα κύρια είδη ΑΠΕ, τα οποία είναι η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια βιομάζας, η γεωθερμική ενέργεια και η θαλάσσια ενέργεια.

2.2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια παράγεται αξιοποιώντας την ενέργεια του ανέμου, με την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, τα οποία περιέχουν ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Πρακτικά, οι Α/Γ μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συγκεκριμένη διαδικασία γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια καθώς περιστρέφεται ο άξονας της πτερωτής. Στο δεύτερο στάδιο, μετατρέπεται η μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας (ΥΠΕΝ, 2021).

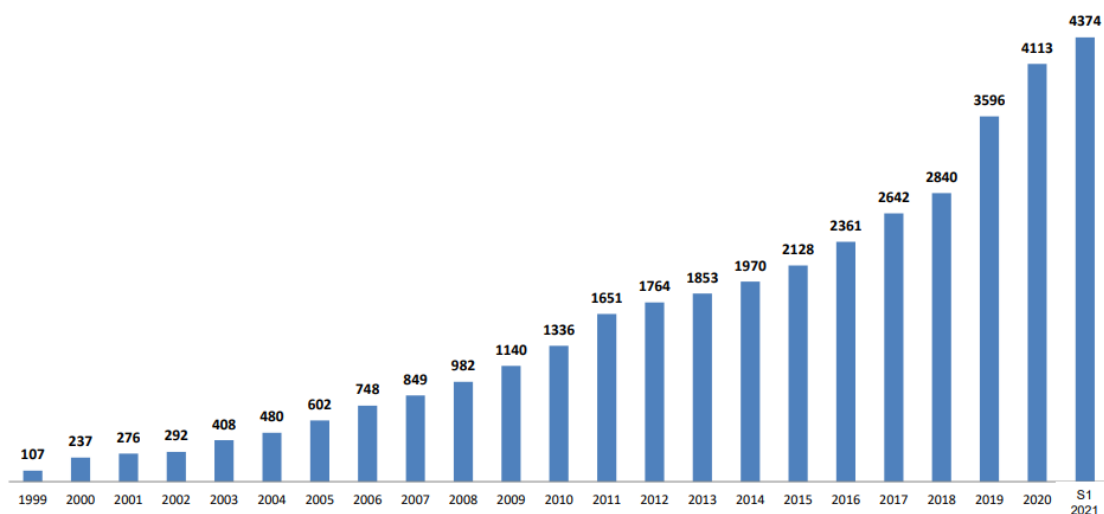
Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται με διαφορετικά χρώματα το αιολικό δυναμικό (h100) της Ελλάδας. Τα δεδομένα αφορούν σε μέσες ετήσιες ταχύτητες ανέμου ανά δεκάλεπτο. Οι τιμές ταχυτήτων προκύπτουν μέσω επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων μετρήσεων από αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε 160–170 ιστούς στο σύνολο της χώρας. Κατά την επεξεργασία χρησιμοποιούνται μοντέλο διατήρησης μάζας και διόρθωση οριακού στρώματος (ΡΑΕ, 2021). Το υψηλότερο αιολικό δυναμικό παρατηρείται στο Αιγαίο Πέλαγος, που απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα.



Σχήμα 2.3 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h100) της Ελλάδας (Πηγή: ΡΑΕ, 2021).

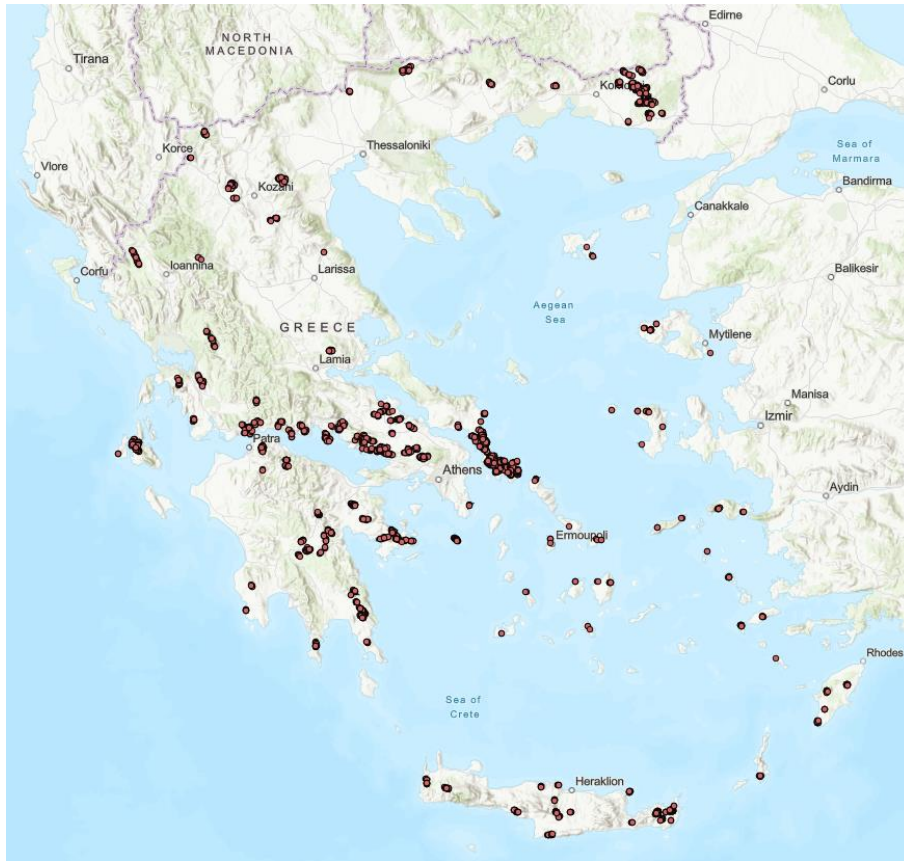
Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από Α/Γ εκφρασμένη σε MW στην Ελλάδα από το 1999 μέχρι τον Ιούνιο του 2021 σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2021). Φαίνεται ότι με την πάροδο των ετών η εγκατεστημένη ισχύς αυξάνεται σημαντικά, από 107 MW το 1999 σε 4.374 MW το πρώτο εξάμηνο του 2021.

Total capacity to the grid (MW) per year



Σχήμα 2.4 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς από Α/Γ στην Ελλάδα εκφρασμένη σε MW, από το 1999 μέχρι τον Ιούνιο του 2021 (Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ).

Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζεται ο χάρτης της Ελλάδας για το πρώτο εξάμηνο του 2021 με όλες τις εγκατεστημένες Α/Γ οι οποίες αντιστοιχούν σε 4.374 MW σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2021). Παρατηρείται υψηλός αριθμός Α/Γ στη νότια Εύβοια και στον Έβρο.

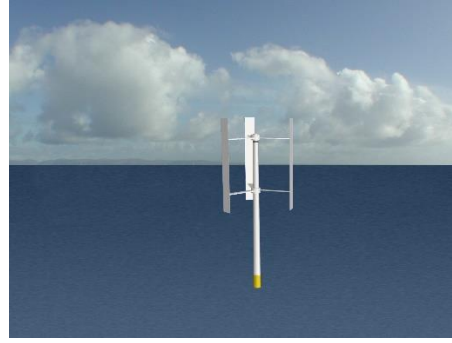


Σχήμα 2.5 Χάρτης της Ελλάδας με τις εγκατεστημένες Α/Γ μέχρι και το πρώτο εξάμηνο του 2021 (Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2021).

Υπάρχουν διαφόρων ειδών Α/Γ, οι οποίες κατατάσσονται κυρίως σε δύο κατηγορίες. Είναι οι Α/Γ οριζόντιου και κάθετου άξονα, όπως φαίνονται στις Εικόνες 2.6α και 2.6β αντίστοιχα. Στις Α/Γ οριζόντιου άξονα, ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Στις Α/Γ κατακόρυφου άξονα, ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος στην επιφάνεια του εδάφους. Στην αγορά επικρατούν οι Α/Γ οριζόντιου άξονα με 2 ή 3 πτερύγια (ΚΑΠΕ, 2021).



Σχήμα 2.6α Α/Γ οριζόντιου άξονα με 3 πτερύγια
(Πηγή: AQUARET).



Σχήμα 2.6β Α/Γ κάθετου άξονα με 3 πτερύγια
(Πηγή: AQUARET).

Η απόδοση μιας Α/Γ εξαρτάται από το μέγεθός της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος της εξαρτώνται από τις ανάγκες τις οποίες καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt (ΚΑΠΕ, 2021).

Για παράδειγμα, οι τυπικές διαστάσεις μιας Α/Γ 500 kW είναι η διάμετρος του δρομέα 40 m και το ύψος 40–50 m. Στην περίπτωση των 3 MW η διάμετρος του δρομέα είναι 80 m και το ύψος 80–100 m (ΚΑΠΕ, 2021).

Μια τυπική Α/Γ οριζόντιου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.7:

Το δρομέα, ο οποίος αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια κατασκευασμένα από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια είναι προσδεμένα πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών. Το κιβώτιο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της Α/Γ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

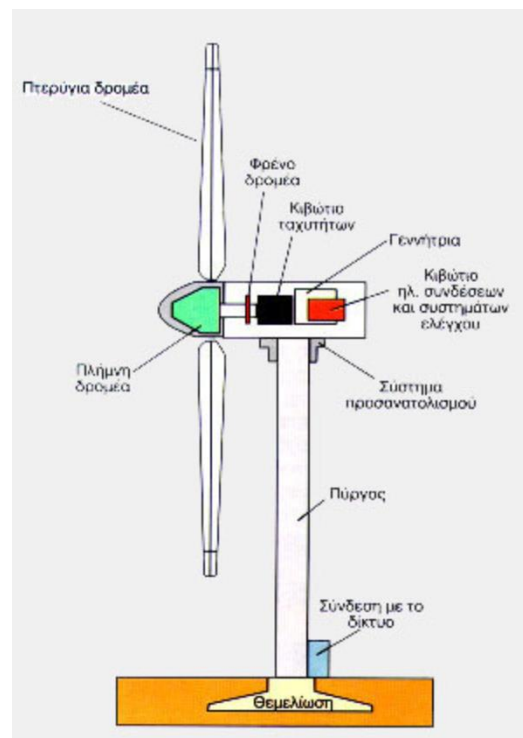
Την ηλεκτρική γεννήτρια η οποία είναι σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους. Συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Ο ρόλος της είναι να μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και τοποθετείται συνήθως πάνω στον πύργο της Α/Γ. Επιπλέον, υπάρχει και το σύστημα

πέδησης, το οποίο είναι ένα τυπικό δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

Το σύστημα προσανατολισμού, το οποίο αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.

Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι σωληνωτός ή δικτυωτός τις περισσότερες φορές και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τον ηλεκτρικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου συντονίζει, παρακολουθεί και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της Α/Γ. Επιπλέον, φροντίζει για την απρόσκοπτη λειτουργία της Α/Γ (ΚΑΠΕ, 2021).



Σχήμα 2.7 Τα μέρη από τα οποία αποτελείται μια τυπική Α/Γ οριζόντιου άξονα (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2021).

2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική (Υ/Η) ενέργεια παράγεται αξιοποιώντας την παροχή και την υψομετρική διαφορά μιας υδατόπτωσης. Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει ταμειευτήρας, ενώ σε άλλες όχι, ανάλογα με το μέγεθος του έργου. Ουσιαστικά

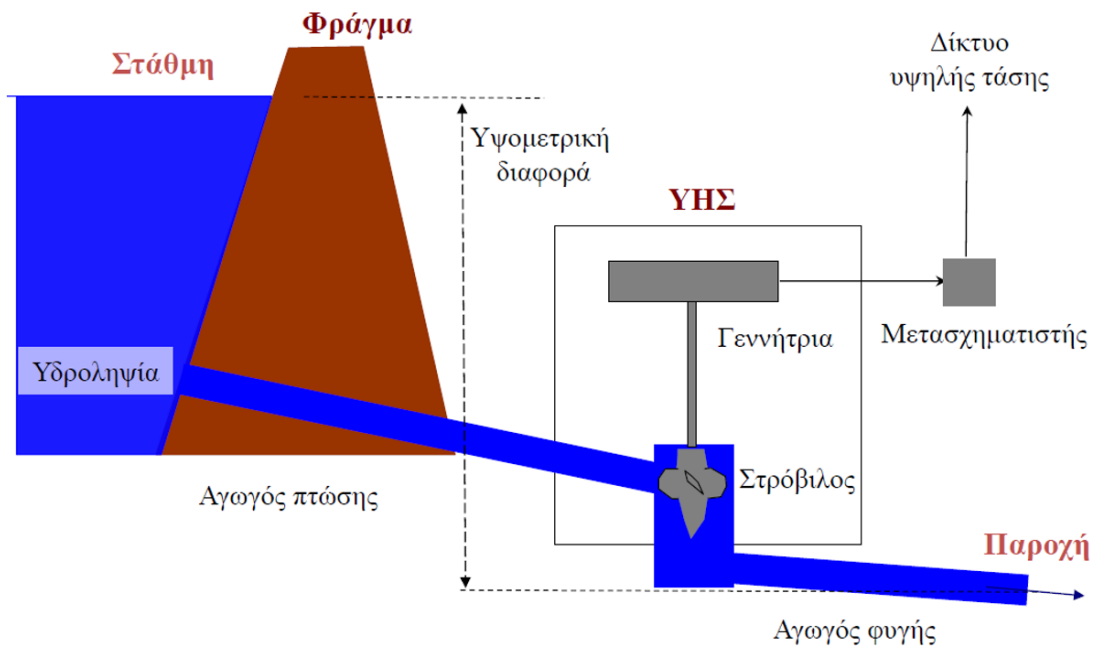
γίνεται μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υδροηλεκτρικών σταθμών μεταξύ των οποίων είναι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ρεόντων υδάτων, τα έργα αποθήκευσης υδροηλεκτρικής ενέργειας ρεόντων υδάτων, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ταμιευτήρα και οι υδροηλεκτρικοί υδραντλητικοί σταθμοί.

Για να παραχθεί ηλεκτρισμός, το νερό καθώς κινείται και έχει επαρκή όγκο περιστρέφει μια έλικα τουρμπίνας. Η έλικα περιστρέφει μια ηλεκτρική γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρισμό.

Η υδροηλεκτρική παραγωγή δεν μπορεί να βασιστεί σε έναν ποταμό ο οποίος την περίοδο των βροχών είναι γεμάτος και συρρικνώνεται κατά την περίοδο της ξηρασίας. Για αυτόν το λόγο συχνά χτίζεται ένα φράγμα και έτσι δημιουργείται μια λίμνη, ώστε να συγκρατείται το νερό κατά την περίοδο της αφθονίας και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ξηρασία.

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των συνιστωσών ενός υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ), όπως και φαίνεται στο Σχήμα 2.8. Αρχικά, υπάρχει ένα φράγμα το οποίο κατασκευάζεται ώστε η δημιουργηθεί ένας ταμιευτήρας. Υπάρχει κάποια παροχή από το φυσικό σύστημα και προκύπτει κάποιος όγκος από τη συγκράτηση του νερού. Το διαθέσιμο νερό, μέσω ενός αγωγού, πέφτει και συναντά έναν στρόβιλο. Χαρακτηριστικό μέγεθος για τους υπολογισμούς σε αυτό το σημείο είναι η υψομετρική διαφορά. Ο στρόβιλος περιστρέφεται και η γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή, η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στο δίκτυο υψηλής τάσης. Το νερό ύστερα από το στρόβιλο, μέσω ενός αγωγού φυγής, επιστρέφει στο φυσικό σύστημα.



Σχήμα 2.8 Μέρη από τα οποία αποτελείται ένας υδροηλεκτρικός σταθμός (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Στη συνέχεια ακολουθεί ο τρόπος υπολογισμού της υδροηλεκτρικής ισχύος.

Η δυναμική ενέργεια του νερού ή υδροδυναμική ενέργεια ή υδροδυναμικό με μάζα m (kg), σε ύψος H (m) από το επίπεδο αναφοράς των στροβίλων σε kg είναι:

$$E_{\Delta} = m \cdot g \cdot H = \rho \cdot g \cdot V \cdot H = \gamma \cdot V \cdot H, \quad (2.1)$$

Όπου, ρ είναι η πυκνότητα του νερού (1.000 kg/m^3), g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m/s}^2$), γ είναι το ειδικό βάρος του νερού ($9,81 \text{ kN/m}^3$) και V (m^3) είναι ο όγκος του νερού. Η υψομετρική διαφορά H στα υδροενεργειακά έργα αναφέρεται και ως ολικό ή ακαθάριστο ύψος πτώσης.

Η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε υδραυλική προκύπτει από:

$$E_{\gamma} = \gamma \cdot V \cdot H_n, \quad (2.2)$$

Όπου, H_n (m) είναι το καθαρό ύψος πτώσης το οποίο προκύπτει αφαιρώντας από το ολικό ύψος τις υδραυλικές απώλειες κατά τη προσαγωγή του νερού στους στροβίλους.

Η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε κινητική (στρόβιλος) και ηλεκτρική (γεννήτρια) προκύπτει από τη σχέση:

$$E = \eta \cdot E_{\gamma} = \eta \cdot \gamma \cdot V \cdot H_n, \quad (2.3)$$

Όπου, η είναι ο βαθμός απόδοσης των στροβίλων. Η ποσότητα $(1 - \eta) \cdot E_T$ εκφράζει τις συνολικές απώλειες κατά τη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας η οποία αποδίδεται στην είσοδο του στροβίλου σε ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται στο δίκτυο υψηλής τάσης.

Η αποδιδόμενη υδροηλεκτρική ισχύς είναι:

$$P = dE/dt = \eta \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_n, \quad (2.4)$$

Όπου, Q (m^3/s) είναι η παροχή η οποία διέρχεται από τους στροβίλους.

Ο τύπος των στροβίλων καθορίζεται από το συνδυασμό του ύψους πτώσης (H_n) και την παροχή (Q).

Τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα είναι τα Κρεμαστά στον Αχελώο (437 MW), ο Θησαυρός στο Νέστο (384 MW), το Πολύφυτο στον Αλιάκμονα (375 MW) και το Καστράκι στον Αχελώο (320 MW). Στο Σχήμα 2.9 απεικονίζεται ο χάρτης της Ελλάδας με τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ, το 2018.



Σχήμα 2.9 Χάρτης της Ελλάδας όπου απεικονίζονται τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί πέρα από το βασικό ρόλο τους, να παράγουν ενέργεια, προσφέρουν και σε άλλους τομείς. Συμβάλουν στην αντιπλημμυρική προστασία,

στην άρδευση, την ύδρευση, το ναυταθλητισμό, την αλιεία, την αναψυχή και την αναβάθμιση του περιβάλλοντος.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ενδέχεται σε κάποιες περιπτώσεις να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη ροή των ποταμών, στους οικότοπους των ιχθύων και των υδάτινων οργανισμών και στις προστατευόμενες περιοχές χλωρίδας και πανίδας.

Μερικές επιπτώσεις ενός υδροηλεκτρικού σταθμού στους οικότοπους και τα είδη είναι ότι μπορεί να προκληθούν αλλαγές στη μορφολογία των ποταμών και των ποτάμιων οικότοπων. Επιπλέον, είναι δυνατόν να υπάρξουν φραγμοί στη μετανάστευση και τη γεωγραφική κατανομή των προστατευόμενων ειδών. Διαταράσσεται η δυναμική των ιζημάτων, προκαλούνται αλλαγές στο οικολογικό καθεστώς ροής και στους εποχιακούς κύκλους των πλημμυρών. Ακόμη, παρατηρούνται χημικές αλλαγές και αλλαγές στη θερμοκρασία των υδάτων και τραυματίζονται και θανατώνονται μεμονωμένα ζώα. Τέλος, παρατηρείται εκτοπισμός και όχληση και διάφορες επιπτώσεις στα χερσαία είδη και τους χερσαίους οικότοπους (European Commission, 2018).

2.4 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια ορίζεται ως το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας, οι οποίες προέρχονται από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα ακτινοβολούνται από τον Ήλιο, απορροφούνται και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας (ΥΠΕΝ, 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι η ηλιακή ενέργεια σε ένα έτος είναι περίπου 14.000 φορές μεγαλύτερη από την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Η ηλιακή σταθερά είναι 1.367 W/m^2 (Μαμάσης κ.ά., 2018). Υπάρχουν τριών ειδών συστήματα τα οποία είναι τα θερμικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα Φ/Β συστήματα.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό. Η ηλιακή ενέργεια απορροφάται μέσω των ηλιακών συλλεκτών. Πρόκειται για σκουρόχρωμες επιφάνειες οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με κάποιο υγρό και μεταφέρουν τη θερμότητα σε αυτό. Σημαντικό είναι να υπάρχει ο κατάλληλος προσανατολισμός

των συλλεκτών προς τον Ήλιο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος αποτελούν οι ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, τα οποία σχεδιάζονται και συνδυάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για το φυσικό φωτισμό κάποιου κτιρίου και για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας σε εσωτερικούς χώρους. Ο όρος Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική αντιστοιχεί σε τέτοιου είδους συστήματα.

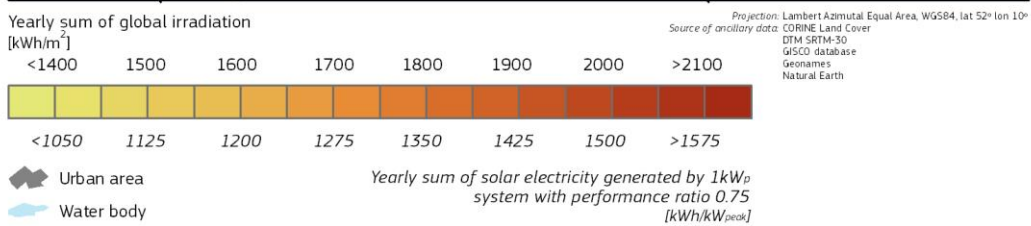
Τα Φ/Β συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την ηλεκτροδότηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι αποδίδουν τη μέγιστη ισχύ τους κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου και παρουσιάζεται η μεγαλύτερη ζήτηση. Τα Φ/Β συστήματα κατατάσσονται σε αυτόνομα συστήματα εάν η ενέργεια η οποία παράγεται, καταναλώνεται επιτόπου και σε διασυνδεδεμένα συστήματα εάν η ενέργεια η οποία παράγεται, διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί σε άλλο τόπο (ΥΠΕΝ, 2021).

Στο Σχήμα 2.10 απεικονίζεται η ακτινοβολία του Ήλιου στην περίπτωση όπου οι φωτοβολταϊκές μονάδες τοποθετούνται με σωστό προσανατολισμό προς τον Ήλιο και εκφράζεται σε kWh/m² με χρωματισμό από κίτρινο για τις χαμηλές τιμές και κόκκινο για τις πιο υψηλές τιμές. Στη νότια Ελλάδα παρατηρούνται υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας σε σύγκριση με τη βόρεια Ελλάδα.

Global irradiation and solar electricity potential

Optimally-inclined photovoltaic modules

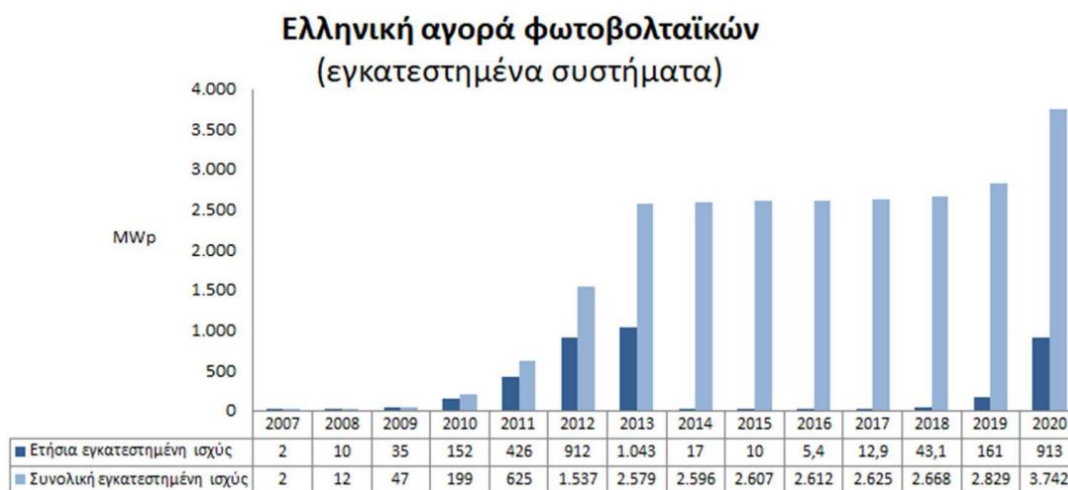
GREECE / ΕΛΛΑΔΑ



Σχήμα 2.10 Χάρτης της Ελλάδας όπου απεικονίζεται η ηλιακή ακτινοβολία (Πηγή: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>).

Στο Σχήμα 2.11 απεικονίζεται η συνολική ισχύς των εγκατεστημένων συστημάτων φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα εκφρασμένη σε MWp από το 2007 έως το 2020

σύμφωνα με το Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ, 2021). Παρατηρείται αύξηση των εγκατεστημένων συστημάτων φωτοβλαϊκών στην Ελλάδα από ισχύ 2 MWp το 2007 σε 3.742 MWp, το 2020.



Σχήμα 2.11 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς από Φ/Β στην Ελλάδα εκφρασμένη σε MWp από το 2007 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΣΕΦ).

2.5 Ενέργεια Βιομάζας

Η βιομάζα πρόκειται για το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, των αποβλήτων και των υπολειμμάτων τα οποία προέρχονται από τη γεωργία, τη δασοκομία και τις σχετικές βιομηχανίες. Επιπλέον, προέρχεται και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ.

Η βιομάζα παράγεται από ύλη οργανικής προέλευσης. Περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Για παράδειγμα, μερικά από αυτά είναι τα φυτικά και δασικά υπολείμματα, όπως είναι τα καυσόξυλα, τα κλαδοδέματα, τα άχυρα, τα πριονίδια, οι ελαιοπυρήνες και τα κουκούτσια, τα ζωικά απόβλητα, όπως είναι η κοπριά και τα άχρηστα αλιεύματα, τα φυτά τα οποία καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες, τα αστικά απορρίμματα, τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή υγρών καυσίμων, όπως είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ (ΥΠΕΝ, 2021).

2.6 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια πρόκειται για μια ήπια και ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Παράγεται από την εκμετάλλευση του υπόγειου γεωθερμικού δυναμικού. Σύμφωνα με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να παράγει θερμική και ηλεκτρική ενέργεια.

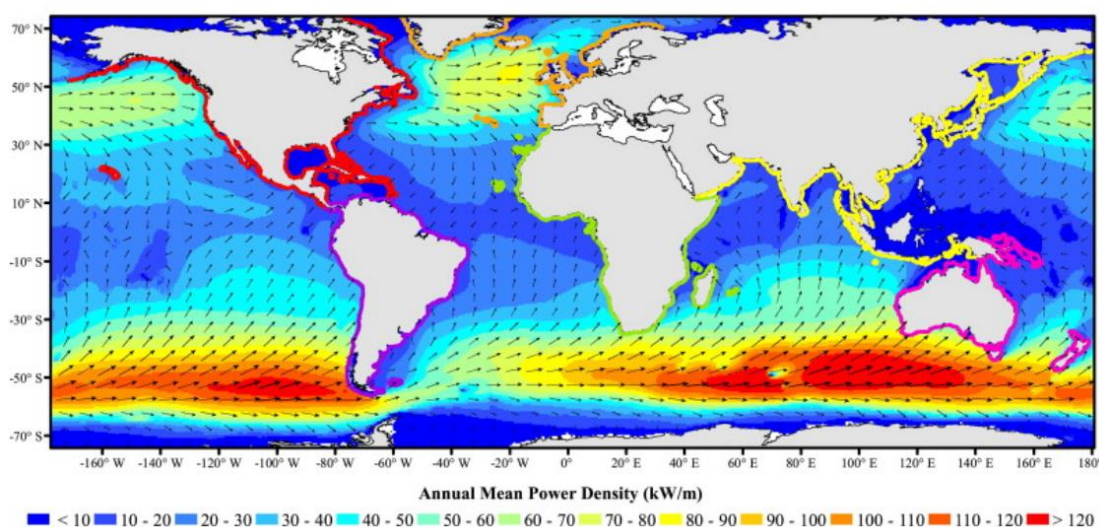
Αξίζει να σημειωθεί ότι για να θεωρηθεί ότι ένα υπόγειο θερμό ρευστό διαθέτει γεωθερμικό δυναμικό, θα πρέπει η θερμοκρασία του να υπερβαίνει τους 30°C. Η θέρμανση του νερού προκύπτει από την επαφή του με τα πετρώματα τα οποία έχουν ήδη θερμανθεί από τη λάβα που βρίσκεται στο εσωτερικό της γης. Επιπλέον, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι ελάχιστο έως μηδενικό.

Σε παγκόσμια κλίμακα, η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αφορά τη θέρμανση των θερμοκηπίων και των υδατοκαλλιεργειών, την ξήρανση των γεωργικών προϊόντων, την αφαλάτωση του νερού για την κάλυψη ύδρευσης, άλλες ήπιες βιομηχανικές χρήσεις και την τηλεθέρμανση των κτιρίων, των οικισμών, των χωριών και των πόλεων (ΥΠΕΝ, 2021).

2.7 Θαλάσσια Ενέργεια

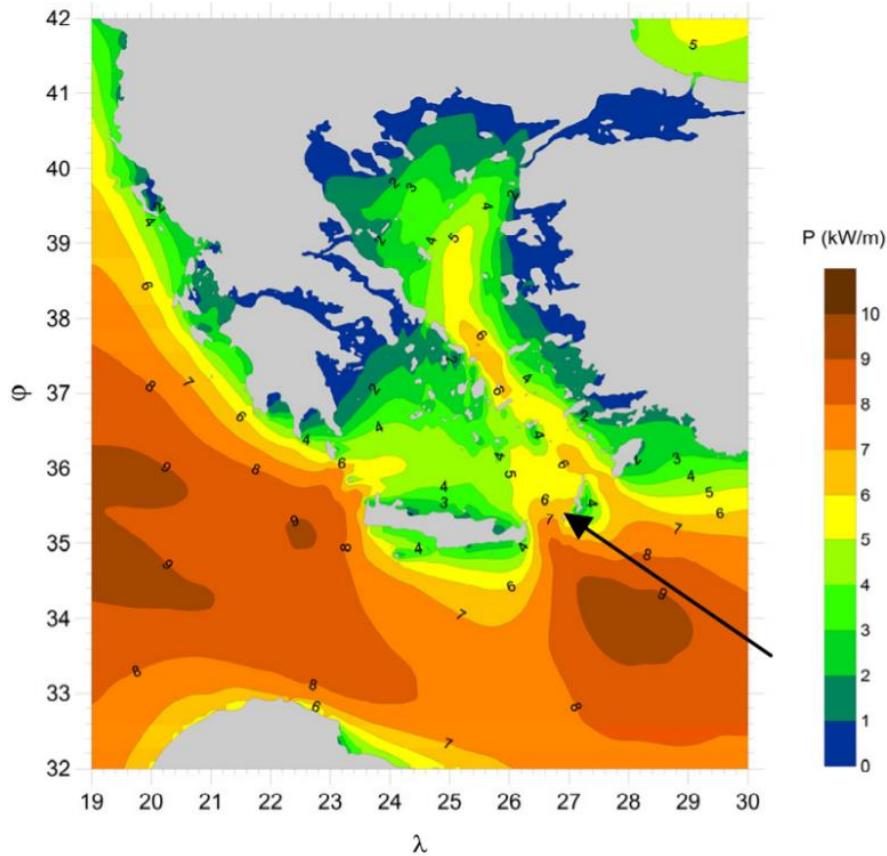
Η θαλάσσια ενέργεια υπάρχει σε διάφορες μορφές στις θάλασσες και τους ωκεανούς. Οι μορφές της θαλάσσιας ενέργειας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα τον τρόπο αξιοποίησής τους. Η πρώτη είναι όσες αξιοποιούν τη ρευστοδυναμική μιας περιοχής, δηλαδή η κυματική, η ενέργεια από τις παλίρροιας και τα θαλάσσια ρεύματα. Η δεύτερη είναι όσες αξιοποιούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού (θερμοκρασία και αλατότητα), δηλαδή η θαλασσοθερμική και ωσμωτική ενέργεια (Μαμάσης κ.ά, 2018).

Όσον αφορά την κυματική ενέργεια, παράγεται από την κίνηση των κυμάτων, η οποία προκαλείται από του άνεμους. Η ποσότητα της κυματικής ενέργειας και το μέγεθος του προκύπτοντος κύματος εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, το χρονικό διάστημα για το οποίο φυσάει ο άνεμος και την απόσταση κατά την οποία φυσάει ο άνεμος (Μαμάσης κ.ά, 2018). Στο Σχήμα 2.12 απεικονίζεται η μέση ετήσια κυματική ισχύς στον παγκόσμιο χάρτη εκφρασμένη σε kW/m. Οι υψηλότερες τιμές κυματικής ισχύς παρατηρούνται στο Νότιο Ωκεανό και οι χαμηλότερες στον Ειρηνικό Ωκεανό.



Σχήμα 2.12 Μέση ετήσια κυματική ισχύς στον παγκόσμιο χάρτη εκφρασμένη σε kW/m (Gunn and Stock-Williams, 2012).

Στο Σχήμα 2.13, παρουσιάζεται η μέση ετήσια κυματική ισχύς για τον ελληνικό θαλάσσιο χώρο με χρωματισμούς από μπλε για χαμηλές τιμές έως σκούρο κόκκινο για υψηλές τιμές, εκφρασμένη σε kW/m. Παρατηρείται ότι στο βόρειο Αιγαίο, η κυματική ισχύς είναι 3–5 kW/m, στο βορειοκεντρικό Αιγαίο και τις Κυκλάδες είναι έως 6 kW/m και στο νοτιοδυτικό Αιγαίο 4–5 kW/m. Η υψηλότερη τιμή κυματικής ισχύς, στα 6–8 kW/m, εμφανίζεται στα στενά μεταξύ Κρήτης–Κυθήρων και Κρήτης–Κάσου. Στα στενά μεταξύ Κάσου–Καρπάθου και Καρπάθου–Ρόδου η κυματική ισχύς είναι περίπου 6 kW/m και στο Ιόνιο Πέλαγος 4–8 kW/m (Soukissian et al., 2011).



Σχήμα 2.13 Μέση ετήσια κυματική ισχύς στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο εκφρασμένη σε kW/m (Soukissian et al., 2011).

Η αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας γίνεται με μετατροπείς ταλαντευόμενης στήλης ύδατος, υπερπηδητούς μετατροπείς, πλωτούς μετατροπείς και μετατροπείς κρούσης (Μαμάσης κ.ά, 2018).

Η ενέργεια από παλίρροιες, αφορά την εκμετάλλευση της ανόδου και της πτώσης της στάθμης της θάλασσας, η οποία οφείλεται στην αλληλεπίδραση των πεδίων βαρύτητας Ήλιου, Γης και Σελήνης. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούνται παλιρροιακά φράγματα.

Ακόμη, ενέργεια μπορεί να παράγεται από στροβίλους για παλίρροιες και ρεύματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πυκνότητα του νερού είναι περίπου 835 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του ανέμου, επομένως, η θεωρητική ισχύς η οποία αντιστοιχεί σε ένα θαλάσσιο ρεύμα με ταχύτητα 2 m/s ισοδυναμεί με εκείνη που αντιστοιχεί σε ταχύτητα ανέμου 19 m/s (Μαμάσης κ.ά, 2018).

Η θαλασσοθερμική ενέργεια αφορά τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών σε ηλεκτρική (Ocean Thermal Energy Conversion – OTEC). Ουσιαστικά γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας η οποία είναι αποθηκευμένη στα νερά του ωκεανού με τη μορφή της διαφοράς θερμοκρασίας. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η διαφορά θερμοκρασίας να είναι περίπου 20°C σε βάθος περίπου 1.000 m. Πιο συγκεκριμένα γίνεται άντληση από το βυθό του κρύου νερού και από την επιφάνεια του ζεστού με ειδικές συστοιχίες αγωγών και με ειδικές διεργασίες παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Όσον αφορά την ωσμωτική ενέργεια, αρχικά γίνεται μια αναφορά στη γενικότερη έννοια της ώσμωσης. Πρόκειται για τη φυσική διαδικασία, κατά την οποία μόρια του διαλύτη διέρχονται μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης, από το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης (αραιότερο) στο διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης (πυκνότερο), μέχρι οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων και στις δύο πλευρές να εξισωθούν. Τελικά, προκύπτει συσσωρευμένη πίεση από τη μονόπλευρη ροή του νερού, η οποία αξιοποιείται για παραγωγή ωσμωτικής ενέργειας. Στην περίπτωση της ωσμωτικής ενέργειας, το αραιότερο διάλυμα είναι το γλυκό νερό των ποταμών και των λιμνών και το πυκνότερο είναι το αρμυρό νερό της θάλασσας (Μαμάσης κ.ά, 2018).

Μερικές από τις επιπτώσεις της θαλάσσιας ενέργειας είναι η αιώρηση ιζημάτων, οι μεταβολές των ρευμάτων και των ιζημάτων και οι μεταβολές στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

2.8 Υβριδικά Συστήματα ΑΠΕ

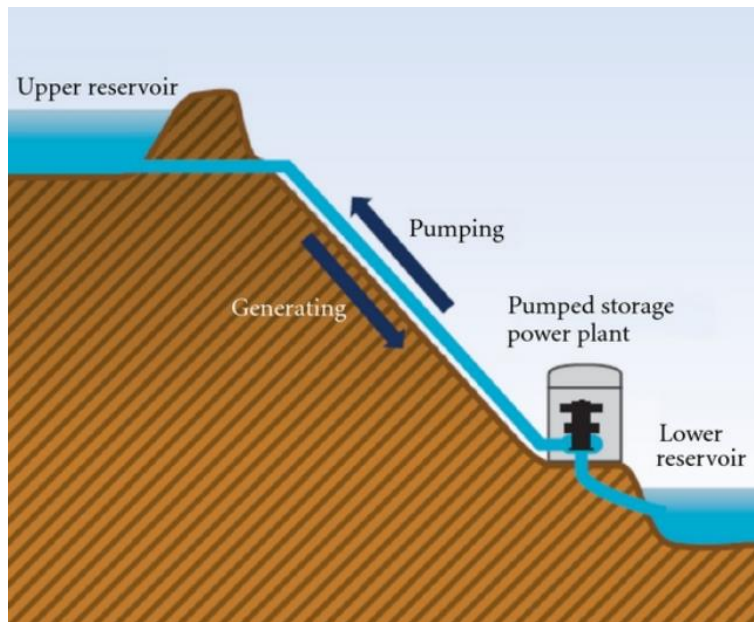
Τα υβριδικά συστήματα βασίζονται στο συνδυασμό διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, από δύο έως και περισσότερες. Ο συνδυασμός αυτός έχει ως στόχο να αντιμετωπίζεται το ζήτημα της αποθήκευσης και της ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης ενέργειας. Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι τεχνικά και οικονομικά περισσότερο εφαρμόσιμα.

Οι μονάδες ΑΠΕ, οι οποίες είναι εγκατεστημένες, είναι υποχρεωτικό από το νόμο να γίνεται η αξιοποίηση όλης της ποσότητας ενέργειας που παράγουν στη ΔΕΗ.

Παράλληλα, η ΔΕΗ καλείται να μεταβάλει την παραγωγή ώστε να ισούται με την κατανάλωση. Όμως, η αιολική και ηλιακή ενέργεια δεν παράγονται όταν το σύστημα τις χρειάζεται, αλλά όταν οι καιρικές συνθήκες είναι κατάλληλες. Επομένως, εισάγουν επιπλέον πολυπλοκότητα στο σύστημα διαχείρισης της ενέργειας καθώς ο διαχειριστής πρέπει επιπλέον να αυξομειώνει την παραγόμενη ενέργεια από τους άλλους σταθμούς ακολουθώντας την αυξομείωση της παραγόμενης αιολικής και ηλιακής ενέργειας (Μαμάσης κ.ά., 2018). Αυτό το ζήτημα της αποθήκευσης ενέργειας έρχονται να καλύψουν τα υβριδικά συστήματα ΑΠΕ.

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ. Είναι η αντλησιοταμίευση (Pumped Storage Systems – PSS), τα συστήματα συμπιεσμένου αέρα (Compressed Air Energy Storage – CAES), οι ηλεκτροχημικές μπαταρίες και οι μονάδες ηλεκτρόλυσης για παραγωγή υδρογόνου. Η πιο συνηθισμένη τεχνολογία για μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις είναι η αντλησιοταμίευση και για μικρού μεγέθους οι ηλεκτροχημικές μέθοδοι αποθήκευσης (Katsaprakakis, 2016).

Για την αντλησιοταμίευση απαραίτητο είναι να υπάρχουν φυσικοί ταμιευτήρες ή δυνατότητα τεχνικής κατασκευής τους και σημαντική υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο ταμιευτήρων. Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, χρησιμοποιούνται αντλίες για την αποθήκευση του νερού (Pumping) στον ταμιευτήρα ο οποίος βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος (Upper reservoir). Όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη, τα αποθηκευμένα νερά κατευθύνονται στον κάτω ταμιευτήρα (Lower reservoir) και παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια (Generating). Στο Σχήμα 2.14 παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση μιας τυπικής εγκατάστασης αντλησιοταμίευσης.



Σχήμα 2.14 Σχηματική απεικόνιση τυπικής εγκατάστασης αντλιοσταμείωσης (Kaunda et al., 2012).

Το υβριδικό ενεργειακό έργο της Ικαρίας το οποίο ονομάζεται «ΝΑΕΡΑΣ» αποτελεί το πρώτο υβριδικό σύστημα στην Ελλάδα και έχει 6,85 MW εγκατεστημένη ισχύ. Η λειτουργία του ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2019. Συνδυάζει δύο βασικές μορφές ΑΠΕ, την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2021).

Αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο (Στραβοκουντούρα) με 3 Α/Γ των 900 kW η κάθε μια, έναν Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό (Προεσπέρας) με έναν υδροστρόβιλο ισχύος 1,05 MW, έναν Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό (Κάτω Προεσπέρας) με δύο υδροστρόβιλους ισχύος 3,1 MW συνολικά, δύο δεξαμενές νερού χωρητικότητας 80.000 m³ έκαστη, ένα αντλιοστάσιο (Κάτω Προεσπέρας) με 12 αντλίες ονομαστικής ισχύος 250 kW έκαστη και τα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας και Κατανομής Φορτίου του Ναέρα και της Ικαρίας.

Το έργο έχει υβριδικό χαρακτήρα καθώς για τη λειτουργία του αντλιοστασίου χρησιμοποιείται η αιολική ενέργεια η οποία παράγεται από το αιολικό πάρκο (Στραβοκουντούρα). Η αιολική ενέργεια του αιολικού πάρκου δεν απορροφάται από το έργο, συνεπώς αποθηκεύεται ως φυσική μπαταρία με τη δυναμική του νερού στην Άνω δεξαμενή. Το νερό στη συνέχεια πέφτει στην Κάτω δεξαμενή επομένως, η ενέργεια αποδίδεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού με τη μορφή υδροηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2021).

Η τεχνική της αντλησιοταμίευσης αποτελεί έναν τρόπο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος επιτρέπει την ενσωμάτωση μεγαλύτερου ποσοστού ενέργειας από ΑΠΕ και καλύπτει προβλήματα ευστάθειας στην παραγωγή.

Το συγκεκριμένο έργο συμβάλει στην ενεργειακή αυτονομία της Ικαρίας.

3. Υδρογόνο

3.1 Γενικά στοιχεία

Το υδρογόνο είναι ένα αμέταλλο χημικό στοιχείο με ατομικό αριθμό 1. Είναι το ελαφρύτερο χημικό στοιχείο του περιοδικού πίνακα. Πρόκειται για ένα μη τοξικό, άγευστο, άχρωμο και άοσμο στοιχείο. Η εισπνοή του από τον ανθρώπινο οργανισμό προκαλεί υπνηλία και αυξάνει τη συχνότητα του ήχου της φωνής. Ανακαλύφθηκε ως στοιχείο το 1766 από τον Cavendish και ονομάστηκε από τον Lavoisier. Εκτιμάται ότι το υδρογόνο αποτελεί περισσότερο από το 90% των του συνολικού αριθμού ατόμων των υπαρχόντων χημικών στοιχείων και το 75% της μάζας του Σύμπαντος. Υπάρχουν 3 φυσικά ισότοπα του υδρογόνου. Το πιο συνηθισμένο είναι το Πρώτιο (Protium), το οποίο αποτελείται από 1 πρωτόνιο και 1 ηλεκτρόνιο. Το 1932, ανακαλύφθηκε από τον Urey ένα σταθερό ισότοπο το Δευτέριο (Deuterium), το οποίο αποτελείται από 1 πρωτόνιο, 1 νετρόνιο και 1 ηλεκτρόνιο. Δύο χρόνια αργότερα ανακαλύφθηκε ένα ασταθές ισότοπο το Τρίτιο (Tritium), το οποίο αποτελείται από 1 πρωτόνιο, 2 νετρόνια και 1 ηλεκτρόνιο (Züttel, et al., 2008). Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά για τα 3 ισότοπα υδρογόνου τα οποία αναφέρθηκαν.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη ισότοπων υδρογόνου (Züttel, et al., 2008).

Αριθμός CAS	¹ H (Πρώτιο) [12385-13-6]	² D (Δευτέριο) [16873-17-9]	³ T (Τρίτιο) [15086-10-9]
Ατομικό Βάρος (u)	1,007825	2,0140	3,01605
Αφθονία στη φύση (%)	99,985	0,015	≈ 10 ⁻¹⁸
Χρόνος ημιζωής (yr)	–	–	12,26
Ενέργεια ιοντισμού (eV)	13,5989	13,6025	13,6038
Ενεργός διατομή σύλληψης νετρονίου (10 ⁻²⁴ cm ²)	0,322	0,51·10 ⁻³	< 6·10 ⁻⁶
Πυρηνικό spin (h/2π)	+ 1/2	+ 1	+ 1/2
Μαγνητική ροπή (μN)	+ 2,79285	+ 0,85744	+ 2,97896

Το υδρογόνο είναι η πιο άφθονη χημική ουσία στη Γη, όμως δε βρίσκεται σε ελεύθερη μορφή. Για να γίνει κάτι τέτοιο απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς,

το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από ορυκτά καύσιμα, όπως είναι το φυσικό αέριο και ο άνθρακας και από ΑΠΕ.

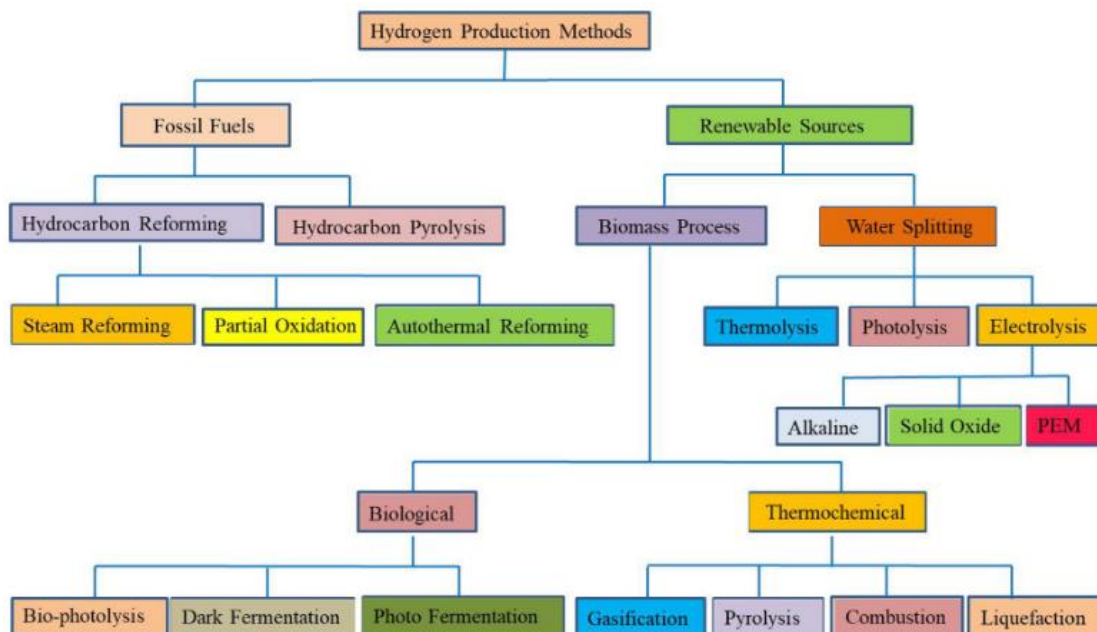
Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη, ως καύσιμο, ως φορέας ενέργειας και ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας. Σταδιακά παράγεται όλο και περισσότερο από πηγές οι οποίες δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το υδρογόνο αποτελεί το μέσο το οποίο επιτρέπει την αποθήκευση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά την καύση του υδρογόνου, τα παραπροϊόντα είναι η θερμότητα και το νερό.

3.2 Πλεονεκτήματα

Το υδρογόνο έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Η ενεργειακή του χρήση δεν εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου καθώς το προϊόν της καύσης του είναι καθαρό νερό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή άλλων αερίων, όπως είναι τα υγρά καύσιμα, έχει υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τις μπαταρίες επομένως, μπορεί να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις με μηδενικές απώλειες και έχει υψηλή θερμαντική αξία. Συνεπώς, μπορεί να συμβάλει στην απανθρακοποίηση των βιομηχανικών διαδικασιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η καύση του υδρογόνου ανάλογα με τις συνθήκες μπορεί να γίνει εκρηκτική.

3.3 Μέθοδοι παραγωγής

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παραγωγής υδρογόνου κάθε μια από τις οποίες χρησιμοποιεί διαφορετική τεχνολογία και απαιτεί διαφορετική πηγή ενέργειας. Οι θερμοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούν θερμικές και χημικές αντιδράσεις για την απελευθέρωση υδρογόνου από οργανικά υλικά, όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα και η βιομάζα.

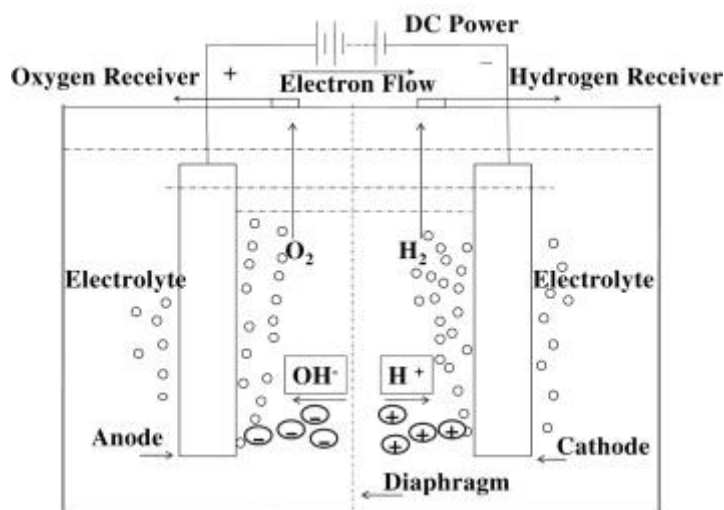


Σχήμα 3.1 Διάφορες μέθοδοι παραγωγής υδρογόνου (Kumar and Himabindu, 2019).

Η ηλεκτρόλυση ή διάσπαση νερού αφορά το διαχωρισμό του νερού σε υδρογόνο (H₂) και οξυγόνο (O₂) μέσω ενός ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο προστίθεται στο νερό. Ουσιαστικά πρόκειται για μια συσκευή, η οποία έχει έναν θετικό (άνοδο) και έναν αρνητικό (κάθοδο) φορτισμένο πόλο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εξαρτώνται από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Η χημική εξίσωση σύμφωνα με την οποία το νερό διασπάται σε υδρογόνο και σε οξυγόνο είναι η (3.1).



Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης.



Σχήμα 3.2 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης (Zeng and Zhang, 2010).

Οι βιολογικές διαδικασίες είναι εκείνες κατά τις οποίες το υδρογόνο παράγεται από μικροοργανισμούς, όπως είναι τα βακτήρια και τα άλγη.

3.4 Είδη υδρογόνου

Υπάρχουν διάφορα είδη υδρογόνου, τα οποία κατηγοριοποιούνται με βάση τη διαδικασία παραγωγής του και τις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από αυτές. Υπάρχει κατά σύμβαση χρωματική κατηγοριοποίηση του υδρογόνου. Είναι το πράσινο, το τρκουάζ ή γαλάζιο, το μπλε και το γκρι υδρογόνο.

Το καθαρό υδρογόνο ή αλλιώς ανανεώσιμο υδρογόνο ή πράσινο υδρογόνο παράγεται από την ηλεκτρόλυση του νερού και τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Επιπλέον, δεν εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου κατά την παραγωγή του (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2021). Συνήθως γίνεται χρήση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Ακόμη, καθαρό υδρογόνο μπορεί να παραχθεί με την αναμόρφωση του βιοαερίου και τη βιοχημική μετατροπή της βιομάζας. Οι μέθοδοι ηλεκτρόλυσης είναι η Αλκαλική Ηλεκτρόλυση (Alkaline Electrolysis – AEL), η Ηλεκτρόλυση Πολυμερικής Μεμβράνης (Polymer Electrolyte Membrane – PEM) και η Ηλεκτρόλυση Στερεού Οξειδίου (Solid Oxide Electrolysis – SOEL).

Το τρκουάζ ή γαλάζιο υδρογόνο παράγεται με πυρόλυση. Πρόκειται για θερμική διάσπαση του μεθανίου σε υδρογόνο και σε στερεό άνθρακα.

Το μπλε υδρογόνο παράγεται μέσω της διαδικασίας αναμόρφωσης του φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο διαχωρίζεται σε υδρογόνο και σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το διοξείδιο του άνθρακα δεν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, αλλά αποθηκεύεται απευθείας (Carbon Capture and Storage – CCS).

Το γκρι υδρογόνο παράγεται με την αναμόρφωση των ατμών των ορυκτών καυσίμων. Ανά 1 τόνο υδρογόνου που παράγεται, 10 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, πρόκειται για το είδος υδρογόνου με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το 2006, παγκοσμίως, η παραγωγή υδρογόνου προερχόταν από το φυσικό αέριο κατά 48%, από το πετρέλαιο κατά 30%, από τον άνθρακα κατά 18% και από τον ηλεκτρισμό μέσω της ηλεκτρόλυσης κατά 4% (PE International, 2010).

3.5 Αποθήκευση

Το υδρογόνο μπορεί να αποθηκευτεί ως αέριο με συμπίεση (φιάλες υψηλής πίεσης), ως υγρό κρυοσκοπικά (κρυογονικές δεξαμενές) και ως στερεό δεσμευμένο σε διάφορες στερεές ενώσεις (χημικά).

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι σε μορφή πεπιεσμένου αερίου, το οποίο βρίσκεται σε δεξαμενή υπό πίεση 35–70 MPa (350–700 bar), μέσω ιοντικού συμπιεστή. Το συμπιεσμένο υδρογόνο ονομάζεται High Pressure Gas Hydrogen (HPGH₂). Σε αυτή την περίπτωση το χαρακτηριστικό μετρούμενο μέγεθος είναι το έργο για τη συμπίεση του υδρογόνου και ο τρόπος με τον οποίο θα επιτευχθεί η συγκεκριμένη διαδικασία. Είναι εφικτό να αυξηθεί η πίεση και να μειωθεί το μέγεθος της δεξαμενής, όμως θα πρόκυπτε βαρύτερο σύστημα. Οι δεξαμενές αποθήκευσης μπορεί να είναι χαλύβδινοι κύλινδροι, συνθετικοί κύλινδροι με εσωτερική επένδυση από μια στρώση μετάλλου και κύλινδροι με εσωτερική επένδυση από μη μεταλλικό υλικό και ίνες άνθρακα. Η κατασκευή τους γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εμποδίζεται η διάχυση του υδρογόνου και για να έχουν μηχανική αντοχή οι δεξαμενές.

Το υδρογόνο αποθηκεύεται σε υγρή μορφή, όπως αναφέρθηκε, υπό κρυογονικές συνθήκες. Το υδρογόνο υγροποιείται κάτω από τη θερμοκρασία βρασμού του, η

οποία είναι -253°C . Σε αυτή την περίπτωση, η διαδικασία της υγροποίησης απαιτεί υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τη συμπίεση, η οποία αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι δεξαμενές αποθήκευσης υγρού υδρογόνου θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες με τρόπο τέτοιο ώστε να μην επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας με επαφή, μεταφορά και ακτινοβολία. Συνεπώς, χαρακτηρίζονται από πολύ καλή θερμομόνωση. Το καταλληλότερο σχήμα δεξαμενής αποθήκευσης υδρογόνου είναι το σφαιρικό έτσι ώστε να έχει μικρό λόγο επιφάνεια/όγκο και να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες του υδρογόνου λόγω μεταφοράς θερμότητας από το περιβάλλον. Το μειονέκτημα των σφαιρικών δεξαμενών είναι ότι έχουν υψηλό κόστος κατασκευής και δεν είναι εύκολο να προσαρμοστούν στα οχήματα μεταφοράς καθώς προτιμάται το κυλινδρικό σχήμα.

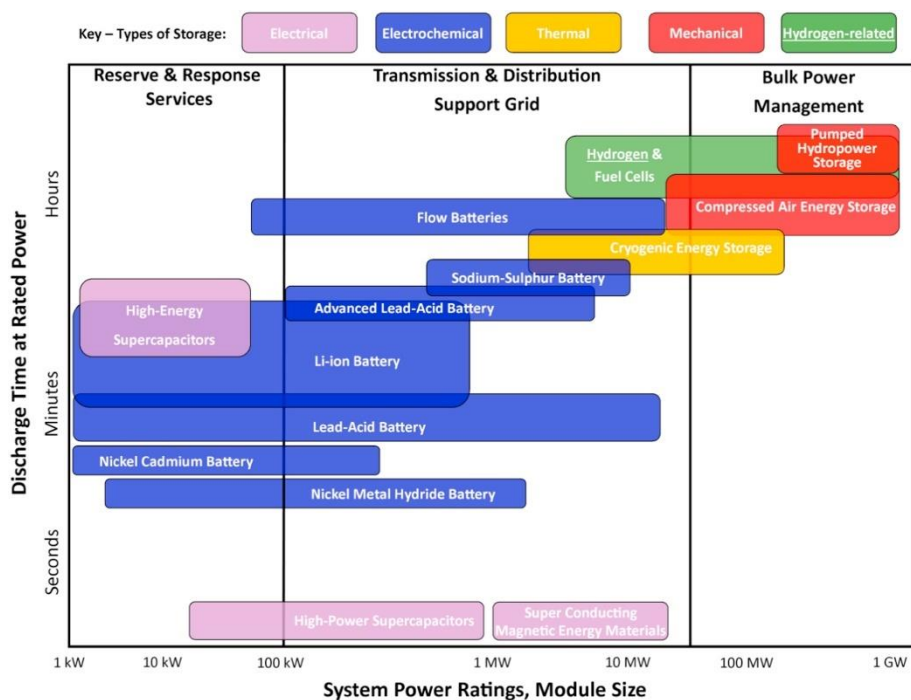
Φυσικά και χημικά, η αποθήκευση γίνεται μέσα σε επιλεγμένα υλικά. Πιο συγκεκριμένα, το υδρογόνο μπορεί να αποθηκευτεί στην επιφάνεια ενός υλικού μέσω προσρόφησης σε μοριακή ή μονοτονική μορφή. Επίσης, το υδρογόνο μπορεί να απορροφηθεί σε ένα στερεό υλικό, εφόσον έχει διαχωριστεί στα άτομα του, και να αποθηκευτεί στο κρυσταλλικό πλέγμα, όπως για παράδειγμα στα μεταλλικά υβρίδια. Τα μεταλλικά υβρίδια σχηματίζονται όταν ορισμένα μέταλλα αντιδρούν με αέριο υδρογόνο, συνήθως σε θερμοκρασία δωματίου.

Στις περιπτώσεις αποθήκευσης υψηλής ποσότητας υδρογόνου της τάξης των εκατομμυρίων m^3 για μεγάλα χρονικά διαστήματα, χρησιμοποιούνται υπόγειες φυσικές δεξαμενές. Οι φυσικές δεξαμενές ή κοιλάτες, πρέπει να μην επιτρέπουν τη διάχυση του υδρογόνου στην ατμόσφαιρα. Συνήθως, χαρακτηριστικό παράδειγμα για τα τοιχώματα των δεξαμενών είναι τα πορώδη πετρώματα, τα οποία είναι κορεσμένα με νερό.

Το υδρογόνο είναι δυνατόν ακόμη να αποθηκευτεί σε κυψέλες καυσίμου, δηλαδή μεγάλου μεγέθους μπαταρίες. Επίσης, χρησιμοποιείται με ευέλικτο τρόπο σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας, των μεταφορών, της ηλεκτρικής ενέργειας και των κατασκευών.

Στο Σχήμα 3.3 γίνεται σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας όσον αφορά το μέγεθος των μονάδων σε MW και το χρόνο αποφόρτισης. Το υδρογόνο χαρακτηρίζεται από υψηλό χρόνο αποφόρτισης και υψηλή δυνατότητα

αποθήκευσης ενέργειας σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας (Møller et al., 2017).



Σχήμα 3.3 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας όσον αφορά το μέγεθος των μονάδων σε MW και το χρόνο αποφόρτισης (Møller et al., 2017).

3.6 Μεταφορά

Η μεταφορά του υδρογόνου είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί, πρόκειται για έναν φορέα ενέργειας. Ο τόπος παραγωγής του μπορεί να διαφέρει από τον τόπο όπου υπάρχει ζήτηση ενέργειας. Ανάλογα με την τεχνολογία αποθήκευσης του, χρησιμοποιείται και διαφορετικός τρόπος μεταφοράς του.

Η μεταφορά του υδρογόνου γίνεται με αγωγούς ή σωληνώσεις, πλοία και οχήματα. Για τη μεταφορά μικρών ποσοτήτων υδρογόνου σε μεγάλες αποστάσεις το υδρογόνο μεταφέρεται με τη μορφή υγρού (LH₂).

Το υδρογόνο μπορεί να μεταφερθεί μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων σε αέρια μορφή. Οι αγωγοί μπορεί να έχουν μήκος ακόμη και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος μεταφοράς του υδρογόνου μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων είναι περίπου 50% υψηλότερο και ότι ο μεταφερόμενος όγκος του υδρογόνου περιέχει τρεις φορές μικρότερη ενέργεια σε σύγκριση με τον αντίστοιχο

όγκο του φυσικού αερίου (Ngô and Natowitz, 2016). Η πίεση του αερίου υδρογόνου εντός των σωληνώσεων είναι 10 – 100 bar. Η συνηθέστερη διάμετρος των σωλήνων είναι 10 – 30 cm και το κόστος στην περίπτωση των 30 cm εκτιμάται στο 1 εκατομμύριο Ευρώ ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Ngô and Natowitz, 2016).

Τα πλοία, τα οχήματα και τα τρένα τα οποία μεταφέρουν υδρογόνο είναι εφοδιασμένα με κινητές δεξαμενές. Τέτοιου είδους μεταφορά επιλέγεται στις περιπτώσεις μικρών ποσοτήτων υδρογόνου και για μικρές αποστάσεις. Οι συγκεκριμένες δεξαμενές πρέπει να μην υπερφορτώνονται και να μην υπερθερμαίνονται. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικοί μηχανισμοί και αυτοματισμοί μετρήσεων. Το υδρογόνο μπορεί να βρίσκεται είτε σε αέρια, είτε σε υγρή μορφή. Το πλεονέκτημα της υγρής μορφής είναι η υψηλότερη ποσότητα υδρογόνου η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο όγκο σε σύγκριση με την αέρια μορφή.

3.7 ΑΠΕ και Υδρογόνο

Μια εγκατάσταση ενός συστήματος ΑΠΕ είναι δυνατό παράγει υδρογόνο από την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας. Με την εγκατάσταση μιας κυψελίδας καυσίμου, η οποία χρησιμοποιεί ως καύσιμο το αποθηκευμένο οξυγόνο είναι δυνατό να παραχθεί και πάλι ηλεκτρική ενέργεια. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται μια σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξ ολοκλήρου από ΑΠΕ.

Για την παραγωγή 1 kg υδρογόνου απαιτούνται 9 kg νερού υψηλής καθαρότητας και 60 kWh ενέργειας σε μια τυπική μονάδα ηλεκτρόλυσης (Rievaj et al., 2019). Για την υγροποίηση του υδρογόνου, δηλαδή τη μετατροπή του σε υγρή φάση, απαιτούνται 13–15 kWh/kg για μια μεγάλη μεγέθους εγκατάσταση (Wijayanta et al., 2019). Το υδρογόνο έχει θερμογόνο δύναμη 33,3–39,4 kWh/kg στους 25°C και σε πίεση 1 atm (World Nuclear Association). Όταν το υδρογόνο συμπιέζεται στα 700 bar, η ενεργειακή του πυκνότητα γίνεται 1.556 kWh/m³ (Møller et al., 2017).

3.8 Ευρωπαϊκή Ένωση και Υδρογόνο

Το 2021, το υδρογόνο αντιπροσώπευε το 2% του ενεργειακού μείγματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκ του οποίου το 95% παράγεται από ορυκτά καύσιμα, τα οποία απελευθερώνουν 70 – 100 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος παραγωγής το ανανεώσιμου οξυγόνου το 2020 παρέμενε διπλάσιο σε σύγκριση με την παραγωγή υδρογόνου μέσω καύσης άνθρακα (Renewables 2021 Global Status Report). Το 2020 για την Ευρωπαϊκή Ένωση, το εκτιμώμενο κόστος για το υδρογόνου ορυκτών καυσίμων είναι περίπου 1,5 EUR/kg, για το υδρογόνο ορυκτών καυσίμων με δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) είναι 2 EUR/kg και για το ανανεώσιμο υδρογόνο είναι 2,5 – 5,5 EUR/kg. Για το ανανεώσιμο υδρογόνο, το κόστος μειώνεται με ταχείς ρυθμούς με την πάροδο των ετών και αναμένεται να μειωθεί στο ήμισυ το 2030 σε σύγκριση με το 2020 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το υδρογόνο περιλαμβάνει 3 φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά την περίοδο 2020–2024 και περιλαμβάνει την εγκατάσταση ηλεκτρολυτικών κυψελών ανανεώσιμου υδρογόνου με ισχύ τουλάχιστον 6 GW και την παραγωγή έως 1 εκατομμύριου τόνων ανανεώσιμου υδρογόνου. Η δεύτερη φάση αφορά την περίοδο 2025–2030 και περιλαμβάνει την εγκατάσταση ηλεκτρολυτικών κυψελών ισχύος τουλάχιστον 40 GW για την παραγωγή έως 10 εκατομμύριων τόνων ανανεώσιμου υδρογόνου. Το υδρογόνο σε αυτή την περίπτωση οφείλει να καταστεί αναπόσπαστο μέρος του ενοποιημένου ενεργειακού συστήματος. Η τρίτη φάση αφορά την περίοδο 2030–2050 και περιλαμβάνει την ανάπτυξη του υδρογόνου σε ευρεία κλίμακα σε όλους τους τομείς οι οποίοι είναι δύσκολο να απαλλαγούν από τις ανθρακούχες εκπομπές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

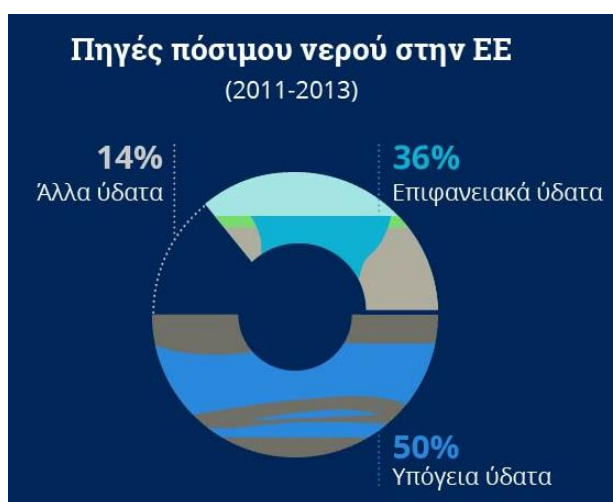
4. Αφαλάτωση

4.1 Γενικά στοιχεία

Αφαλάτωση πρόκειται για τη διαδικασία κατά την οποία αφαιρούνται τα διαλυμένα άλατα και άλλες στερεές ουσίες από το θαλασσινό νερό. Ο σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι να παραχθεί πόσιμο νερό. Πρόκειται για μια μέθοδο ανάκτησης πόσιμου νερού από το θαλασσινό νερό, τα υφάλμυρα ποτάμια και τις λίμνες.

Η αφαλάτωση ενδείκνυται να χρησιμοποιείται σε περιοχές όπου υπάρχει άφθονο θαλασσινό νερό και δεν υπάρχει πρόσβαση σε γλυκό νερό.

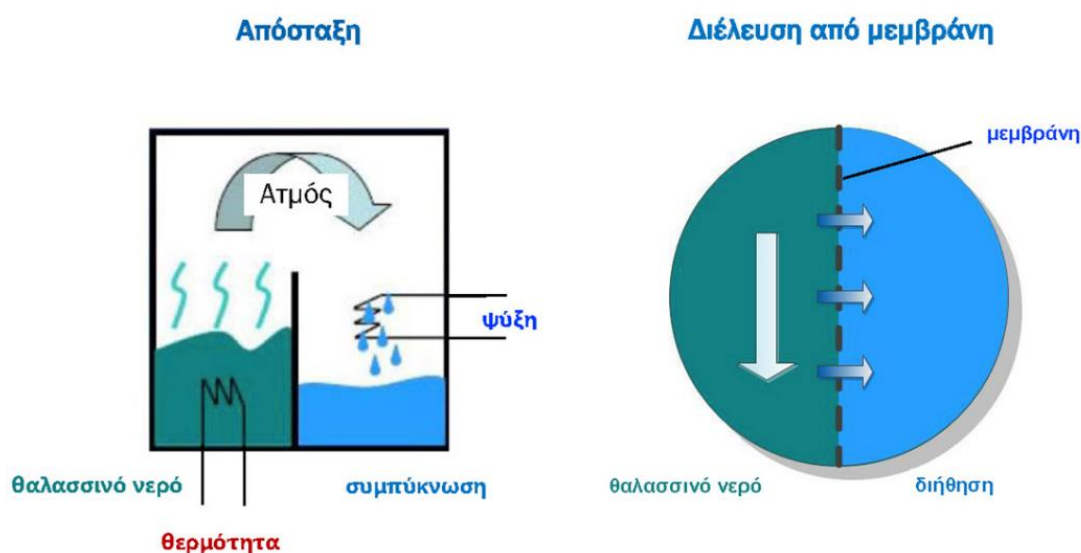
Στη Γη, το 97,5% του νερού πρόκειται για αλμυρό νερό. Μόνο το 0,3% βρίσκεται στα ποτάμια, στις λίμνες και στα επιφανειακά ύδατα (Saldivia et al., 2018). Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζονται οι πηγές πόσιμου νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση το χρονικό διάστημα 2011–2013. Παρατηρείται ότι το 50% του πόσιμου προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα, το 36% προέρχεται από τα επιφανειακά ύδατα και το υπόλοιπο 14% προέρχεται από άλλα ύδατα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή).



Σχήμα 4.1 Πηγές πόσιμου νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

4.2 Μέθοδοι Αφαλάτωσης

Υπάρχουν δύο κατηγορίες μεθόδων αφαλάτωσης. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις θερμικές τεχνολογίες, κατά τις οποίες το τροφοδοτούμενο νερό θερμαίνεται και στη συνέχεια ο ατμός συμπυκνώνεται ως καθαρό νερό. Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις τεχνολογίες μεμβράνης, δηλαδή οι μεμβράνες χωρίζουν το νερό από τα άλατα και τις προσμίξεις τις οποίες έχει. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις τεχνολογίες μεμβράνης, οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε μια μόνο φάση, την υγρή, ενώ στις θερμικές τεχνολογίες πραγματοποιείται αλλαγή φάσης. Οι δύο κατηγορίες μεθόδων αφαλάτωσης φαίνονται στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2 Δύο κατηγορίες μεθόδων αφαλάτωσης (Πηγή: MOY).

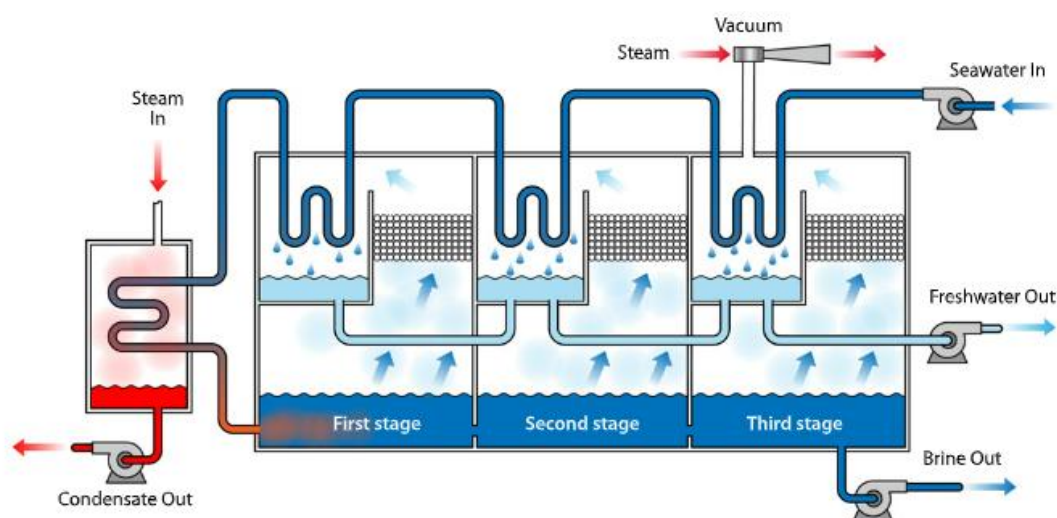
Οι θερμικές τεχνολογίες είναι η Πολυβάθμια Εκτόνωση (Multi-Stage Flashing – MSF), η Πολυβάθμια Εξάτμιση (Multiple Effect Distillation – MED), η Εξάτμιση με Επανασυμπίεση Ατμών (Vapor Compression – VC) και η Ηλιακή Απόσταξη (Solar Distillation).

Οι τεχνολογίες μεμβράνης είναι η Αντίστροφη Ώσμωση (Reverse Osmosis – RO) και η Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis – ED).

Οι 3 κύριες μέθοδοι αφαλάτωσης οι οποίες χρησιμοποιούνται και τα ποσοστά τους στον τομέα της αφαλάτωσης είναι η αντίστροφη ώσμωση κατά 60%, η πολυβάθμια εκτόνωση κατά 26% και η πολυβάθμια εξάτμιση κατά 8% (Saldivia et al., 2018).

4.3 Πολυβάθμια Εκτόνωση

Η πολυβάθμια εκτόνωση αποτελεί μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους αφαλάτωσης. Για την πραγματοποίησή της απαιτείται θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Η δυναμικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι 10.000–35.000 m³/ημέρα (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013). Εκτελείται σε πολλαπλά διαδοχικά στάδια. Κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία, αρχικά το θαλασσινό νερό θερμαίνεται σε ένα δοχείο, σε θερμοκρασία 90–110°C, το οποίο ονομάζεται βραστήρας άλμης. Για να συμβεί αυτό, συμπυκνώνεται ο ατμός σε μια σειρά σωλήνων οι οποίοι μεταφέρουν το θαλασσινό νερό διαμέσου του βραστήρα άλμης. Στη συνέχεια, το θερμό νερό μεταφέρεται σε ένα άλλο δοχείο, το οποίο ονομάζεται βαθμίδα (First stage). Εκεί η περιβάλλουσα πίεση είναι χαμηλότερη από το βραστήρα άλμης. Η μετάβαση του θερμού νερού απότομα σε χαμηλότερη πίεση προκαλεί τον ταχύτατο βρασμό του και την απότομη μετατροπή του σε ατμό. Ένα μικρό ποσοστό του νερού μετατρέπεται σε ατμό και το υπόλοιπο μεταφέρεται σε μια σειρά από πρόσθετες βαθμίδες, κάθε μια από τις οποίες έχει χαμηλότερη περιβάλλουσα πίεση από την προηγούμενη. Όσον αφορά τον ατμό ο οποίος παράγεται, συμπυκνώνεται σε κατάλληλους σωλήνες που βρίσκονται σε κάθε βαθμίδα και πρόκειται για το παραγόμενο καθαρό νερό. Πρόκειται για τη δεύτερη πιο συνηθισμένη μέθοδο αφαλάτωσης μετά την αντίστροφη ώσμωση. Στο Σχήμα 4.3 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης.

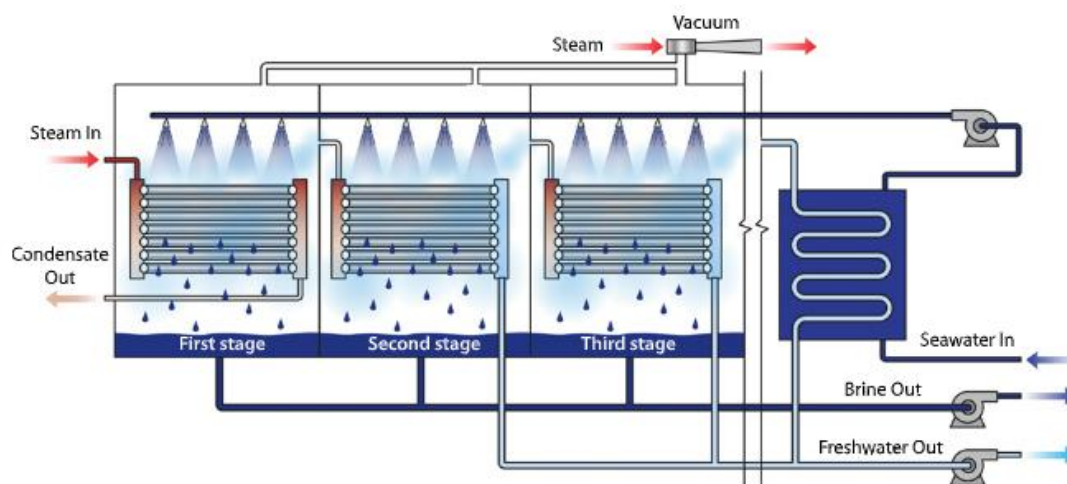


Σχήμα 4.3 Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

4.4 Πολυβάθμια Εξάτμιση

Η πολυβάθμια εξάτμιση εκτελείται επίσης σε διαδοχικά στάδια, συνήθως από 2 έως 16, κάθε ένα από τα οποία έχει χαμηλότερη πίεση από το προηγούμενο. Τα κύρια μέρη ενός τέτοιου συστήματος είναι η πηγή θέρμανσης, ο αποστακτήρας, ο συμπυκνωτής των ατμών και ο διαχωριστής, ο οποίος παγιδεύει τις λεπτές σταγόνες της άλμης και τις αποχωρίζει από τον ατμό. Στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται η θέρμανση του θαλασσινού νερού σε θερμοκρασία γύρω στους 70°C. Ένα μέρος του νερού εξατμίζεται και ρέει στους σωλήνες του επόμενου σταδίου. Με αυτό τον τρόπο θερμαίνεται το επιπλέον νερό και παράγονται ατμοί. Πρακτικά, σε κάθε στάδιο επαναχρησιμοποιείται η ενέργεια του προηγούμενου.

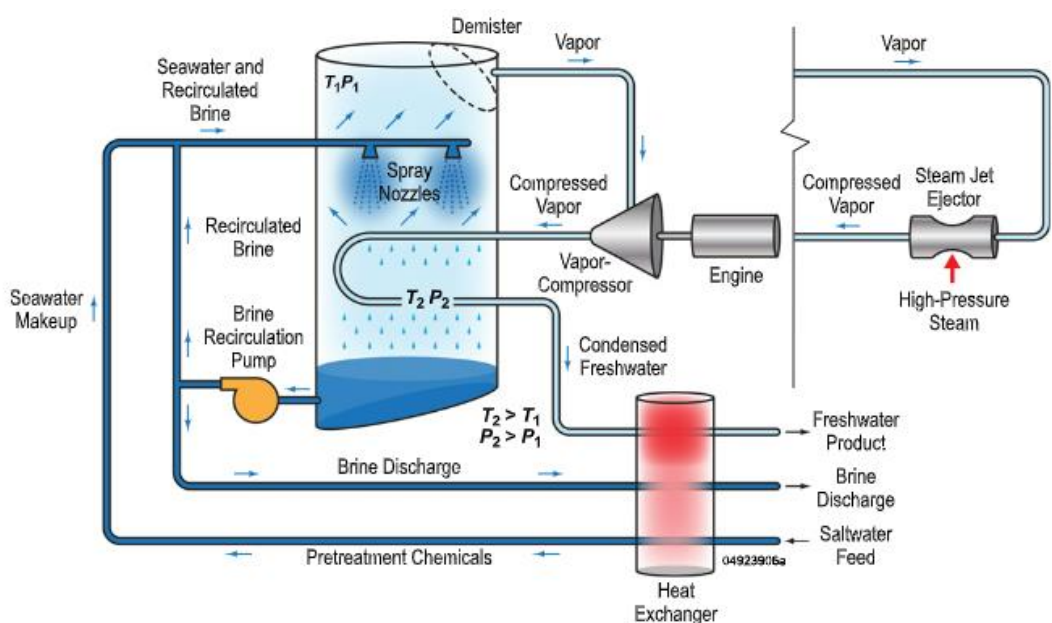
Η πολυβάθμια εξάτμιση είναι θερμοδυναμικά πιο αποδοτική σε σύγκριση με την πολυβάθμια εκτόνωση. Η πολυβάθμια εξάτμιση είναι ιδανική για ποσότητες νερού 600–30.000 m³/ημέρα (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013) και απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας αλλά και κόστους εγκατάστασης. Η ενέργεια η οποία απαιτείται για την πολυβάθμια εκτόνωση είναι 2–3 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με την αντίστροφη ώσμωση (Toth, 2020). Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης.



Σχήμα 4.4 Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

4.5 Εξάτμιση με Επανασυμπίεση Ατμών

Η εξάτμιση με επανασυμπίεση υδρατμών αφορά τη διαδικασία απόσταξης κατά την οποία ο ατμός, που εξατμίζεται από το θαλασσινό νερό, λαμβάνεται από μια διάταξη θερμότητας η οποία το συμπιέζει. Η συμπίεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με 2 τρόπους. Ο πρώτος είναι η Μηχανική Συμπίεση Ατμού (Mechanical Vapor Compression – MVC) και ο δεύτερος είναι η Θερμική Συμπίεση Ατμού (Thermal Vapor Compression – TVC). Οι συγκεκριμένες μέθοδοι αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται για μικρές ποσότητες νερού, για τη μηχανική συμπίεση ατμού 100–3.000 m³/ημέρα και για τη θερμική συμπίεση ατμού 10.000–30.000 m³/ημέρα (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013). Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με επανασυμπίεση υδρατμών.



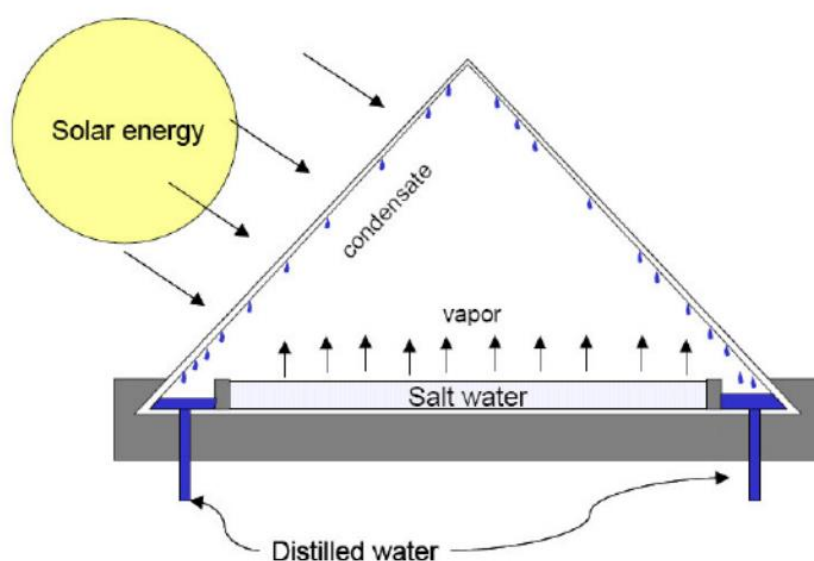
Σχήμα 4.5 Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με επανασυμπίεσης ατμών (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

4.6 Ηλιακή Απόσταξη

Η ηλιακή απόσταξη πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται μέσα από μια διαφανή επιφάνεια, συνήθως γυάλινη, και θερμαίνεται το θαλασσινό νερό, το οποίο βρίσκεται στον πυθμένα. Το θαλασσινό νερό εξατμίζεται και ανυψώνεται προς την οροφή, η οποία είναι κεκλιμένη. Έπειτα, καθώς προσκρούει ο ατμός στην

οροφή, συμπυκνώνεται και συλλέγεται ως καθαρό αποσταγμένο νερό από κατάλληλη διάταξη.

Η μέθοδος της ηλιακής απόσταξης χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου το νερό είναι δυσεύρετο λόγω καιρού, κάποιου ατυχήματος και καταστροφής. Η απόδοση της μεθόδου είναι χαμηλή καθώς η μέγιστη παραγωγή πόσιμου νερού είναι 3,94 λίτρα ανά m^2 απορροφούμενης επιφάνειας την ημέρα, για ηλιακή ακτινοβολία έντασης 130–859 W/m^2 (Pannucharoenwong et al., 2019). Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης.



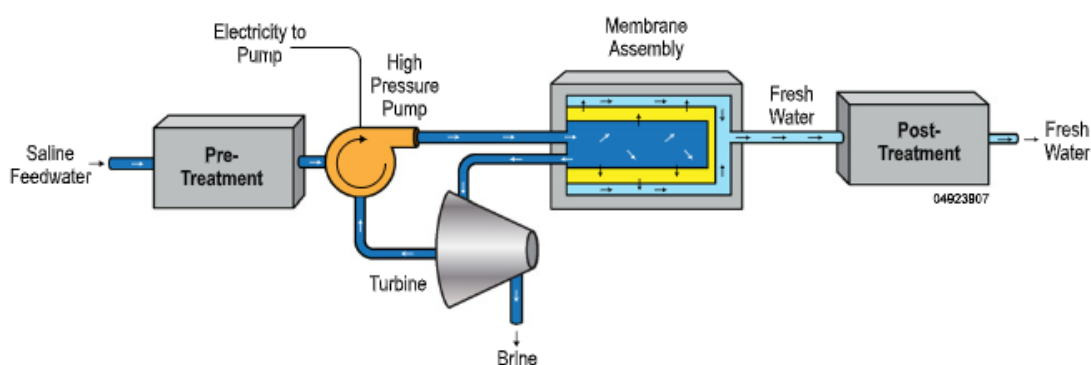
Σχήμα 4.6 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της ηλιακής απόσταξης (Eltawil et al., 2008).

4.7 Αντίστροφη Ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση πραγματοποιείται με τη χρήση ημιπερατών μεμβρανών, οι οποίες επιτρέπουν στο καθαρό νερό να διέλθει και όχι τα άλατα. Εφαρμόζεται για την επεξεργασία τόσο του υφάλμυρου όσο και του θαλασσινού νερού. Ένα τέτοιου είδους σύστημα αφαλάτωσης αποτελείται από 4 μέρη τα οποία είναι η προεπεξεργασία (Pre-Treatment), η αντλία υψηλής πίεσης (High Pressure Pump), η μεμβράνη (Membrane Assembly) και η τελική επεξεργασία (Post-Treatment).

Στην προεπεξεργασία υπάρχουν φίλτρα, μέθοδοι αποστείρωσης και προσθήκη χημικών για την προστασία των μεμβρανών από τα άλατα και τους μικροοργανισμούς. Η αντλία υψηλής πίεσης χρησιμοποιείται για τη διέλευση του

νερού από τις μεμβράνες και λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Η πίεση η οποία χρειάζεται είναι 17–27 bars για υφάλμυρο νερό και 55–82 bars για θαλασσινό νερό. Οι μεμβράνες σχεδιάζονται ώστε το παραγόμενο νερό να περιέχει λιγότερο από 500 ppm άλατα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μεμβρανών με τις πιο συνηθισμένες να είναι εκείνες με σπειροειδή τυλίγματα (Spiral Wound) και με κοίλα νήματα (Hollow Fine Fiber). Στην τελική επεξεργασία απομακρύνονται αέρια, όπως το υδρόθειο, και ρυθμίζεται η οξύτητα (pH). Η αντίστροφη ώσμωση αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο αφαλάτωσης και η ποσότητες νερού είναι από 0,1 m³/ημέρα για θαλάσσιες και οικιακές χρήσεις έως 395.000 m³/ημέρα για εμπορική χρήση (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013). Αξίζει να σημειωθεί ότι σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεθόδους αφαλάτωσης, υπάρχει η λειτουργική δαπάνη, η οποία αφορά την αντικατάσταση των μεμβρανών. Στο Σχήμα 4.7 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της αντίστροφης ώσμωσης.



Σχήμα 4.7 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της αντίστροφης ώσμωσης (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).

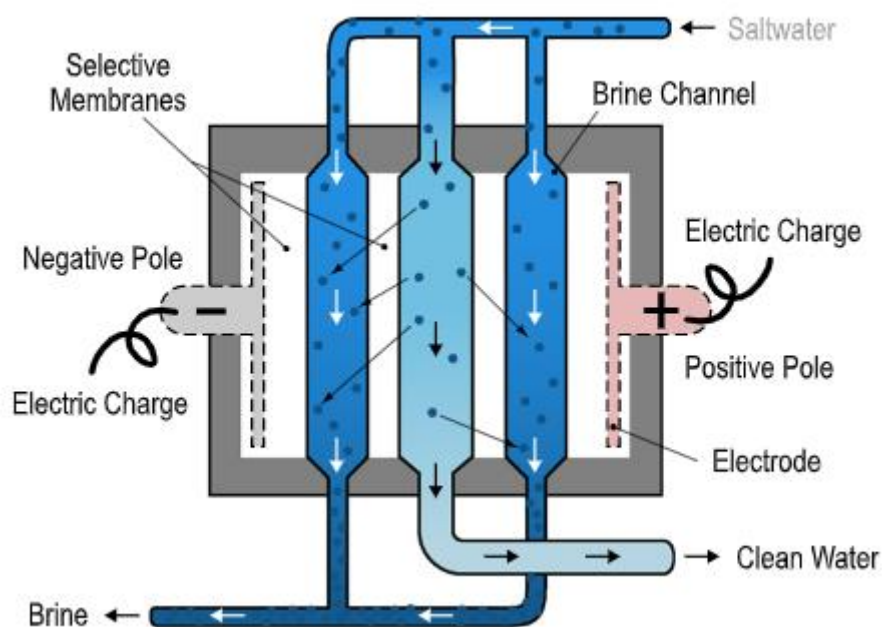
4.8 Ηλεκτροδιάλυση

Η ηλεκτροδιάλυση πρόκειται για μια ηλεκτροχημική μέθοδο διαχωρισμού, η οποία πραγματοποιείται σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης. Είναι η διαδικασία κατά την οποία το θαλασσινό νερό διέρχεται μέσα από ένα σύστημα ηλεκτρικά φορτισμένων μεμβρανών, οι οποίες διαχωρίζουν τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων και τα απομακρύνουν από το παραγόμενο νερό. Η φόρτιση των μεμβρανών πραγματοποιείται εφαρμόζοντας ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο διάλυμα. Οι μεμβράνες

ουσιαστικά απορροφούν και απομακρύνουν τα ιόντα του νερού αφήνοντας στον κεντρικό θάλαμο νερό με λιγότερα άλατα και πιο καθαρό.

Η ενέργεια, η οποία απαιτείται για τη λειτουργία της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων. Συνεπώς, προτιμάται η χρήση της μεθόδου σε περιπτώσεις υφάλμυρων νερών, που οι συγκεντρώσεις των αλάτων είναι χαμηλές.

Στην αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση (Reverse Electrodialysis) γίνεται αντιστροφή των πεδίων και η πολικότητα των ηλεκτροδίων μεταβάλλεται περιοδικά. Το ρεύμα συμπυκνώματος παίρνει τη θέση του ρεύματος τροφοδοσίας και αντίστροφα. Η συγκεκριμένη διαδικασία της αντιστροφής αυξάνει τη διάρκεια ζωής των ηλεκτροδίων και συμβάλει στον καθαρισμό των μεμβρανών. Στην περίπτωση όπου οι μεμβράνες λειτουργούν με την ίδια φορά συνεχώς, σχηματίζονται ιζήματα στις πλευρές του συμπυκνώματος. Η δυναμικότητα μιας μονάδας ηλεκτροδιάλυσης κυμαίνεται στα 2–145.000 m³/ημέρα (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013). Στο Σχήμα 4.8 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της ηλεκτροδιάλυσης.



Σχήμα 4.8 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της ηλεκτροδιάλυσης (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).

4.9 Σύγκριση Μεθόδων Αφαλάτωσης

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα μεγέθη των εγκαταστάσεων, τις καταναλώσεις ενέργειας και την ποιότητα του παραγόμενου νερού των κύριων μεθόδων αφαλάτωσης, οι οποίες είναι η πολυβάθμια εκτόνωση, η πολυβάθμια εξάτμιση, η εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών με μηχανική και με θερμική συμπίεση ατμού, η αντίστροφη ώσμωση και η ηλεκτροδιάλυση. Η απαιτούμενη ενέργεια είναι δύο μορφών, θερμική και ηλεκτρική, και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το μέγεθος της εγκατάστασης, ο σχεδιασμός των μονάδων, τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται και η ροή του θαλασσινού νερού το οποίο εισέρχεται στην εγκατάσταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η απαιτούμενη ενέργεια στις θερμικές μεθόδους αφαλάτωσης δεν εξαρτάται από την ποσότητα σε άλατα του νερού, το οποίο εισέρχεται, ενώ στις τεχνολογίες μεμβράνης εξαρτάται από την ποσότητα των αλάτων του εισερχόμενου νερού (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).

Στην αντίστροφη ώσμωση η απαιτούμενη ενέργεια είναι 3–4 φορές λιγότερη σε σύγκριση με την πολυβάθμια εκτόνωση και 2–3 φορές λιγότερη σε σύγκριση με την πολυβάθμια εξάτμιση (Toth, 2020). Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι απαιτείται σημαντική ενέργεια για την εξάτμιση του νερού. Ο δεύτερος είναι ότι υπάρχει διαρκής εξέλιξη στις τεχνολογίες των μεμβρανών, το οποίο οδηγεί στη μείωση της κατανάλωσης τους σε ενέργεια. Η αντίστροφη ώσμωση δεν απαιτεί θερμική ενέργεια, χρειάζεται μόνο ηλεκτρική. Ενώ η πολυβάθμια εκτόνωση και η πολυβάθμια εξάτμιση απαιτούν και τις δύο μορφές ενέργειας (Toth, 2020).

Για το υφάλμυρο νερό, οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αφαλάτωσης του είναι η αντίστροφη ώσμωση και η ηλεκτροδιάλυση. Πιο συγκεκριμένα, η αντίστροφη ώσμωση είναι πιο αποδοτική για περισσότερα από 5.000 ppm ολικά διαλυμένα στερεά και η ηλεκτροδιάλυση για λιγότερο από 5.000 ppm ολικά διαλυμένα στερεά (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013). Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα κύρια μεγέθη και τα χαρακτηριστικά βασικών μεθόδων αφαλάτωσης.

Πίνακας 4.1 Κύρια μεγέθη και χαρακτηριστικά των βασικών μεθόδων αφαλάτωσης (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

	Πολυβάθμια Εκτόνωση	Πολυβάθμια Εξάτμιση	Εξάτμιση με Επανασυμπίεση Ατμών		Αντίστροφη ώσμωση		Ηλεκτρο- διάλυση
			Μηχανική Συμπίεση Ατμού	Θερμική Συμπίεση Ατμού	με σπειροειδή τυλίγματα	με κοίλα νήματα	
Μέγεθος εγκατάστασης (m ³ /d)	50.000– 70.000	5.000– 15.000	100– 3.000	10.000– 30.000	Έως 128.000	Έως 98.000	2–145.000
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/m ³)	2,5–5	2–2,5	7–12	1,8–1,6	4–6 (με ανάκτηση ενέργειας)	1,5–2,5	2,64–5,5
Κατανάλωση θερμικής ενέργειας (MJ/m ³)	190–282	145–230	–	227	–	–	–
Ισοδύναμη ηλεκτρική σε θερμική ενέργεια (kWh/m ³)	15,83–23,5	12,2–19,1	–	14,5	–	–	–
Συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh/m ³)	19,58–27,25	14,45–21,35	7–12	16,26	4–6	1,5–2,5	2,64–5,5 & 0,7–2,5 για χαμηλά ολικά διαλυμένα στερεά
Ποιότητα παραγόμενου νερού (ppm)	≈10	≈10	≈10	≈10	400–500	200–500	150–500

Όσον αφορά το οικονομικό κόστος των διαφόρων μεθόδων αφαλάτωσης, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται. Μερικοί είναι η ποιότητα του νερού που εισάγεται, το κόστος του κεφαλαίου της εγκατάστασης, το κόστος της ενέργειας, το κόστος της εργασίας και της συντήρησης, το κόστος της διάθεσης του συμπυκνώματος των μεμβρανών και το επιτόκιο. Στις θερμικές τεχνολογίες το ενεργειακό κόστος αντιστοιχεί στο 60% του κόστους παραγωγής νερού και στις τεχνολογίες μεμβρανών αντιστοιχεί στο 44% αντίστοιχα (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

Στον Πίνακα 4.2 απεικονίζονται τα κόστη του παραγόμενου νερού εκφρασμένα σε US\$/m³ για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης ανάλογα με τη χωρητικότητα τους και το είδος του νερού εισαγωγής.

Πίνακας 4.2 Κόστη παραγόμενου νερού εκφρασμένα σε US\$/m³ για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης ανάλογα με τη χωρητικότητα τους και το είδος του νερού εισαγωγής (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).

Μέθοδος αφαλάτωσης	Είδος νερού εισαγωγής	Κόστος παραγόμενου νερού (US\$/m ³)
Πολυβάθμια Εκτόνωση	Θαλασσινό	
23.000–528.000 m ³ /ημέρα		0,56–1,75
Πολυβάθμια Εξάτμιση	Θαλασσινό	
91.000–320.000 m ³ /ημέρα		0,52–1,01
12.000–55.000 m ³ /ημέρα		0,95–1,5
Έως 100 m ³ /ημέρα		2,0–8,0
Εξάτμιση με Επανασυμπύεση Ατμών	Θαλασσινό	
30.000 m ³ /ημέρα		0,87–0,95
1.000 m ³ /ημέρα		2,0–2,6
Αντίστροφη Ώσμωση	Θαλασσινό	
100.000–320.000 m ³ /ημέρα		0,45–0,66
15.000–60.000 m ³ /ημέρα		0,48–1,62
1.000–4.800 m ³ /ημέρα		0,7–1,72
Αντίστροφη Ώσμωση	Υφάλμυρο	
Μεγάλη χωρητικότητα: 40.000 m ³ /ημέρα		0,26–0,54
Μεσαία χωρητικότητα: 20–1.200 m ³ /ημέρα		0,78–1,33
Μικρή χωρητικότητα		0,56–12,99
Ηλεκτροδιάλυση	Υφάλμυρο	
Μεγάλη χωρητικότητα		0,6
Μικρή χωρητικότητα		1,05

Όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης απαιτούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Αυτή την ενέργεια είναι σημαντικό να την καλύπτουμε από τις ΑΠΕ, κυρίως την ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας με εφαρμογές κυρίως στην αντίστροφη ώσμωση. Η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται κατά δύο περιπτώσεις στην αφαλάτωση. Όταν η γεωθερμική πηγή έχει υψηλή πίεση, αξιοποιείται απευθείας σε μηχανικές μεθόδους αφαλάτωσης και όταν έχει υψηλή θερμοκρασία παράγεται ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της αντίστροφης ώσμωσης, της ηλεκτροδιάλυσης και της εξάτμισης με επανασυμπύεση ατμών με μηχανική συμπίεση ατμού. Οι θερμικές

τεχνολογίες αφαλάτωσης αξιοποιούν απευθείας τη θερμότητα από τη γεωθερμική ενέργεια (Al-Karaghoulι and Kazmerski, 2013).

5. Γενικά χαρακτηριστικά της Σκύρου

5.1 Σκύρος

Η Σκύρος είναι το νοτιότερο νησί των Βόρειων Σποράδων, το οποίο βρίσκεται στο κέντρο του Αιγαίου, ανατολικά της Εύβοιας σε απόσταση περίπου 30 χιλιομέτρων. Ο πληθυσμός, σύμφωνα με απογραφή του 2011 είναι 2.994 κάτοικοι (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011). Η έκταση της είναι 220,45 km². Το μέγιστο μήκος είναι 29 χιλιόμετρα, το ελάχιστο πλάτος 3 χιλιόμετρα και το μήκος των ακτών 134 χιλιόμετρα.

Οι κάτοικοι της Σκύρου ασχολούνται κυρίως με τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την αλιεία, την ελαφρά βιομηχανία και τη συλλογή ρητινών. Επιπλέον, η Σκύρος παρουσιάζει ήπια τουριστική ανάπτυξη.

Κατά το μεγαλύτερο τμήμα του το νησί είναι ορεινό. Διακρίνεται από δύο ορεινούς όγκους, το βόρειο και το νότιο τμήμα. Στο βόρειο τμήμα υπάρχει η κορυφή Όλυμπος με υψόμετρο 403 m και επικρατεί πυκνό πευκόδασος. Στο νότιο τμήμα υπάρχει το όρος Κόχυλα με υψόμετρο 792 m και τα βουνά είναι βραχώδη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι Σκύρος είναι ένα νησί πολυβραβευμένο για τις φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις και την υλοποίηση του «Skyros Project» από το καλοκαίρι του 2015. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα περιβαλλοντικής επικοινωνίας που προέκυψε από τη συνεργασία μεταξύ του Τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με το Τμήμα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου και το Λιμενικό Ταμείο Σκύρου (ΛΤ Σκύρου, ΝΠΔΔ), το φορέα Διοίκησης και Εκμετάλλευσης του Λιμένα της Σκύρου.



Σχήμα 5.1 Το νησί της Σκύρου (Πηγή: <https://www.google.com/maps/>).

5.2 Διοικητική Υπαγωγή Σκύρου

Η Σκύρος υπάγεται στο Δήμο Σκύρου, της Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας, του Νομού Ευβοίας, της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Ο Δήμος Σκύρου αποτελεί έναν από τους 8 δήμους της Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας.

Η πρωτεύουσα του νησιού είναι η Χώρα, η οποία βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού προς το Αιγαίο Πέλαγος.

Ο Δήμος Σκύρου περιλαμβάνει του παρακάτω οικισμούς και νησίδες: η Σκύρος, ο Ασπούς, η Ατσιτσα, οι Αχερούνες, το Αχίλλι, η Βάλαξα (νησίδα), οι Έξω Ποδιές (νησίδα), η Καλαμίτσα, το Καλικρί, η Κυρά Παναγιά, η Λιναριά, το Λουτρό, η Μελά, τα Μέσα Πόδια (νησίδα), ο Μώλος, το Νύφι, ο Πεύκος, η Ρήνεια (Ερηνιά) (νησίδα), το Σαρακηνό (νησίδα), η Σκυροπούλα (νησίδα) και το Τραχύ.

5.3 Ιστορία και Παράδοση

Η Σκύρος οφείλει το όνομα της στη «Σκυριά ποικίλη λίθο». Πρόκειται για το περίφημο σκυριανό χρωματιστό μάρμαρο με το οποίο στόλιζαν τα αρχοντικά τους οι Ρωμαίοι.

Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία, ο Θησέας πέθανε στη Σκύρο και ο Νεοπτόλεμος, γιος του Αχιλλέα, ήταν από τη Σκύρο, όπως δηλώνεται στο έργο του Σοφοκλή, Φιλοκτήτης.

Κατά τη διάρκεια της Βυζαντινής εποχής, η Σκύρος ανήκε στο θέμα Αιγαίου. Το 1204, μαζί με τις υπόλοιπες Σποράδες, πέρασε στην κατοχή των αδελφών Γκίζη και συγκεκριμένα του Ιερεμία Γκίζη. Έπειτα, το 1538, το νησί κατελήφθη από το Χαϊρεντίν Μπαρμπαρόσα και έγινε τμήμα της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας. Το νησί απέκτησε προνόμια και δεν είχε τουρκική φρουρά, αλλά υπέφερε από τις επιδρομές πειρατών, με αποτέλεσμα οι κάτοικοί του να καταφύγουν στο Κάστρο.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το νησί συμμετείχε στην Ελληνική Επανάσταση του 1821, προσφέροντας οικονομική και ναυτική βοήθεια. Αργότερα, το 1829, εντάχθηκε στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος μαζί με τις Σποράδες.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στους αρχαιολογικούς χώρους, τα μουσεία και τα αξιοθέατα της Σκύρου.

Το Παραμάρι Σκύρου πρόκειται για έναν προϊστορικό οικισμό στην παραλία του Παλαμαρίου, όπου βρίσκεται στα βόρεια παράλια. Ο οικισμός χρονολογείται από την πρώιμη και μέση περίοδο του χαλκού (2500–1800 π.Χ.).

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Σκύρου περιέχει συλλογές με ευρήματα, τα οποία προέρχονται από διάφορες αρχαιολογικές θέσεις στο νησί. Χρονολογούνται από την πρωτοελλαδική περίοδο (2800–1900 π.Χ.) έως και τα ρωμαϊκά χρόνια, αρχιτεκτονικά μέλη και γλυπτά διαφόρων περιόδων. Επίσης, υπάρχουν σαρκοφάγοι από την πρωτογεωμετρική περίοδο.

Το Λαογραφικό Μουσείο, το οποίο ονομάζεται Μουσείο του Μάνου Φαλτάιτς είναι από τα πρώτα τοπικά–ιστορικά Λαογραφικά Μουσεία της Ελλάδας. Ιδρύθηκε το 1964 και εκθέτει τον παραδοσιακό πολισμό και την ιστορία της Σκύρου.

Η πλατεία Ρούπερτ Μπρούκ βρίσκεται στη Χώρα και έχει θέα το Αιγαίο. Είναι αφιερωμένη στο φιλέλληνα Άγγλο ποιητή Ρούπετ Μπρούκ και την «αιώνια ποίηση».

Ο γλύπτης Γεώργιος Λάμπρου, είναι ένας σημαντικός καλλιτέχνης ο οποίος δημιουργεί μεγαλειώδη έργα τέχνης. Γεννήθηκε στη Σκύρο και αρκετά από τα έργα του βρίσκονται σε Μουσεία και ιδιωτικές συλλογές σε διάφορα μέρη της Ελλάδος και στο Νησί (<https://www.skyros.gr/>).

5.4 Κλιματικές – Μετεωρολογικές Συνθήκες Περιοχής

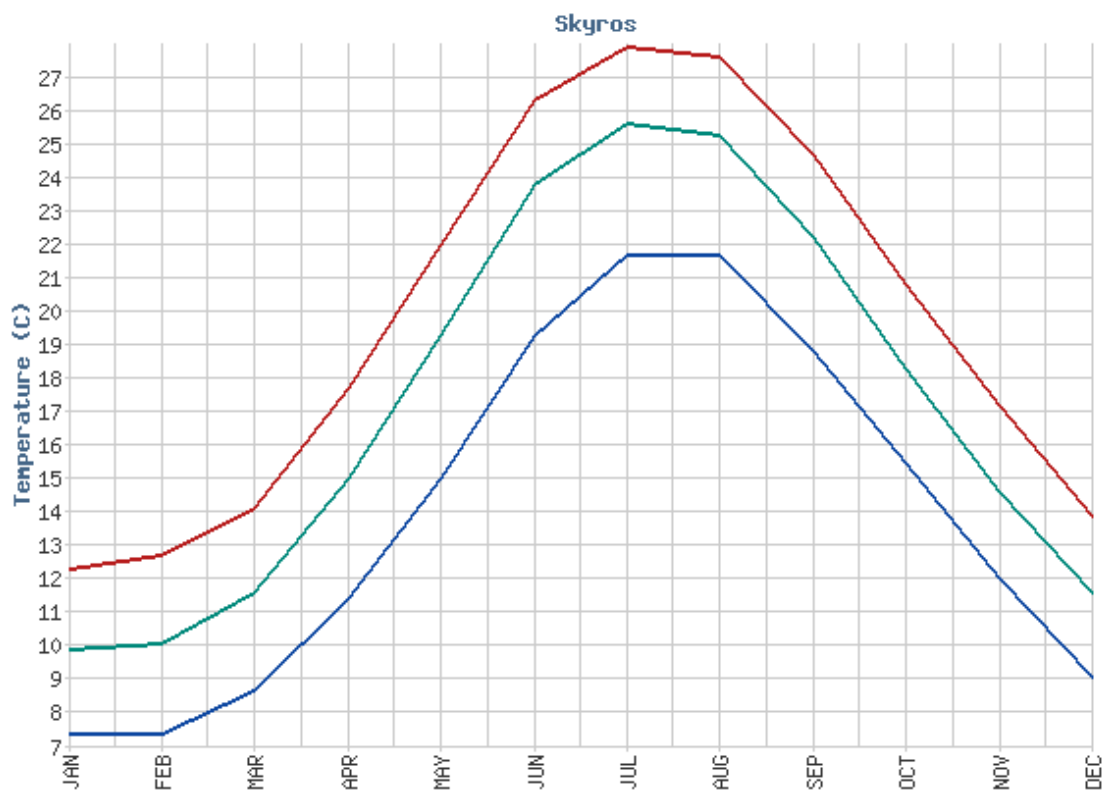
Τα δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια αφορούν τις κλιματικές και τις μετεωρολογικές συνθήκες της Σκύρου, από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς. Ο ένας ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) και ο άλλος στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ).

Για τα έτη 1955–2010 έχουν ληφθεί δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της EMY, ο οποίος βρίσκεται στο αεροδρόμιο του νησιού, σε Γεωγραφικό Πλάτος (Lat): 38,96° N, Γεωγραφικό Μήκος (Lon): 24,49° E και Ύψος (Alt): 21 m.

Επιπλέον, έχουν ληφθεί δεδομένα για τα έτη 2011–2020 από μετεωρολογικό σταθμό του ΕΑΑ, ο οποίος βρίσκεται στη θέση Οικία Κυριάκου Αντωνόπουλου στην περιοχή Λιναριά, σε οροφή κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται σε Γεωγραφικό Πλάτος (Lat): 38,84186° N, Γεωγραφικό Μήκος (Lon): 24,53584° E και Ύψος (Alt) 23 m. Το ύψος των αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας είναι 2 m, το ύψος του ανεμομέτρου 4 m. Ο μετεωρολογικός σταθμός είναι της εταιρίας Davis, μοντέλο Vantage Pro2 (ΕΑΑ).

Το κλίμα της Σκύρου είναι μεσογειακό. Χαρακτηρίζεται από δροσερά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17°C. Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις, παρατηρούνται κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σε σπάνιες περιπτώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, κυρίως ως σύντομες καταιγίδες. Το συνολικό ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται στα 500 mm. Ακόμη, οι χιονοπτώσεις παρουσιάζονται σποραδικά το χειμώνα (EMY).

Στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 5.2 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας για τα έτη 1955 – 2010, σύμφωνα με τα δεδομένα της EMY. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, με πράσινο χρώμα η μέση μηνιαία θερμοκρασία και με μπλε χρώμα η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία.



Σχήμα 5.2 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: ΕΜΥ).

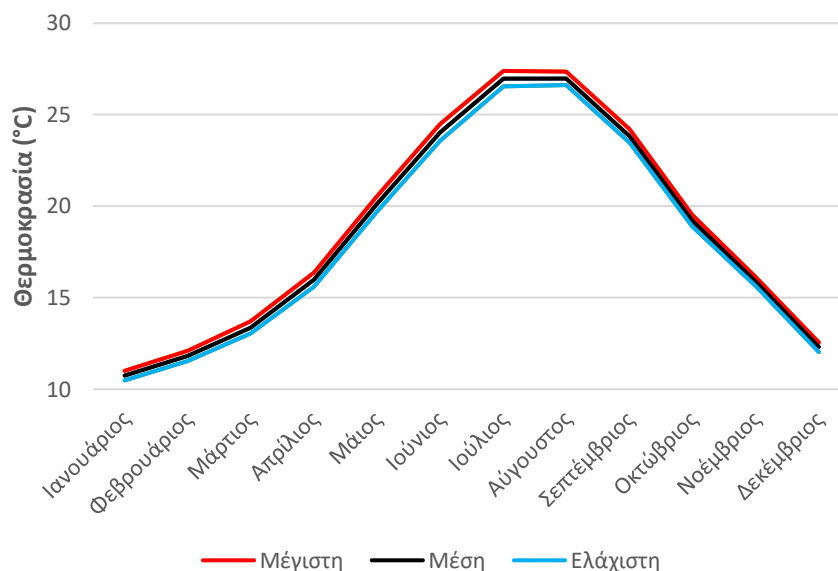
Αναλυτικότερα οι τιμές της θερμοκρασίας του γραφήματος απεικονίζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Ελάχιστες, Μέσες και Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: ΕΜΥ).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	7,4	7,4	8,7	11,4	15,0	19,3	21,7	21,7	18,8	15,5	12,0	9,1
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	9,9	10,1	11,6	15,0	19,3	23,8	25,6	25,3	22,2	18,3	14,6	11,6
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	12,3	12,7	14,1	17,7	22,0	26,3	27,9	27,6	24,7	20,8	17,2	13,9

Από το γράφημα του Σχήματος 5.2, για τα έτη 1955–2010, προκύπτει ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται τον Ιούλιο (27,9°C) και οι ελάχιστες θερμοκρασίες τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο (7,4°C) (ΕΜΥ).

Στη συνέχεια, ακολουθεί αντίστοιχο γράφημα του Σχήματος 5.3 για την ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας, για τα έτη 2011 – 2020, σύμφωνα με τα δεδομένα από το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.3 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

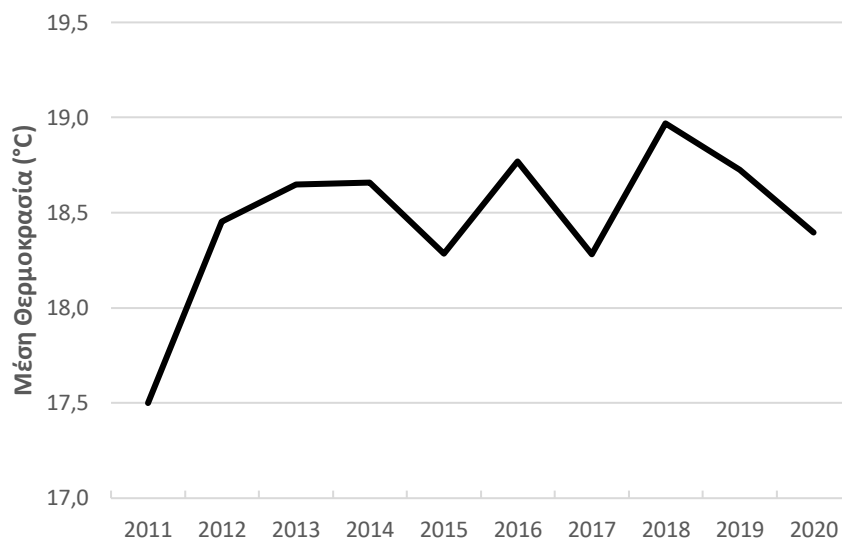
Οι τιμές του παραπάνω γραφήματος του Σχήματος 5.3 παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Ελάχιστες, Μέσες και Μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη Σκύρο, την περίοδο 2011–2020 (Πηγή: ΕΑΑ).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	10,5	11,5	13,1	15,6	19,7	23,6	26,6	26,6	23,5	18,9	15,6	12,0
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	10,7	11,8	13,4	16,0	20,1	24,0	27,0	27,0	23,8	19,2	15,9	12,3
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	11,0	12,1	13,7	16,4	20,6	24,5	27,4	27,3	24,2	19,5	16,1	12,6

Από το γράφημα του Σχήματος 5.3, για τα έτη 2011 – 2020, προκύπτει ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται τον Ιούλιο (27,4°C) και οι ελάχιστες θερμοκρασίες τον Ιανουάριο (10,5°C).

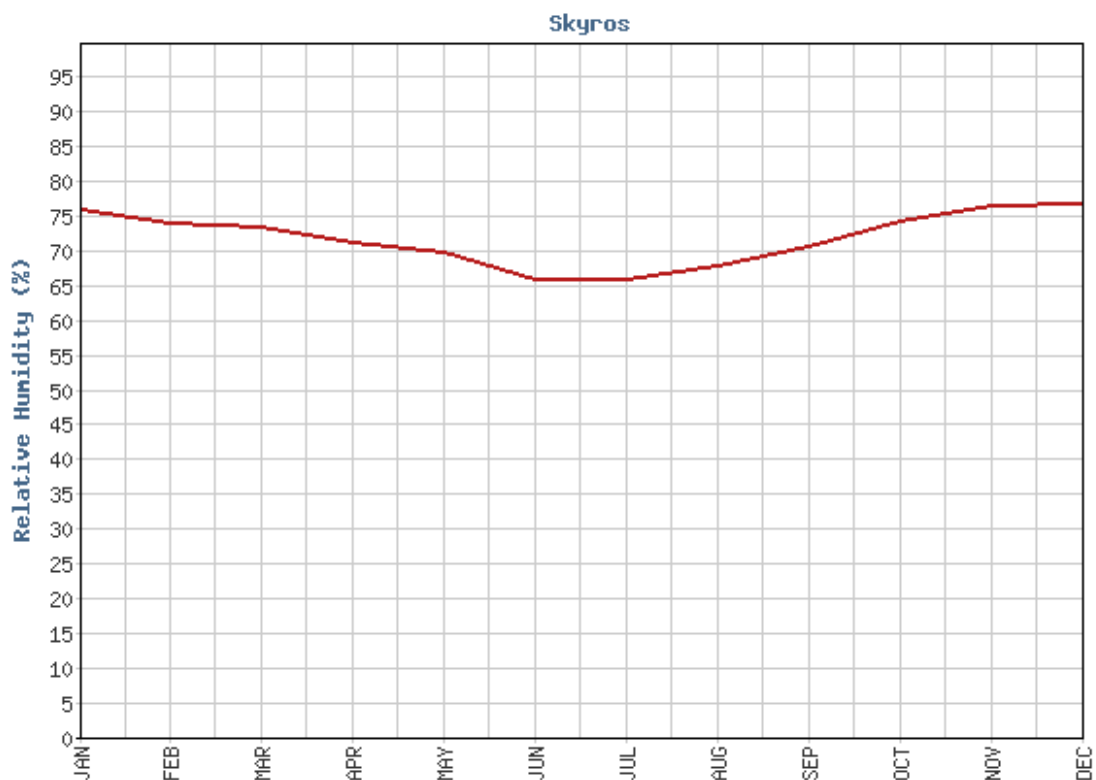
Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5.4 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας από το 2011 έως το 2020 σύμφωνα με δεδομένα από το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.4 Μέση ετήσια θερμοκρασία θερμοκρασίας για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

Παρατηρείται ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία, για τα έτη από το 2011 έως το 2020, κινείται από 17,5°C έως 19,0°C.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.5 η ετήσια διακύμανση της υγρασίας για την περίοδο 1955–2010 σύμφωνα με δεδομένα της ΕΜΥ. Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες τα επίπεδα υγρασίας είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες.



Σχήμα 5.5 Ετήσια διακύμανση υγρασίας για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).

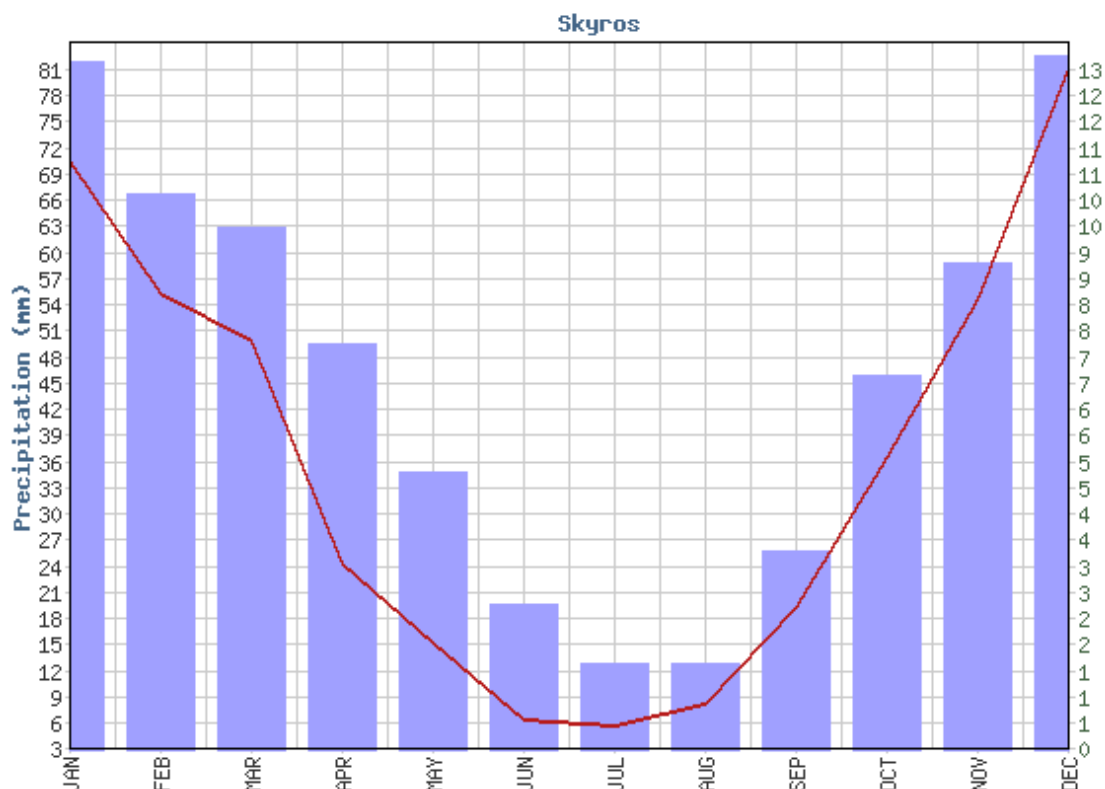
Αναλυτικότερα οι τιμές της υγρασίας του γραφήματος του Σχήματος 5.5 απεικονίζονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Μέση μηνιαία υγρασία για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)	76,2	74,2	73,7	71,5	70,0	66,0	66,2	68,0	70,8	74,5	76,6	77,0

Από το γράφημα του Σχήματος 5.5 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές υγρασίας παρατηρούνται το Δεκέμβριο (77,0%) και οι ελάχιστες τιμές υγρασίας τον Ιούνιο (66,0%).

Στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 5.6 απεικονίζεται στον αριστερό άξονα το μέσο μηνιαίο ύψος υετού με κόκκινη γραμμή και στο δεξιό άξονα ο μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού με μωβ ορθογώνια. Τα δεδομένα αφορούν τα έτη 1955–2010 σύμφωνα με την EMY.



Σχήμα 5.6 Ετήσια διακύμανση υετού για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: ΕΜΥ).

Αναλυτικότερα οι τιμές του υετού του γραφήματος του Σχήματος 5.6 απεικονίζονται στον Πίνακα 5.4.

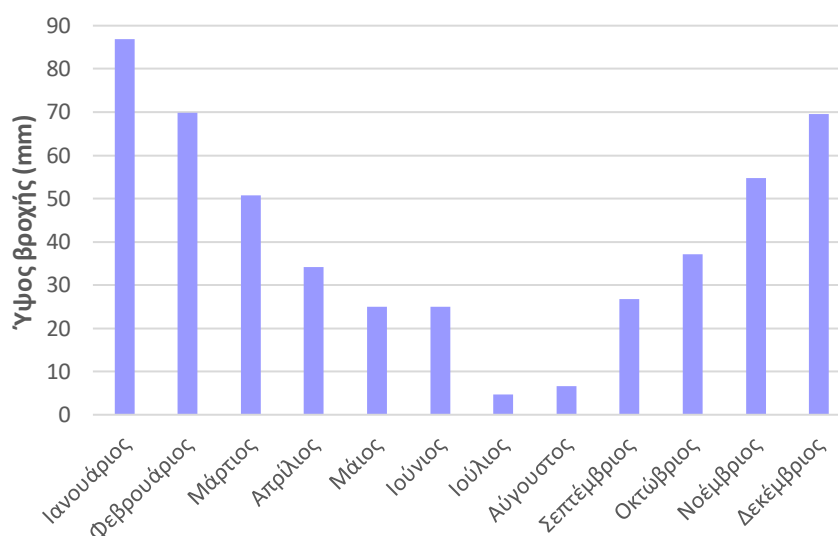
Πίνακας 5.4 Μέσο μηνιαίο ύψος υετού και μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών υετού για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: ΕΜΥ).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού (mm)	70,6	55,3	49,9	24,3	15,4	6,5	5,9	8,4	19,4	36,7	54,6	81,1
Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού	12,9	10,4	9,8	7,6	5,2	2,7	1,6	1,6	3,7	7,0	9,1	13,0

Από το παραπάνω γράφημα του Σχήματος 5.6 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρούνται το Δεκέμβριο (81,1 mm) και οι ελάχιστες τιμές βροχόπτωσης τον Ιούλιο (5,9 mm).

Επιπλέον, οι συνολικές ημέρες βροχής παρουσιάζουν μέγιστο το Δεκέμβριο (13,0 ημέρες) και ελάχιστο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (1,6 ημέρες).

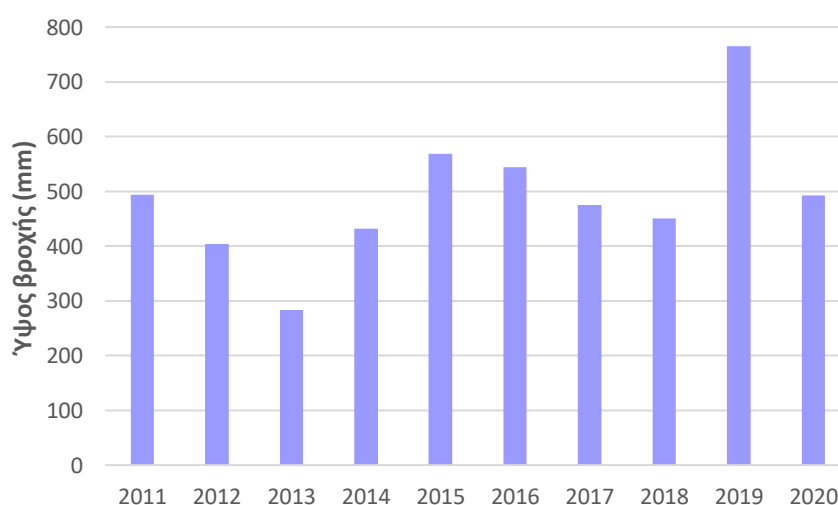
Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5.7 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα ύψους βροχής σε mm, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.7 Ετήσια διακύμανση ύψους βροχής για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

Παρατηρείται ότι ο μήνας με την υψηλότερη τιμή βροχόπτωσης είναι ο Ιανουάριος στα 86,84 mm και ο μήνας με τη χαμηλότερη τιμή βροχόπτωσης είναι ο Ιούλιος στα 4,64 mm.

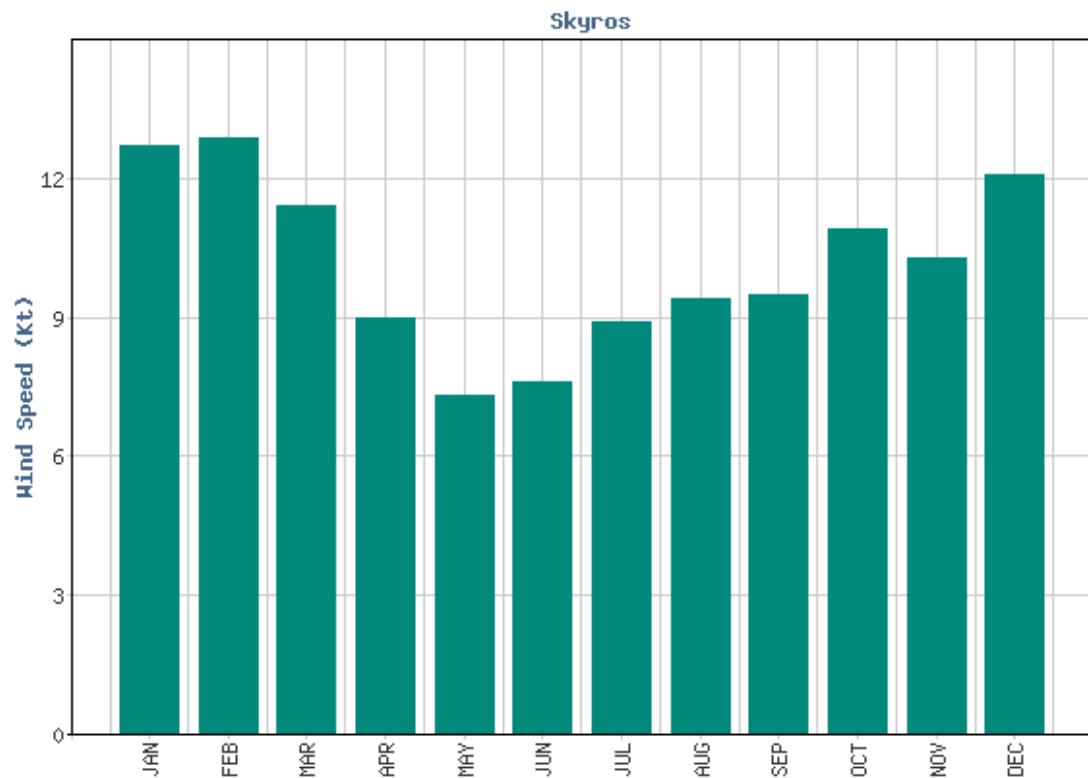
Έπειτα, στο Σχήμα 5.8 απεικονίζεται το ετήσιο ύψος βροχής από το 2011 έως το 2020, σύμφωνα με δεδομένα από το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.8 Ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

Παρατηρείται ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 491 mm. Το έτος με το υψηλότερο ετήσιο ύψος βροχής είναι το 2019 στα 764,80 mm και το έτος με το χαμηλότερο ετήσιο ύψος βροχής είναι το 2013 στα 283,00 mm.

Έπειτα, στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 5.9 απεικονίζεται η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου σε κόμβους (Kt), για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με την EMY.



Σχήμα 5.9 Ετήσια διακύμανση ταχύτητας ανέμου για τα έτη 1955–2010 σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: EMY).

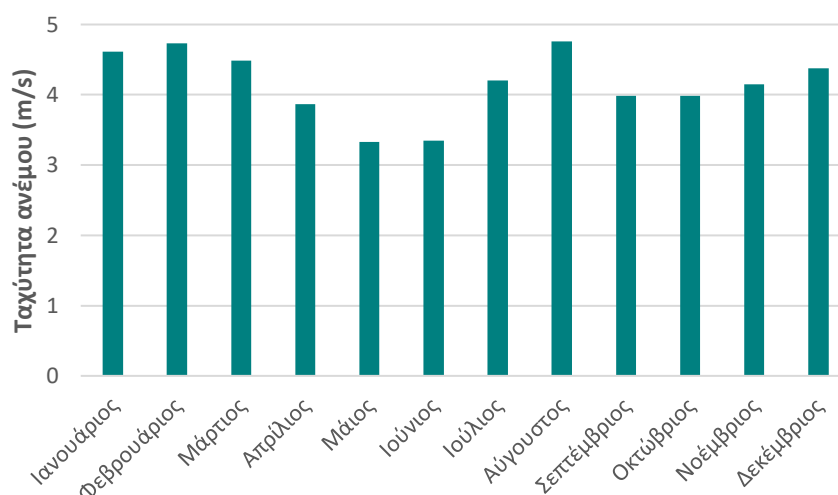
Αναλυτικότερα οι τιμές του ανέμου οι οποίες αφορούν την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου και τη μέση μηνιαία ένταση απεικονίζονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5 Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για κάθε μήνα και μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου, για τη Σκύρο, την περίοδο 1955–2010 (Πηγή: EMY).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	BA	BA	BA	B	B	B	B	B	B	B	BA	BA
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου (Kt)	12,7	12,9	11,4	9,0	7,3	7,6	8,9	9,4	9,5	10,9	10,3	12,1

Από το παραπάνω γράφημα του Σχήματος 5.9 προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές ταχύτητας ανέμων παρατηρούνται το Φεβρουάριο (12,9 Kt) και οι ελάχιστες τιμές ταχύτητας το Μάιο (7,3 Kt).

Στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 5.10 απεικονίζεται η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου σε m/s, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.10 Ετήσια διακύμανση ταχύτητας ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

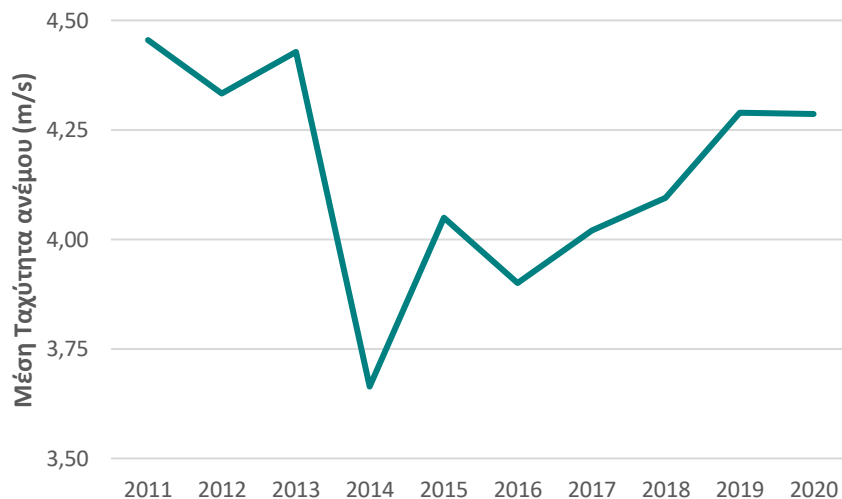
Αναλυτικότερα οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου, για κάθε μήνα, απεικονίζονται στον Πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου, για τη Σκύρο, την περίοδο 2011–2020 (ΕΑΑ).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	4,61	4,74	4,49	3,86	3,33	3,19	3,91	4,76	3,99	3,98	4,15	4,37

Για τα έτη 2011 – 2020, παρατηρείται ότι ο μήνας με την υψηλότερη μέση ταχύτητα ανέμου είναι ο Αύγουστος (4,76 m/s) και ο μήνας με τη χαμηλότερη μέση ταχύτητα ανέμου είναι ο Ιούνιος (3,33 m/s).

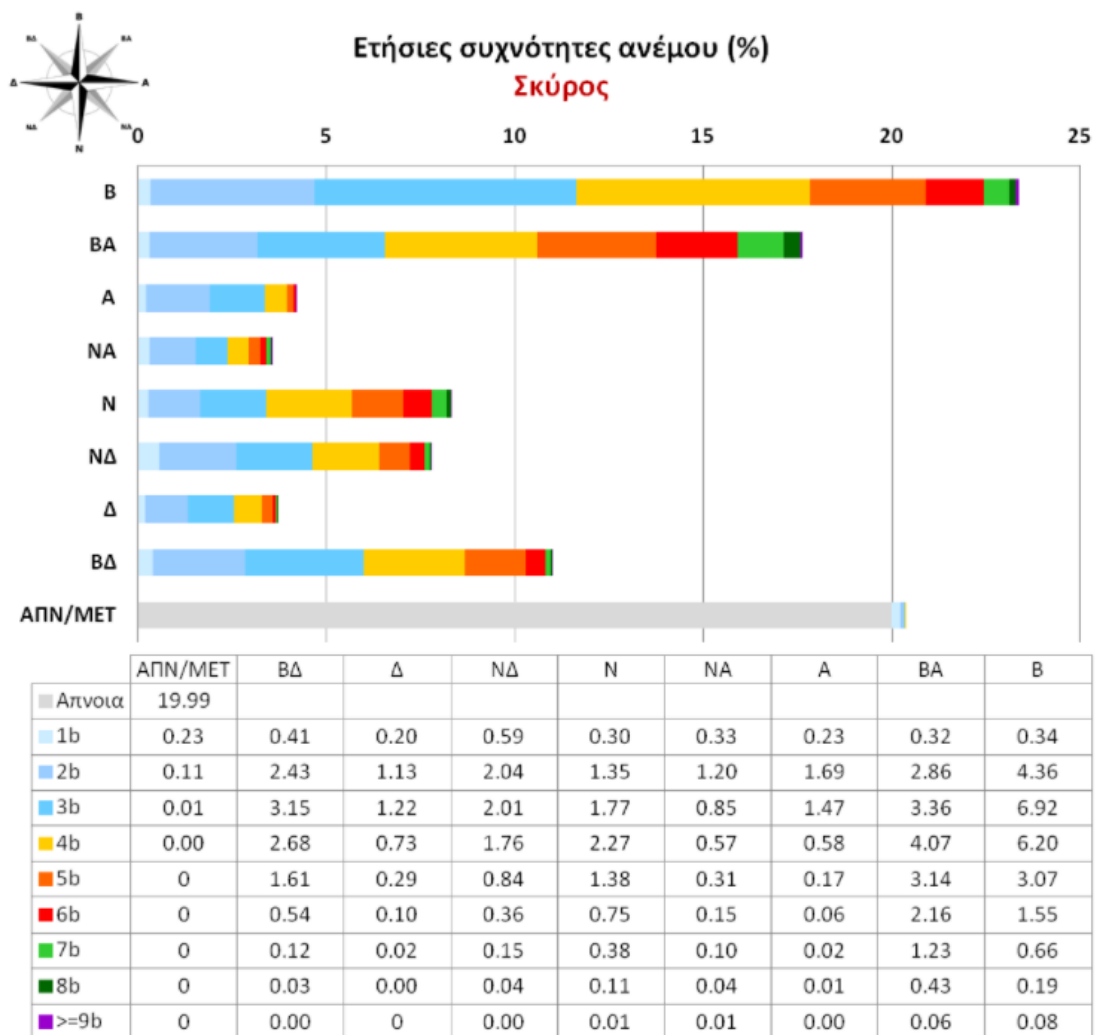
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.11 η μέση ταχύτητα του ανέμου, από το 2011 έως το 2020, σύμφωνα με δεμένα από το ΕΑΑ.



Σχήμα 5.11 Μέση ταχύτητα ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

Παρατηρείται ότι η μέση ταχύτητα του ανέμου, για τα έτη 2011–2020, κυμαίνεται από 3,5 έως 4,5 m/s, παρουσιάζοντας μέγιστο το 2011 και ελάχιστο το 2016.

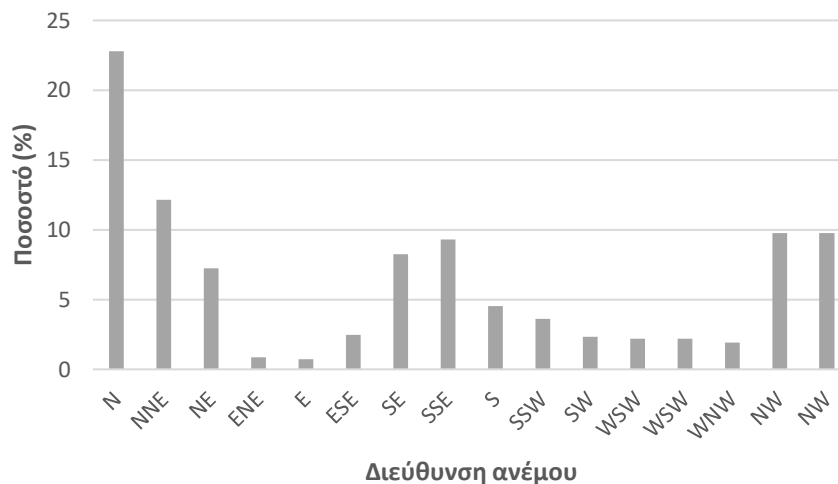
Για τους ανέμους επιπλέον, στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 5.12 απεικονίζονται οι ετήσιες συχνότητες ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου. Με διαφορετικό χρώμα φαίνονται οι διαφορετικές εντάσεις του ανέμου σε Μποφόρ (Beaufort). Τα δεδομένα αφορούν την περίοδο 1955–2010, σύμφωνα με την ΕΜΥ.



Σχήμα 5.12 Ετήσιες συχνότητες ανέμου, για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: ΕΜΥ).

Παρατηρείται ότι στη Σκύρο, για τα έτη 1955–2010, επικρατούν οι βόρειοι άνεμοι έντασης 3 – 4 Μποφόρ.

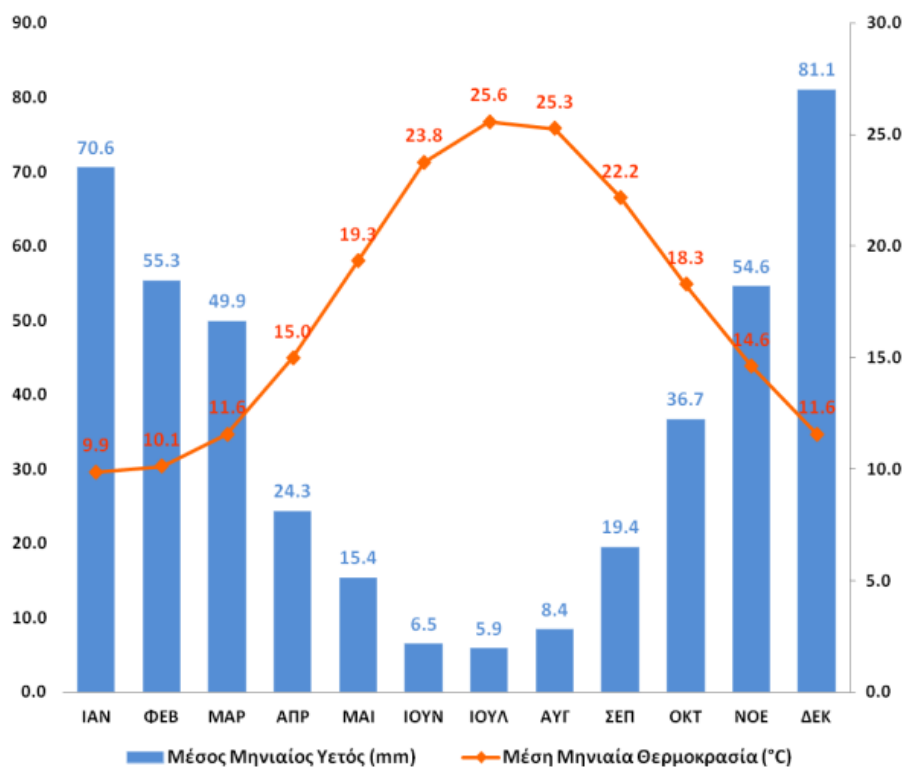
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.13 οι ετήσιες συχνότητες του ανέμου, για την περίοδο 2011–2020, σύμφωνα με δεδομένα του ΕΑΑ.



Σχήμα 5.13 Ετήσιες συχνότητες ανέμου, για τα έτη 2011–2020, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (ΕΑΑ).

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι, για τα έτη 2011 – 2020, επικρατούν οι βόρειοι άνεμοι.

Επιπλέον, παρουσιάζεται το ομβροθερμικό διάγραμμα στο Σχήμα 5.14, όπου στον αριστερό άξονα φαίνεται ο μέσος μηνιαίος υετός εκφρασμένος σε mm με μπλε ορθογώνια και στο δεξιά άξονα η μέση μηνιαία θερμοκρασία εκφρασμένη σε °C με πορτοκαλή γραμμή. Τα δεδομένα αφορούν τα έτη 1955 – 2010, σύμφωνα με την ΕΜΥ.

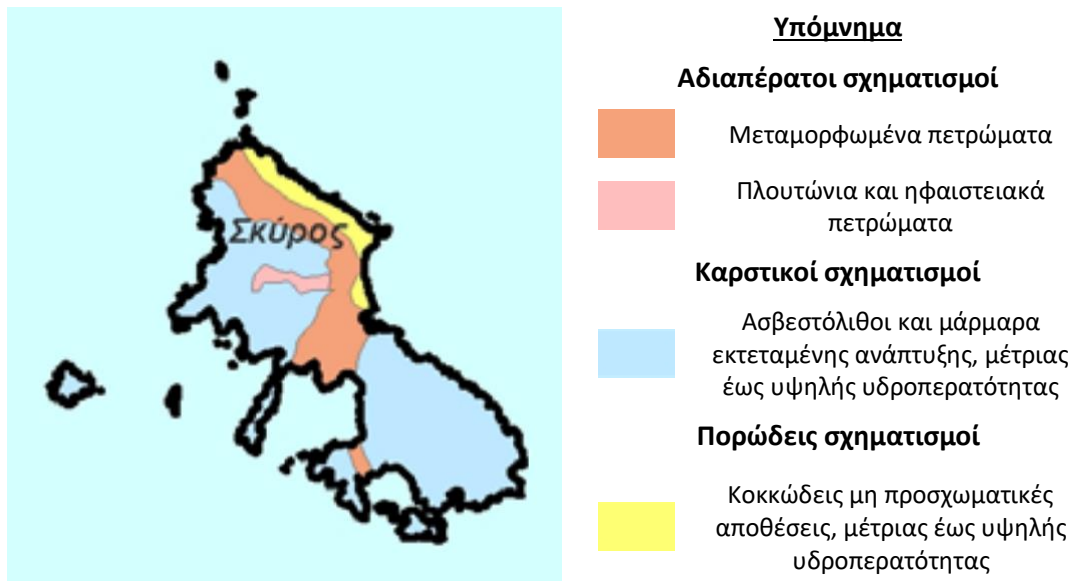


Σχήμα 5.14 Ομβροθερμικό διάγραμμα, για τα έτη 1955–2010, σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Σκύρου (Πηγή: ΕΜΥ).

5.5 Φυσικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Χρήσεις γης

Στη Σκύρο, η γεωλογική δομή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη με εμφανίσεις του παλαιοζωϊκού υποβάθρου, ανθρακικά του μεσοζωϊκού και επωθήσεις ποικιλίας πετρωμάτων, τα οποία προέρχονται από αλλόχθονες σειρές (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Η Σκύρος ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07). Στο Σχήμα 5.15 παρουσιάζεται ο υδρολιθολογικός χάρτης της Σκύρου, σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Παρατηρείται ότι κατά το μεγαλύτερο μέρος του νησιού επικρατούν ασβεστόλιθοι και μάρμαρα εκτεταμένης ανάπτυξης, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας.



Σχήμα 5.15 Υδρολιθολογικός Χάρτης Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Ως Υπόγειο Υδατικό Σύστημα ορίζεται ένας διακριτός όγκος νερού ο οποίος διηθείται, διακινείται και αποθηκεύεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

Στη Σκύρο υπάρχουν 2 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.16. Το πρώτο είναι εκείνο της Βόρειας Σκύρου (GR0700370) το οποίο έχει έκταση 125 km² και το είδος του υδροφορέα είναι καρστικός και κοκκώσης. Το δεύτερο είναι εκείνο της Νότιας Σκύρου (GR0700380), το οποίο έχει έκταση 83 km² και το είδος του υδροφορέα είναι καρστικός.



Σχήμα 5.16 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Το Υπόγειο Υδατικό Σύστημα της Βόρειας και Νότιας Σκύρου χαρακτηρίζεται από καλή ποσοτική και χημική κατάσταση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Υπόγειο Υδατικό Σύστημα της Νότιας Σκύρου παρατηρούνται φυσικά φαινόμενα υφαλμύρινσης, καθώς οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα.

Το Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα του νησιού ονομάζεται Ακτές Σκύρου (GR0735C0003N) και παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.17. Πρόκειται για ένα Παράκτιο Υδατικό Σύστημα (Coastal Water) και ο κωδικός της λεκάνης απορροής είναι GR35. Η οικολογική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως υψηλή και η χημική κατάσταση άγνωστη. Συνεπώς, η συνολική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως άγνωστη. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα περιλαμβάνει ύδατα κολύμβησης και δίκτυο Natura (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).



Σχήμα 5.17 Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα Σκύρου (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Στο βόρειο και στο κεντρικό μέρος του νησιού έχουν αναπτυχθεί διάφορες ανθρώπινες υποδομές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις και δασικές περιοχές. Στο νότιο μέρος του νησιού παρατηρούνται εκτάσεις αραιής βλάστησης και βοσκότοποι. Στο βόρειο μέρος οι λεκάνες του νησιού είναι πιο ανεπτυγμένες με πυκνότερο υδρογραφικό δίκτυο σε σύγκριση με το νότιο μέρος, όπου οι λεκάνες

χαρακτηρίζονται από αραιή ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).

Το ανάγλυφο του νησιού στη μεγαλύτερη έκταση του χαρακτηρίζεται ως πεδινό. Αναλυτικότερα για το ανάγλυφο παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.7.

Πίνακας 5.7 Τύποι ανάγλυφου και ποσοστά επιφανειών στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).

Υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός περιοχής	Έκταση (km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)
< 150	Πεδινή	107,91	51,830
150 – 600	Λοφώδης	93,91	45,106
600 – 900	Ημιορεινή	6,379	3,064
> 900	Ορεινή	0	0

Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην κλίση του ανάγλυφου του νησιού. Οι μορφολογικές κλίσεις του νησιού κυμαίνονται στο μεγαλύτερο ποσοστό από 5° έως 35°. Οι υψηλότερες τιμές των μορφολογικών κλίσεων (> 35°) παρατηρούνται μόνο στο νότιο μέρος του νησιού. Οι χαμηλότερες τιμές των μορφολογικών κλίσεων παρουσιάζονται στις πεδινές περιοχές του βόρειου μέρους, στις δύο κοιλάδες οι οποίες σχηματίζονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και στα καρστικά επίπεδα του νότιου μέρους (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006). Αναλυτικότερα οι τιμές για τις κλίσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8 Έκταση και ποσοστό έκτασης που αντιστοιχεί σε κάθε ομάδα κλίσεων στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).

Εύρος κλίσεων	Έκταση (km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)
0° – 2°	10,273	4,9344
2° – 5°	24,189	11,6183
5° – 15°	103,245	49,5895
15° – 35°	69,053	33,1668
35° – 55°	1,403	0,6741
> 55°	0,035	0,0169

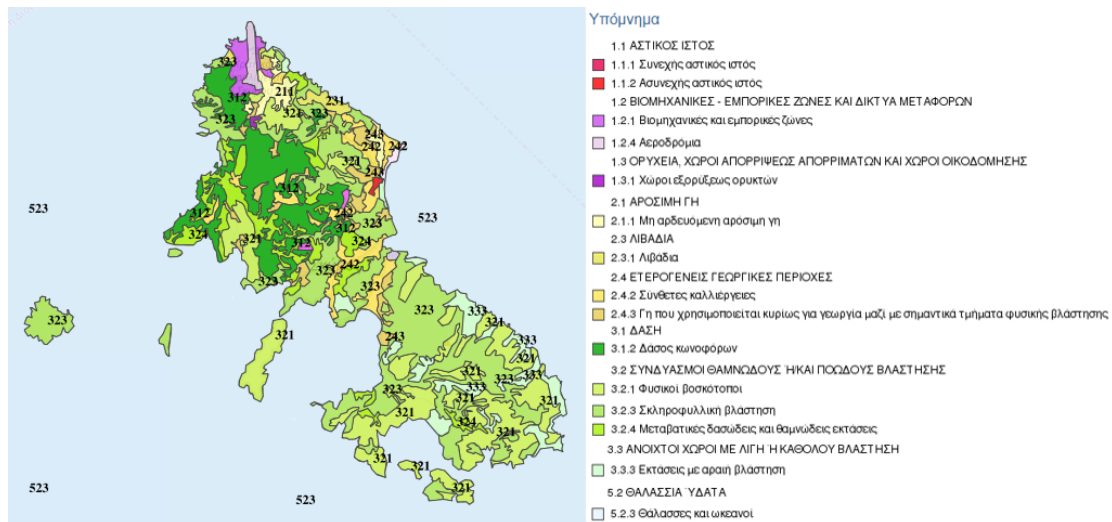
Όσον αφορά τις χρήσεις γης, ταξινομούνται συνοπτικά σε 4 βασικές κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό τους σε σχέση με τη συνολική έκταση του νησιού. Το μεγαλύτερο μέρος του νησιού, κατά 57,4%, αποτελείται από Δασικές – ημιφυσικές περιοχές, δηλαδή από δάση, μεταβατικές δασώδης – θαμνώδεις περιοχές και συνδυασμοί θαμνώδους – ποώδους βλάστησης. Οι συγκεκριμένες περιοχές παρατηρούνται σε ολόκληρο το νησί. Ένα σημαντικό ποσοστό 30,5% του νησιού

αποτελείται από συνδυασμό αγροτικών – ημιφυσικών περιοχών, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως στο νότιο μέρος του νησιού. Αποτελούνται από βοσκότοπους και εκτάσεις θαμνώδους – ποώδους βλάστησης. Οι αγροτικές περιοχές, δηλαδή η αρόσιμη γη, οι μόνιμες καλλιέργειες και οι ετερογενείς γεωργικές περιοχές παρατηρούνται στο βόρειο και κεντρικό μέρος του νησιού κατά ένα ποσοστό 10,6%. Οι μόνιμες καλλιέργειες αφορούν εκτάσεις οι οποίες καλλιεργούνται σε μόνιμη βάση και δεν απαιτούν όργωμα. Τέτοιες περιοχές είναι οι ελαιώνες, οι αμπελώνες και οι οπωρώνες. Τέλος, στο μικρότερο ποσοστό, κατά 1,5% αποτελούν οι περιοχές αστικής δόμησης και τα δίκτυα συγκοινωνιών, όπως είναι το αεροδρόμιο και το λιμάνι. Ουσιαστικά πρόκειται για τεχνητές επιφάνειες, οι οποίες παρατηρούνται στο βόρειο τμήμα του νησιού. Οι χρήσεις γης οι οποίες αναφέρθηκαν σε αυτό το σημείο απεικονίζονται στον Πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.9 Ποσοστά χρήσης γης της Σκύρου ως προς τη συνολική έκταση του νησιού (Πεχλιβανίδου, 2007).

Χρήσεις γης	Έκταση (km ²)	Ποσοστό ως προς συνολική έκταση του νησιού (%)
Δασικές – ημιφυσικές περιοχές (δάση, μεταβατικές δασώδης – θαμνώδεις περιοχές και συνδυασμοί θαμνώδους – ποώδους βλάστησης)	118,7	57,4
Συνδυασμός αγροτικών – ημιφυσικών περιοχών (βοσκότοποι και εκτάσεις θαμνώδους – ποώδους βλάστησης)	63,21	30,5
Αγροτικές περιοχές (αρόσιμη γη, μόνιμες καλλιέργειες και ετερογενείς γεωργικές περιοχές)	21,90	10,6
Αστική δόμηση και δίκτυα συγκοινωνιών	3,12	1,5

Στο Σχήμα 5.18 απεικονίζονται οι χρήσεις γης στο χάρτη της Σκύρου με διαφορετικούς χρωματισμούς, σύμφωνα με το πρόγραμμα Corine Land Cover 2018 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Σχήμα 5.18 Κάλυψη γης – Corine Land Cover για τη Σκύρο το έτος 2018, σύμφωνα με τα παραδοτέα του προγράμματος CORINE της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή: ΥΠΕΝ).

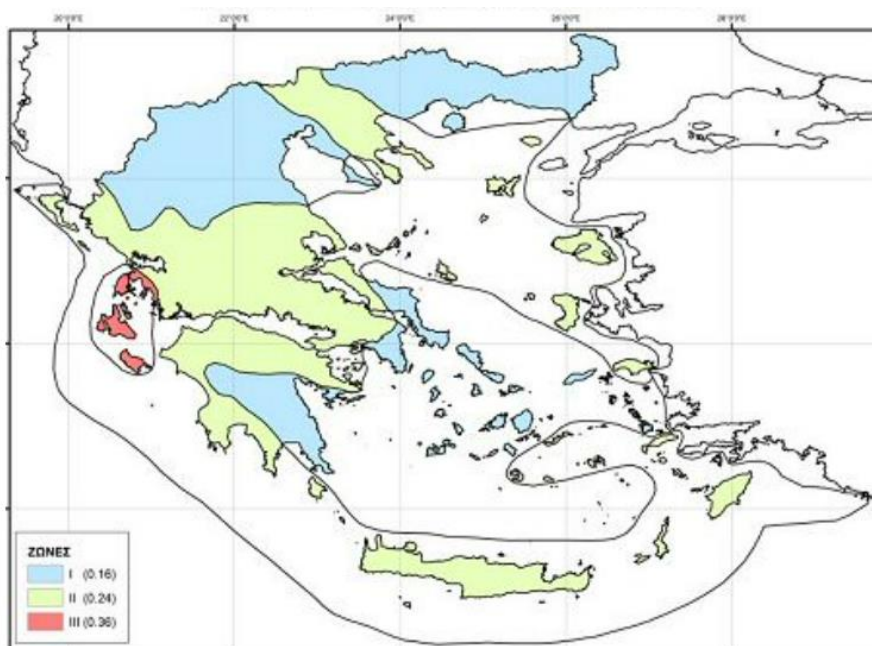
Για την ποσοτικοποίηση της σχέσης της εδαφικής κάλυψης – χρήσεις γης με το μορφολογικό ανάγλυφο της Σκύρου, παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.19 στον οποίο φαίνονται τα ποσοστά της χρήσης γης ανάλογα με το υψόμετρο και την κλίση της περιοχής. Αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των διάφορων τύπων εδαφικής κάλυψης – χρήση γης παίζει και η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου. Οι κατοικήσιμες και οι καλλιεργήσιμες περιοχές παρατηρούνται κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού όπου υπάρχει μεγαλύτερη τροφοδοσία σε νερό λόγω του υδρογραφικού δικτύου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).

Πίνακας 5.10 Ποσοστά των τύπων εδαφικής κάλυψης – χρήσης γης στα αντίστοιχα υψόμετρα και στις κλίσεις ανάγλυφου στο νησί της Σκύρου (Πεχλιβανίδου και Βουβαλίδης, 2006).

Χρήσεις γης	Ανάλογα με το Υψόμετρο	Ανάλογα με την Κλίση
Αστική δόμηση	100% (0 – 100 m)	43,44% (0° – 5°)
Δίκτυα συγκοινωνιών	100% (0 – 100 m)	87,13% (0° – 5°)
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	78,84% (0 – 100 m)	43,7% (0° – 5°)
Δασικές περιοχές	36,19% (100 – 200 m)	32,58% (5° – 10°)
Βοσκότοποι	26,15% (0 – 100 m)	20,38% (5° – 10°)
	33,86% (> 300 m)	25,73% (10° – 15°)
Εκτάσεις αραιής ή καθόλου βλάστησης	32,23% (0 – 100 m)	48,96% (15° – 25°)
	36,23% (> 300 m)	
Θαμνώδης – πωώδης βλάστηση	41,15% (0 – 100 m)	26,1% (5° – 10°)
		25% (10° – 15°)

5.6 Σεισμικότητα

Ο ελληνικός χώρος κατανέμεται σε 3 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας ανάλογα με τη σεισμική επικινδυνότητα. Οι τιμές εδαφικών επιταχύνσεων σχεδιασμού είναι 0,16 g (ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g) για την πρώτη ζώνη, 0,24g για τη δεύτερη ζώνη και 0,36 g για την τρίτη ζώνη (ΟΑΣΠ, 2021). Στο Σχήμα 5.19 απεικονίζονται οι 3 ζώνες, οι οποίες αναφέρθηκαν, στο χάρτη της Ελλάδας, με μπλε για την πρώτη ζώνη, με πράσινο για τη δεύτερη ζώνη και με κόκκινο για την τρίτη ζώνη.



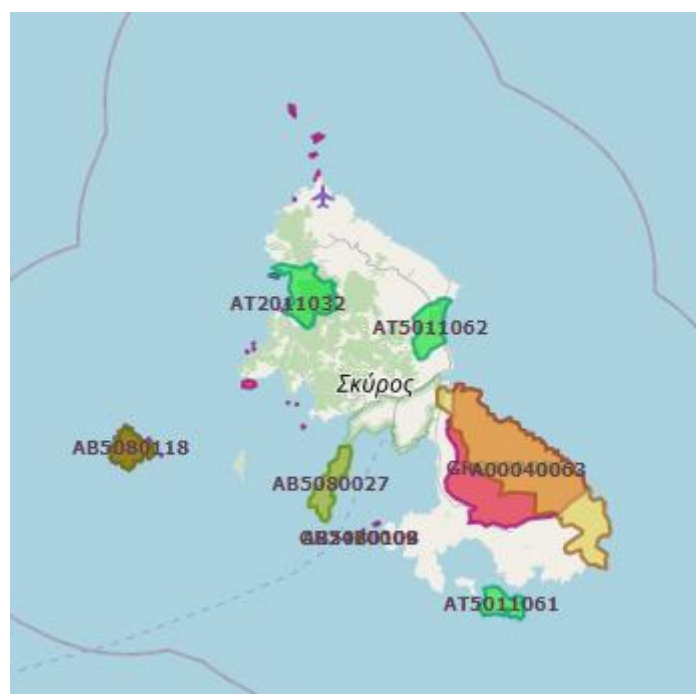
Σχήμα 5.19 Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας (Πηγή: ΟΑΣΠ).

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά σε σημαντικούς σεισμούς, οι οποίοι συνέβησαν στη Σκύρο τα προηγούμενα έτη. Στις 4 Μαρτίου του 1967, σημειώθηκε ισχυρός σεισμός στη Σκύρο μεγέθους 6,2 R. Επιπλέον, ισχυρός σεισμός μεγέθους 5,8 R έπληξε τη Σκύρο, στις 26 Ιουλίου του 2001. Προκλήθηκαν πολύ σοβαρές βλάβες σε 5 κτίρια και πιο ελαφρές σε άλλα 46. Παρατηρήθηκαν πτώσεις βράχων στο δυτικό τμήμα του κάστρου της Σκύρου, το οποίο είχε ως συνέπεια την καταστροφή δεκάδων αυτοκινήτων. Ακόμη, δημιουργήθηκαν προβλήματα στην υδροδότηση της πόλης από τη σταδιακή μείωση της παροχής νερού στην πηγή Αναβάλλουσα. Ο μεγαλύτερος προσεισμός έγινε στις 21 Ιουλίου μεγέθους 5,1 R και ο μεγαλύτερος

μετασεισμός έγινε στις 26 Ιουλίου μεγέθους 5,3 R. Σημαντικός σεισμός μεγέθους 5,4 R έπληξε τη Σκύρο στις 6 Σεπτεμβρίου του 2002 τη Σκύρο. Ο σεισμός έγινε αισθητός στην περιοχή της Κύμης και ελαφρά αισθητός στην Κάρυστο και στη Χαλκίδα. Στις 30 Σεπτεμβρίου του 2007 εκδηλώθηκε σεισμός μεγέθους 4,9 R στο θαλάσσιο χώρο βόρεια της νήσου Σκύρου. Το εστιακό βάθος ήταν 19 km. Την επόμενη ημέρα, 1 Οκτωβρίου 2007, ακολούθησε σεισμική δόνηση μεγέθους 4,8 R και το εστιακό βάθος ήταν 31 km (ΟΑΣΠ, 2021).

5.7 Καθεστώς Προστασίας Περιοχής

Η περιοχή της Σκύρου, σύμφωνα με τη βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση ΦΙΛΟΤΗΣ (<https://filotis.itia.ntua.gr/>) περιλαμβάνει 3 Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ) (ΑΤ2011032, ΑΤ5011061 και ΑΤ5011062), έναν βιότοπο Corine (Α00040063), 3 άλλους βιότοπους (ΑΒ5080027, ΑΒ5080108 και ΑΒ5080118) και 2 βιότοπους Natura (GR2420006 και GR2420009). Οι συγκεκριμένες περιοχές απεικονίζονται στο Σχήμα 5.20.



Σχήμα 5.20 Χάρτης προστατευόμενων περιοχών της Σκύρου (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Στη συνέχεια, ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή των παραπάνω 9 προστατευόμενων περιοχών.

Το ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Όρμος Καλογριάς, Ατσίτσα και Γειτονικό Πευκοδάσος – ΑΤ2011032, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.21, έχει συνολική έκταση 773.27 ha και συνολική περίμετρο 19.0 km .



Σχήμα 5.21 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Όρμος Καλογριάς, Ατσίτσα και Γειτονικό Πευκοδάσος – ΑΤ2011032 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Πρόκειται για ένα σπάνιο τοπίο με ωραίο πυκνό πευκοδάσος. Τα πεύκα φθάνουν μέχρι τη θάλασσα όπου οι ακτές είναι βραχώδεις και πετρώδεις με καταγάλανα νερά. Υπάρχουν και μερικά νησάκια κοντά στην ακτή, το κυριότερο από τα οποία είναι η Καλογριά. Όλα είναι καταπράσινα, σκεπασμένα με πυκνή, θαμνώδη βλάστηση. Ένας μόλος στην περιοχή της Ατσίτσας χρησιμεύει για να δένουν ψαράδικα και τουριστικά πλοία. Στην περιοχή έχουν κατασκευασθεί ξενώνες και ταβερνάκια. Υπάρχουν επίσης οι εγκαταστάσεις παλιού μεταλλείου. Μικρά χωριουδάκια και αμπέλια σώζονται ακόμα κοντά στη θάλασσα.

Το ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Νησίδα Σαρακηνό Σκύρου – ΑΤ5011061, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.22, έχει συνολική έκταση 341,60 ha, συνολική περίμετρο 10,1 km και μέγιστο υψόμετρο 131,0 m.



Σχήμα 5.22 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Νησίδα Σαρακινό Σκύρου – ΑΤ5011061 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Είναι ένα σχεδόν ακατοίκητο νησάκι στα νότια της Σκύρου όπου ζουν εποχικά μόνο λίγοι κτηνοτρόφοι. Το νησί καλύπτεται εν μέρει από βλάστηση, κυρίως από θάμνους και πεύκα.

Το ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Χώρα Σκύρου – ΑΤ5011062, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.23, έχει συνολική έκταση 488,61 ha, χερσαία έκταση 479,0 ha και συνολική περίμετρο 10,5 m.



Σχήμα 5.23 ΤΙΦΚ με κωδική ονομασία Χώρα Σκύρου – ΑΤ5011062 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Ο οικισμός σκαρφαλώνει στη βόρεια και στη δυτική πλαγιά ενός βράχου, απότομου, απόκρημνου και απροσπέλαστου από ανατολικά. Ψηλά βρίσκεται το βυζαντινό κάστρο με προσθήκες ενετικές, κτισμένο στη θέση της αρχαίας ακρόπολης. Διακρίνονται τμήματα τείχους του 5^{ου} αιώνα π.Χ. και έχουν διαπιστωθεί ίχνη κατοίκησης από την πρώιμη και Μέση εποχή του χαλκού. Εκεί βρίσκεται και το

καστρομοναστήρι του Αγ. Γεωργίου (ίδρυση 962 μ.Χ.). Η οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα του νησιού συγκεντρώνεται στα νοτιοδυτικά του οικισμού, στον άξονα προς τη Λιναριά. Τα αυτοκίνητα σταθμεύουν στην είσοδο του οικισμού, όπου αρχίζει η αγορά και βρίσκονται οι δημόσιοι χώροι. Τα σπίτια είναι μικροί, λευκοί, εφαπτόμενοι όγκοι, καλυμμένοι με δώματα που μαζί με τα καμπυλωτά δρομάκια συνθέτουν ένα ανάγλυφο μωσαϊκό.

Ο βιότοπος Corine με κωδική ονομασία Ανατολική πλευρά Όρους Κόχυλας, Σκύρος – Α00040063, ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.24, έχει συνολική έκταση 3673,62 ha, χερσαία έκταση 3400,0 ha, συνολική περίμετρο 45,9 km και μέγιστο υψόμετρο 792,0 m.



Σχήμα 5.24 Βιότοπος Corine με κωδική ονομασία Ανατολική πλευρά Όρους Κόχυλας, Σκύρος – Α00040063 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Η περιοχή είναι μια βραχώδης πλαγιά, η οποία εκτείνεται από την κορυφή του βουνού Κόχυλας μέχρι την ακτή. Η βλάστηση είναι κυρίως φρύγανα.

Ο βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Βαλάξα Σκύρου – ΑΒ5080027, ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.25, έχει συνολική έκταση 433,94 ha, συνολική περίμετρο 12,8 m και μέγιστο υψόμετρο 200,0 m.



Σχήμα 5.25 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Βαλάξα Σκύρου – AB5080027 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Πρόκειται για ένα τοπίο βραχονησίδων με ενδημικά είδη, ερπετά και σπάνια είδη πανίδας.

Ο βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσοι Μέσα και Έξω Διαβάτης Σκύρου – AB5080108, ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.26, έχει συνολική έκταση 5,38 m, συνολική περίμετρο 1,6 km και μέγιστο υψόμετρο 10,0 m.



Σχήμα 5.26 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσοι Μέσα και Έξω Διαβάτης Σκύρου – AB5080108 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Πρόκειται για ένα τοπίο βραχονησίδων με ενδημικά είδη, ερπετά και σπάνια είδη πανίδας.

Ο βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Σκυροπούλα – AB5080118, ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.27, έχει συνολική έκταση 377,08 ha, συνολική περίμετρο 10,1 km και μέγιστο υψόμετρο 184,0 m.



Σχήμα 5.27 Βιότοπος με κωδική ονομασία Νήσος Σκυροπούλα – AB5080118 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Στην περιοχή υπάρχουν ενδημικά είδη και τρωτά είδη χλωρίδας. Επιπλέον, υπάρχει το αξιόλογο φυτό *Aethionema retsina*.

Ο βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Σκύρος: Όρος Κόχυλας – GR2420006, ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.28, έχει συνολική έκταση 4088,91 ha, συνολική περίμετρο 33,5 m και μέγιστο υψόμετρο 780,0 m.

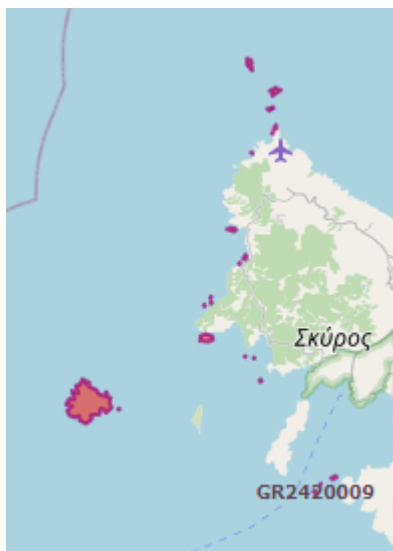


Σχήμα 5.28 Βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Σκύρος: Όρος Κόχυλας – GR2420006 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Η περιοχή περιλαμβάνει το Όρος Κόχυλας και τις νοτιοανατολικές βραχώδεις ακτές. Καλύπτεται κυρίως από ασβεστόλιθο. Η βλάστηση είναι θαμνώδης και αποτελείται από πουρνάρια (*Quercus coccifera*), γενίστα (*Genista*) και από αγριελιά (*Olea europaea*), η οποία είναι θαμνώδης λόγω της υπερβόσκησης. Η περιοχή της ρεματιάς καλύπτεται από πουρνάρια (*Quercus coccifera*) και το Σφενδάμι του Μονπελιέ (*Acer monspessulanum*). Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Όρος Κόχυλας οι βοσκοί εκτρέφουν χιλιάδες ζώα (40.000 κατσίκες και πρόβατα). Στην περιοχή

υπάρχει το μοναδικό σκυριανό αλογάκι, το οποίο ανήκει στη ράτσα *Equus caballus* και το ύψος του δεν ξεπερνάει τα 1,07 m.

Ο βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Νησίδες Σκύρου – GR2420009 ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.29, έχει συνολική έκταση 466,74 ha, συνολική περίμετρο 26,9 m, μέγιστο υψόμετρο 170,0 m και ελάχιστο υψόμετρο 1,0 m



Σχήμα 5.29 Βιότοπος Natura με κωδική ονομασία Νησίδες Σκύρου – GR2420009 (Πηγή: <https://filotis.itia.ntua.gr/>).

Η περιοχή αποτελείται από πλήθος μικρών βραχωδών νησίδων και τη νησίδα Θασοπούλα, η οποία βρίσκεται βορειοδυτικά της Σκύρου. Όσον αφορά τη βλάστηση, υπάρχουν θάμνοι, φρύγανα και πεύκα. Στην περιοχή επιπλέον υπάρχουν αξιόλογα πτηνά μεταξύ των οποίων είναι: η Σταχτάρα (*Arus arus arus*), ο Σκεπαρνάς (*Arus melba melba*), η Γερακίνα (*Buteo buteo buteo*), ο Αρτέμης (*Calonectris diomedea*), το Σπιτοχελίδονο (*Delichon urbica urbica*), ο Μαυροπετρίτης (*Falco eleonora*), ο Πετρίτης (*Falco peregrinus brookei*), ο Σπίνος (*Fringilla coelebs coelebs*), η Ωχροστριτίδα (*Hippolais pallida elaeica*), το Δεντροχελίδονο (*Hirundo daurica rufula*), το Χελιδόνι (*Hirundo rustica rustica*), ο Αιγαιόγλαρος (*Larus audouinii*), η Λευκοσουραδά (*Motacilla alba alba*), η Ασπροκόλα (*Oenanthe hispanica*), ο Θαλασσοκόρακας (*Phalacrocorax aristotelis*), ο Μύχος (*Puffinus puffinus puffinus*), το Οχθοχελίδονο (*Riparia riparia riparia*) και ο Κοκκιντσιροβάκος (*Sylvia cantillans albistriata*).

5.8 Καλλιέργειες και Ζωική παραγωγή

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά στις καλλιέργειες και στις ζωικό πληθυσμό της Σκύρου σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ).

Για τις καλλιέργειες παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για το έτος 2020 στον Πίνακα 5.11. Το σύνολο της καλλιεργούμενης έκτασης στο νησί το 2020 ήταν 6.690,46 ha (ΟΠΕΚΕΠΕ). Αναλυτικότερα στατιστικά στοιχεία για τις καλλιέργειες και τις ποικιλίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1.

Πίνακας 5.11 Έκταση καλλιεργειών στη Σκύρο, για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).

Καλλιέργεια	Έκταση (ha)
Βοσκότοποι	5.677,74
Κτηνοτροφικά Φυτά για Ζωοτροφές	609,59
Λοιπά Σιτηρά	172,76
Ελαιώνες	164,94
Αγρανάπαυση	52,99
Αμπελώνες για Παραγωγή Οίνου	7,89
Όσπρια Βρώσιμα	2,08
Γεώμηλα	0,85
Κηπευτικά	0,79
Αρωματικά Φυτά	0,65
Λοιπές Δενδρώδεις Καλλιέργειες	0,18
Σύνολο	6.690,46

Για τη ζωική παραγωγή παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία, για το έτος 2020, στον Πίνακα 5.12. Το υψηλότερο σε πλήθος είδος το 2020 ήταν τα αιγοπρόβατα σε 31.414 (ΟΠΕΚΕΠΕ). Αναλυτικότερα στοιχεία για το πλήθος των ζώων με βάση το είδος και την κατηγορία παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1.

Πίνακας 5.12 Πλήθος ζώων με βάση το είδος για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).

Είδος	Πλήθος Ζώων
Αιγοπρόβατα	31.414
Κυψέλες Μελισσών - Μελισσοσμήνη	1.906
Ιπποειδή	156
Βοοειδή	13
Χοίροι	5
Σύνολο	33.494

5.9 Δημογραφικά στοιχεία

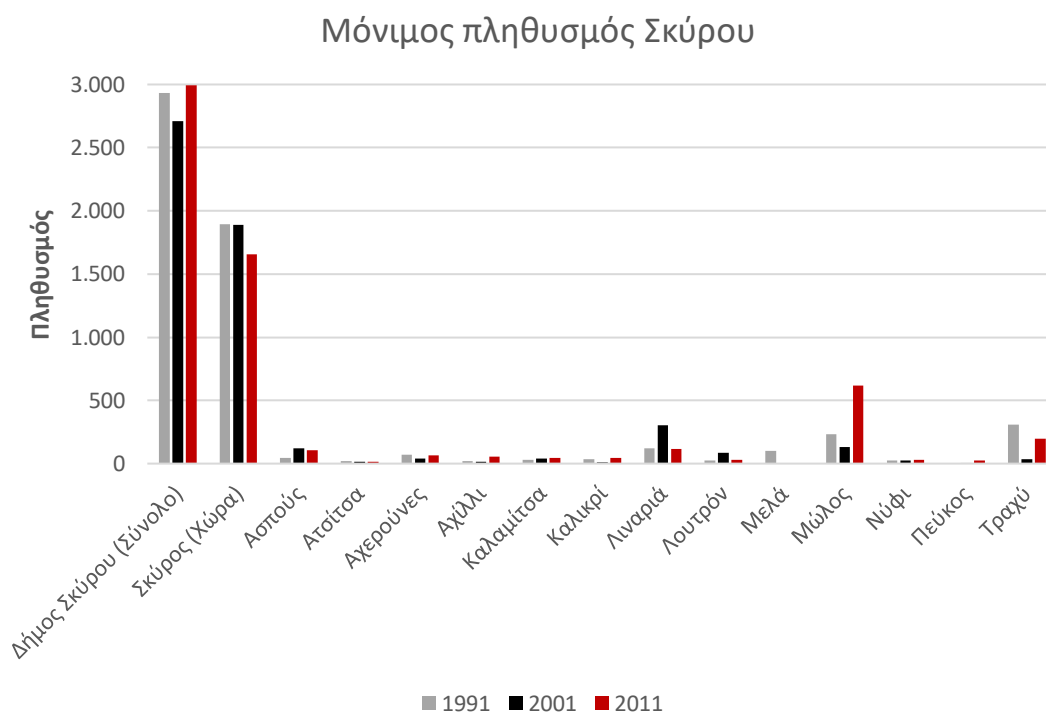
Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά στα δημογραφικά στοιχεία της Σκύρου. Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του πληθυσμού – κατοικιών της Ελλάδας από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) το 2011, ο πραγματικός πληθυσμός της Σκύρου το 2011 ανέρχεται στους 2.888 κατοίκους. Οι περισσότεροι, και συγκεκριμένα οι 1.598 κατοικούν στη Χώρα. Στον Πίνακα 5.13 απεικονίζεται ο μόνιμος και ο πραγματικός πληθυσμός της Σκύρου σύμφωνα με τις απογραφές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν το 1991, το 2001 και το 2011 ανά οικισμό και συνολικά για το Δήμο Σκύρου. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική μεταβολή του πληθυσμού με την πάροδο των ετών.

Πίνακας 5.13 Απογραφές μόνιμου και πραγματικού πληθυσμού Δήμου Σκύρου για τα έτη 1991, 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Οικισμοί	Πληθυσμοί					
	1991		2001		2011	
	Μόνιμος	Πραγματικός	Μόνιμος	Πραγματικός	Μόνιμος	Πραγματικός
Δήμος Σκύρου	2.931	2.901	2.711	2.602	2.994	2.888
Σκύρος (Χώρα)	1.892	1.806	1.890	1.748	1.657	1.598
Ασπούς	44	47	120	120	107	103
Ατσιτσα	20	22	15	15	13	11
Αχερούνες	69	71	42	43	65	63
Αχίλλι	22	26	14	16	53	53
Έξω Ποδιές (νησίδα)	0	0	0	0	0	0
Καλαμίτσα	30	29	38	43	43	40
Καλικρί	37	44	12	12	43	42
Κυρά Παναγιά	0	0	0	0	0	0
Λιναριά	123	146	302	319	116	112
Λουτρόν	24	24	87	88	28	28
Μελά	103	103	0	0	0	0
Μέσα Πόδια (νησίδα)	0	0	0	0	0	0
Μώλος	231	244	129	134	618	602
Νύφι	26	26	23	23	31	30
Πεύκος	0	0	3	3	24	25
Σαρακηνό (νησίδα)	0	0	0	0	0	0
Σκυροπούλα (νησίδα)	0	0	0	0	0	0
Τραχύ	310	313	36	38	196	181

Στο Δήμο Σκύρου ο νόμιμος πληθυσμός, δηλαδή οι δημότες το 2011 είναι 3.449.

Στο Σχήμα 5.30 απεικονίζεται η εξέλιξη του μόνιμου πληθυσμού της Σκύρου από το 1991 έως το 2011 στο σύνολο και ανά οικισμό. Τα δεδομένα έχουν αντληθεί από τον Πίνακα 5.13.



Σχήμα 5.30 Εξέλιξη μόνιμου πληθυσμού της Σκύρου, από το 1991 έως το 2011, στο σύνολο και ανά οικισμό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός κατά φύλο και ομάδες ηλικιών για το έτος 2001. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερος μέρος του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα οι 621 από τους 2.711 ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 25–39. Επιπλέον, οι άρρενες είναι περισσότεροι από τις θήλεις.

Πίνακας 5.14 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το έτος 2001 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

2001	Σύνολο	0–14	15–24	25–39	40–54	55–64	65–79	80 ετών και άνω
Και των δύο φύλων	2.711	431	419	621	486	271	402	81
Άρρενες	1.549	247	290	363	272	135	206	36
Θήλεις	1.162	184	129	258	214	136	196	45

Στον Πίνακα 5.15 παρουσιάζεται ο πραγματικός πληθυσμός της Σκύρου κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το έτος 2001. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα οι 615 από τους 2.602 ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 25–39.

Πίνακας 5.15 Πραγματικός πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, για το 2001 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

2001	Σύνολο	0–14	15–24	25–39	40–54	55–64	65–79	80 ετών και άνω
Και των δύο φύλων	2.602	431	372	615	474	264	376	70
Άρρενες	1.500	248	265	357	269	134	196	31
Θήλεις	1.102	183	107	258	205	130	180	39

Στον Πίνακα 5.16 παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός της Σκύρου κατά τον τόπο γέννησης, για το 2011. Παρατηρείται ότι 1.961 άτομα από τα 2.994 έχουν γεννηθεί στο δήμο της μόνιμης διαμονής, δηλαδή της Σκύρου.

Πίνακας 5.16 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά τόπο γέννησης, για το 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Τόπος μόνιμης διαμονής: Δήμος Σκύρου	Σύνολο	Τόπος γέννησης			Χώρα εξωτερικού
		Στο δήμο της μόνιμης διαμονής	Στην Περιφερειακή Ενότητα της μόνιμης διαμονής αλλά σε άλλο δήμο	Σε διαφορετική από τη μόνιμη διαμονή Περιφερειακή Ενότητα	
2011	2.994	1.961	109	754	170

Στον Πίνακα 5.17 απεικονίζεται ο μόνιμος πληθυσμός της Σκύρου κατά φύλο και οικογενειακή κατάσταση, για τα έτη 2001 και 2011. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα οι 1.392 από τους 2.711 το 2001 και οι 1.569 από τους 2.994 το 2011 είναι έγγαμοι με σύμφωνο συμβίωσης και σε διάσταση.

Πίνακας 5.17 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και οικογενειακή κατάσταση, για τα έτη 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Φύλο	Σύνολο	Άγαμοι	Έγγαμοι, με σύμφωνο συμβίωσης και σε διάσταση	Χήροι και χήροι από σύμφωνο συμβίωσης	Διαζευγμένοι και διαζευγμένοι από σύμφωνο συμβίωσης
2001	Και των δύο φύλων	2.711	1.115	1.392	164	40
	Άρρενες	1.549	769	725	29	26
	Θήλεις	1.162	346	667	135	14
2011	Και των δύο φύλων	2.994	1.158	1.569	196	71
	Άρρενες	1.638	740	812	42	44
	Θήλεις	1.356	418	757	154	27

Στον Πίνακα 5.18 παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός της Σκύρου κατά φύλο και κατά επίπεδο εκπαίδευσης, για τα έτη 2001 και 2011. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα οι 813 από τους 2.711 το 2001 και οι 718 από τους 2.994 το 2011 είναι απόφοιτοι δημοτικού.

Πίνακας 5.18 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά φύλο και επίπεδο εκπαίδευσης, για τα έτη 2001 και 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Φύλο	Σύνολο	Κάτοχοι διδακτορικού ή μεταπτυχιακού τίτλου / Πτυχιούχοι Παν/μίου – Πολυτεχνείου, ΑΤΕΙ, ΑΣΠΑΙΤΕ, ανώτερων επαγγελματικών και ισότιμων σχολών	Πτυχιούχοι μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (ΙΕΚ, Κολλέγια κλπ.)	Απόφοιτοι Λυκείου (Γενικού, Εκκλησιαστικού, Επαγγελματικού κλπ.)	Απόφοιτοι τριτάξιου Γυμνασίου και πτυχιούχοι Επαγγελματικών Σχολών	Απόφοιτοι Δημοτικού	Εγκατέλειψαν το Δημοτικό, αλλά γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση / Ολοκλήρωσαν την προσχολική αγωγή / Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση	Μη κατατασσόμενοι (άτομα κάτω των 6 ετών)
2001	Και των δύο φύλων	2.711	252	65	497	404	813	506	174
	Άρρενες	1.549	190	45	307	244	431	232	100
	Θήλεις	1.162	62	20	190	160	382	274	74
2011	Και των δύο φύλων	2.994	422	131	584	492	718	437	210
	Άρρενες	1.638	266	59	338	302	351	217	105
	Θήλεις	1.356	156	72	246	190	367	220	105

Στον Πίνακα 5.19 παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός της Σκύρου κατά ομάδες υπηκοοτήτων, για το 2011. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα οι 2.861 από τους 2.994 έχουν ελληνική υπηκοότητα το 2011.

Πίνακας 5.19 Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Σκύρου κατά ομάδες υπηκοοτήτων, για το 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Σύνολο	Ελλάδα (περιλαμβάνεται και ο πληθυσμός με διπλή υπηκοότητα, Ελληνική και άλλη)	Ξένες χώρες		
			Σύνολο	Χώρες ΕΕ	Λοιπές χώρες / Χωρίς υπηκοότητα ή αδιευκρίνιστη υπηκοότητα ή δε δήλωσε
2011	2.994	2.861	133	24	109

Στον Πίνακα 5.20 παρουσιάζεται το πλήθος γυναικών ηλικίας 10 ετών και άνω στη Σκύρο κατά αριθμό παιδιών για το έτος 2011. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος των γυναικών και πιο συγκεκριμένα οι 430 από τις 1.198 έχουν 2 παιδιά.

Πίνακας 5.20 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά αριθμό παιδιών, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Σύνολο γυναικών	Αριθμός παιδιών				
		0	1	2	3	4 και άνω
2011	1.198	361	139	430	174	94

Στον Πίνακα 5.21 παρουσιάζεται το πλήθος γυναικών ηλικίας 10 ετών και άνω στη Σκύρο κατά ηλικία μικρότερου παιδιού, για το έτος 2011. Παρατηρείται ότι στο μεγαλύτερο μέρος των γυναικών και πιο συγκεκριμένα στις 433 από τις 1.198 η ηλικία του μικρότερου παιδιού είναι 25 και άνω.

Πίνακας 5.21 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά ηλικία του μικρότερου παιδιού, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Σύνολο γυναικών	Από αυτές, χωρίς παιδιά	Ηλικία μικρότερου παιδιού									
			0	1	2	3	4	5	6-12	13-18	19-24	25 και άνω
2011	1.198	361	52	23	29	21	11	26	102	69	71	433

Στον Πίνακα 5.22 παρουσιάζεται το πλήθος γυναικών ηλικίας 10 ετών και άνω στη Σκύρο κατά ηλικία μεγαλύτερου παιδιού, για το έτος 2011. Παρατηρείται ότι στο μεγαλύτερο μέρος των γυναικών και πιο συγκεκριμένα στις 501 από τις 1.198 το 2011, η ηλικία του μεγαλύτερου παιδιού είναι 25 και άνω.

Πίνακας 5.22 Γυναίκες ηλικίας 10 ετών και άνω στο Δήμο Σκύρου κατά ηλικία του μεγαλύτερου παιδιού, για το έτος 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Σύνολο γυναικών	Από αυτές, χωρίς παιδιά	Ηλικία μεγαλύτερου παιδιού				
			Κάτω των 6 ετών	6–12	13–18	19–24	25 και άνω
2011	1.198	361	105	100	65	66	501

5.10 Τουρισμός

Στη Σκύρο υπάρχουν 17 ξενοδοχειακές μονάδες, με 354 δωμάτια και 689 κλίνες και κανέναν κάμπινγκ σύμφωνα με το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΞΕΕ), το 2020. Στον Πίνακα 5.23 παρουσιάζεται το ξενοδοχειακό δυναμικό της Σκύρου και πιο συγκεκριμένα το πλήθος των ξενοδοχειακών μονάδων, των δωματίων και των κλινών για την περίοδο 2016–2020. Παρατηρείται μικρή μεταβολή μεταξύ των ετών.

Πίνακας 5.23 Ξενοδοχειακό δυναμικό Δήμου Σκύρου ανά έτος από το 2016 μέχρι και το 2020 (Πηγή: ΞΕΕ).

	2016	2017	2018	2019	2020
Μονάδες	19	19	19	19	17
Δωμάτια	379	379	379	379	354
Κλίνες	739	739	739	739	689

Στον Πίνακα 5.24 απεικονίζονται οι αφίξεις πελατών (ημεδαπών και αλλοδαπών) στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι και το 2020, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ. Παρατηρείται από το 2005 μέχρι και το 2019 συνεχής αύξηση στις αφίξεις πελατών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου από 5.912 άτομα το 2005 σε 14.102 το 2019. Το 2020 λόγω της πανδημίας του κορονοϊού μειώθηκαν σε 9.006 άτομα. Ακόμη, οι αφίξεις των αλλοδαπών αντιστοιχούν στο 10% των συνολικών αφίξεων.

Πίνακας 5.24 Αφίξεις πελατών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου ανά έτος από το 2005 μέχρι και το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Αφίξεις ημεδαπών	Αφίξεις αλλοδαπών	Αφίξεις σύνολο	Ποσοστό (%) συνολικών διαθέσιμων κλινών όπου αναφέρονται τα στοιχεία
2005	5.541	371	5.912	–
2006	6.603	325	6.928	–
2007	5.856	340	6.196	–
2008	5.529	251	5.780	–
2009	6.791	391	7.182	–
2010	5.996	339	6.335	90,1
2011	6.495	411	6.906	90,1
2012	5.579	384	5.963	90,1
2013	7.674	571	8.245	90,8
2014	7.183	560	7.743	90,8
2015	7.455	4.324	11.779	84,4
2016	9.400	1.963	11.363	87,7
2017	10.947	2.144	13.091	90,9
2018	11.198	2.433	13.631	100,0
2019	10.799	3.303	14.102	100,0
2020	7.304	1.702	9.006	100,0

Στον Πίνακα 5.25 απεικονίζονται οι διανυκτερεύσεις πελατών (ημεδαπών και αλλοδαπών) στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι το 2020 σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ. Παρατηρείται από το 2005 μέχρι και το 2019 συνεχής αύξηση στις διανυκτερεύσεις από 17.756 άτομα το 2005 σε 55.953 το 2019. Το 2020, λόγω της πανδημίας του κορονοϊού μειώθηκαν σε 27.035 διανυκτερεύσεις. Ακόμη, οι διανυκτερεύσεις των αλλοδαπών αντιστοιχούν στο 10% των συνολικών διανυκτερεύσεων.

Πίνακας 5.25 Διανυκτερεύσεις πελατών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Διανυκτερεύσεις ημεδαπών	Διανυκτερεύσεις αλλοδαπών	Διανυκτερεύσεις σύνολο	Ποσοστό (%) συνολικών διαθέσιμων κλινών όπου αναφέρονται τα στοιχεία
2005	16.497	1.259	17.756	–
2006	20.427	1.088	21.515	–
2007	22.160	1.399	23.559	–
2008	17.994	1.122	19.116	–
2009	23.284	1.718	25.002	–
2010	20.496	1.570	22.066	90,1
2011	19.839	1.654	21.493	90,1
2012	17.019	1.606	18.625	90,1
2013	24.254	2.268	26.522	90,8
2014	23.533	2.822	26.355	90,8
2015	24.346	27.183	51.529	84,4
2016	31.138	12.515	43.653	87,7
2017	32.048	13.902	45.950	90,9
2018	39.399	15.441	54.840	100,0
2019	34.356	21.597	55.953	100,0
2020	21.683	5.352	27.035	100,0

Στον Πίνακα 5.26 απεικονίζεται η πληρότητα κλινών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι και το 2020, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ. Παρατηρείται αμελητέα μεταβολή μεταξύ των ετών.

Πίνακας 5.26 Πληρότητα κλινών στα καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου (πλην κάμπινγκ) για το Δήμο Σκύρου από το 2005 μέχρι το 2020 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Έτος	Ποσοστό (%) πληρότητας κλινών	Ποσοστό (%) συνολικών διαθέσιμων κλινών όπου αναφέρονται τα στοιχεία
2005	30,1	–
2006	36,3	–
2007	36,4	–
2008	29,9	–
2009	29,6	–
2010	23,9	90,1
2011	20,9	90,1
2012	17,2	90,1
2013	21,7	90,8
2014	21,0	90,8
2015	31,3	84,4
2016	25,1	87,7
2017	25,6	90,9
2018	25,4	100,0
2019	24,6	100,0
2020	23,9	100,0

5.11 Διασυνδέσεις και Πρόσβαση

Η Σκύρος έχει ικανοποιητικό οδικό δίκτυο, το οποίο καλύπτει μεγάλο μέρος του νησιού και έχει αρκετούς χωματόδρομους. Ο βασικός οδικός άξονας συνδέει τη Χώρα με το λιμάνι της Λιναριάς, διερχόμενος από τους οικισμούς Αχερούνες και Ασπούς. Γύρω από τη Χώρα, όπου βρίσκονται οι οικισμοί Μαγαζιά, Μώλος και Γυρίσματα υπάρχει ένα σχετικά πυκνό δίκτυο δρόμων. Στο βόρειο μέρος του νησιού υπάρχει ένας κυκλικός οδικός άξονας, ο οποίος ξεκινάει από τη Χώρα και κατευθύνεται προς το αεροδρόμιο, διερχόμενος από την Ατσιτσα στη δυτική ακτή. Συνεχίζεται προς νότια και νοτιοανατολικά στον οικισμό Πεύκο και έπειτα συνδέεται ξανά με το δρόμο Χώρας – Λιναριάς. Από τον οικισμό Ασπούς υπάρχει οδική πρόσβαση στο Αχίλλι, στη συνέχεια στο Καλικρί και καταλήγει στον όρμο της Καλαμίτσας. Ακόμη, η Καλαμίτσα συνδέεται με παραλιακό δρόμο με τη Λιναριά. Από την Καλαμίτσα, το οδικό δίκτυο συνεχίζεται στο νότιο μέρος του νησιού προς τον όρμο Τρεις Μπούκες και στη συνέχεια μέχρι το νοτιοανατολικό άκρο στο φάρο. Προς το βορρά υπάρχει διακλάδωση, η οποία οδηγεί στο όρος Κόχυλας και το οροπέδιο Άρι.

Οι επισκέπτες του νησιού, το καλοκαίρι συνήθως, μπορούν να μετακινηθούν με λεωφορεία, τα οποία έχουν συχνά δρομολόγια και ενώνουν τη Χώρα, τη Λιναριά και το Μώλο. Επιπλέον, γίνεται ενοικίαση αυτοκινήτων και χρήση ταξί για τη μετακίνηση των τουριστών.

Το λιμάνι της Σκύρου, η Λιναριά, απέχει 9 χιλιόμετρα από τη Χώρα και 23 χιλιόμετρα από το αεροδρόμιο.

Η πρόσβαση στο νησί γίνεται με αεροπλάνο από την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Το αεροδρόμιο είναι στρατιωτικό, στο οποίο έχει επιτραπεί η λειτουργία Πολιτικού Αεροδρομίου και βρίσκεται στο βόρειο άκρο του νησιού. Λειτουργεί από το 1984 και απέχει περίπου 17 χιλιόμετρα από τη Χώρα.

Επιπλέον, πρόσβαση γίνεται μέσω πλοίου από την Κύμη με το «Αχιλλέας» της Σκύρος Ναυτική Εταιρία (Skyros Shipping Co.). Υπάρχουν και κάποια ακόμη δρομολόγια πλοίου από τις Σποράδες.

5.12 Ύδρευση και Άρδευση

Η ύδρευση γίνεται μέσω πηγών και γεωτρήσεων. Κατά μέσο όρο το έτος, η παροχή από τις πηγές που εκμεταλλεύεται είναι 100 m³/ώρα. Το καλοκαίρι η παροχή είναι 70 m³/ώρα και το χειμώνα 150–160 m³/ώρα. Για να καλυφθούν οι ανάγκες του καλοκαιριού, πραγματοποιούνται επιπλέον γεωτρήσεις.

Η Ανάβαλα είναι η σημαντικότερη πηγή του νησιού, η οποία χρησιμοποιείται από το 1950 και βρίσκεται σε υψόμετρο 30 m. Έχει παροχή κατά τους υγρούς μήνες είναι 80 m³/ώρα και κατά τους ξηρούς μήνες είναι 50 m³/ώρα. Ο ετήσιος απολήψιμος όγκος νερού εκτιμάται στα 369.825 m³. Το νερό από την πηγή συλλέγεται με φυσική ροή στην κεντρική δεξαμενή στην περιοχή Παλιαμπελάς χωρητικότητας 500 m³ όπου βρίσκεται το κεντρικό αντλιοστάσιο σε υψόμετρο 8 m. Η σύνδεση γίνεται με δίκτυο μήκους 1.450 m.

Έπειτα το νερό μεταφέρεται με αντλίες σε 3 δεξαμενές για την υδροδότηση διάφορων άλλων περιοχών. Η πρώτη είναι η δεξαμενή στη θέση Μαύρικας, η οποία υδροδοτεί την περιοχή Μώλος/Μαγαζιά και έχει χωρητικότητα 300 m³. Η δεύτερη

είναι η δεξαμενή στη θέση Καραλής, η οποία υδροδοτεί τον παραδοσιακό οικισμό της Χώρας και το υπόλοιπο του νησιού μέχρι και το λιμάνι της Λιναριάς, δηλαδή τις περιοχές Άγιος Γεώργιος και Νυφάτσι/Τράχηλας και έχει χωρητικότητα 100 m³. Η τρίτη είναι η δεξαμενή της Πολεμικής Αεροπορίας, η οποία έχει χωρητικότητα 8 m³.

Από την πηγή Νυφάτσι μέσω δεξαμενών και αγωγών υδροδοτούνται η περιοχή Καλαμίτσα και Αχίλλι. Η μέγιστη παροχή της είναι 15 m³/ώρα και ο ετήσιος απολήψιμος όγκος νερού εκτιμάται σε 7.440 m³.

Οι υπόλοιποι δύο οικισμοί της Σκύρου Πεύκος και Ατσίτσα δεν υδροδοτούνται.

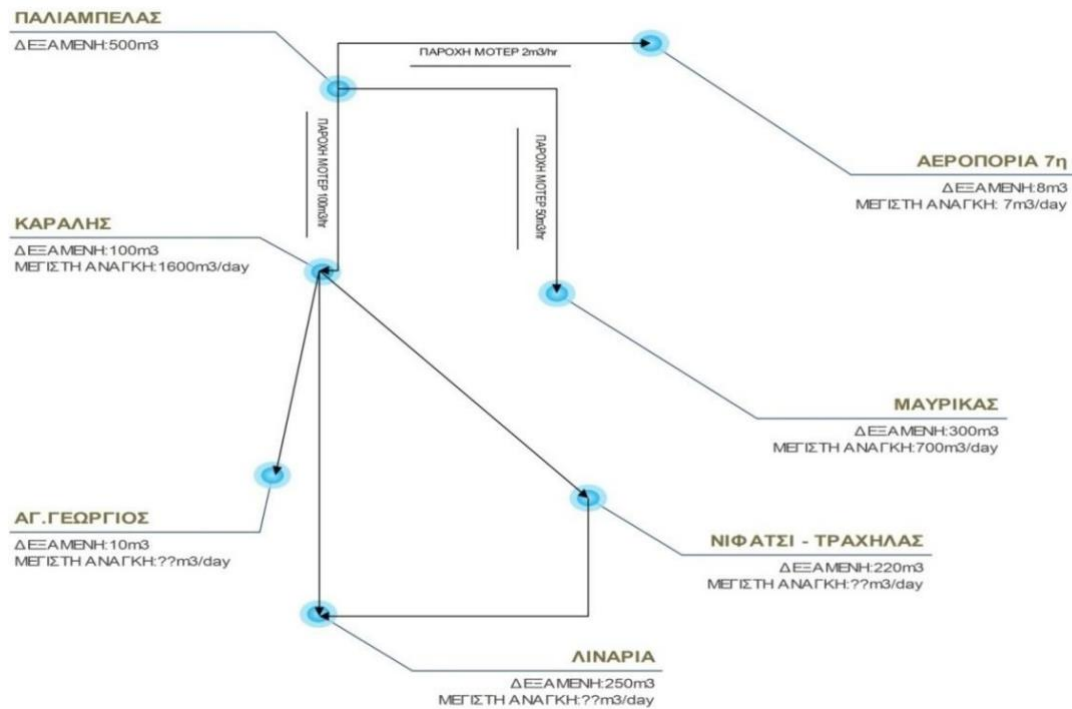
Το υδρευτικό δίκτυο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τροφοδοτείται και από γεωτρήσεις κατά τις περιόδους που δεν αρκούν οι πηγές. Υπάρχουν 3 γεωτρήσεις. Η γεώτρηση στη θέση Ασπούς Β' έχει παροχή 23 m³/ώρα και ετήσιο απολήψιμο όγκο νερού στα 28.520 m³. Η γεώτρηση στη θέση Χωράφα–Μελικάρι έχει παροχή 15 m³/ώρα και ετήσιο απολήψιμο όγκο νερού στα 12.400 m³. Η γεώτρηση στη θέση Μανωλιά έχει παροχή 0,5 m³/ώρα και ετήσιο απολήψιμο όγκο νερού στα 12.400 m³.

Συγκεντρωτικά για την ύδρευση προκύπτει ο Πίνακας 5.27. Παρατηρείται ότι η συνολική παροχή από τις 2 υδρομαστεύσεις και τις 3 γεωτρήσεις είναι 133,5 m³/ώρα και ο συνολικός ετήσιος απολήψιμος όγκος είναι 430.585 m³.

Πίνακας 5.27 Υδρευτικό δίκτυο της Σκύρου (Πηγή: ΑΚΕΠ).

Είδος	Ονομασία	Παροχή (m ³ /ώρα)	Ετήσιος απολήψιμος όγκος (m ³)
Υδρομάστευση	Πηγή Ανάβαλα	80 (μέγιστη)	369.825
Υδρομάστευση	Πηγή Νυφάκι	15 (μέγιστη)	7.440
Γεώτρηση	Θέση Ασπούς Β'	23	28.520
Γεώτρηση	Θέση Χωράφα–Μελικάρι	15	12.400
Γεώτρηση	Θέση Μανωλιά	0,5	12.400
Σύνολο		133,5	430.585

Παρατηρείται ότι το 86% του νερού προέρχεται από την Πηγή Ανάβαλα. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι το νερό από όλες τις πηγές είναι υφάλμυρο, καθώς διεισδύει θαλασσινό νερό στον υδροφόρο ορίζοντα. Στο Σχήμα 5.31 παρουσιάζεται σχηματικό διάγραμμα του δικτύου υδροδότησης πόσιμου νερού της Σκύρου.



Σχήμα 5.31 Σχηματικό Διάγραμμα Δικτύου υδροδότησης πόσιμου νερού της Σκύρου (Πηγή: ΑΚΕΠ).

Η άρδευση στο νησί πραγματοποιείται μέσω των γεωτρήσεων, οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως. Επιπλέον, υπάρχουν και ιδιωτικές γεωτρήσεις στο νησί.

Υπάρχει ένα φράγμα υπό κατασκευή το οποίο πρόκειται να παραδοθεί σε 1–2 έτη. Βρίσκεται στην περιοχή Φερεκάμπου και είναι ένα χωμάτινο φράγμα με μέγιστο ύψους τα 23 m και όγκο ταμιευτήρα 1.047.000 m³. Ο τίτλος του έργου είναι «Κατασκευή Φράγματος και Αγωγού Μεταφοράς Φερέκαμπου Ν. Σκύρου». Πρόκειται για ένα προγραμματισμένο έργο που εξετάστηκε ως εξαίρεση στο Υδατικό Διαμέρισμα Στερεάς Ελλάδας. Τα συνοδά έργα αφορούν έργα εκτροπής – εκκένωσης, δρόμους αποκατάστασης, αγωγό υδροληψίας κλπ.

Πιο συγκεκριμένα, το έργο αφορά την εκμετάλλευση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης του ρεύματος Φερέκαμπου, το οποίο βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της νήσου Σκύρου. Με την κατασκευή του φράγματος προβλέπεται να αρδευτούν 2.700 στρέμματα καλλιεργειών, τα οποία βρίσκονται κατάντη του και θα ενισχυθεί το υφιστάμενο δίκτυο ύδρευσης του νησιού. Το φράγμα προβλέπεται να

κατασκευαστεί εντός του ρέματος Φερέκαμπου, σε απόσταση 3 χιλιόμετρα περίπου στα νοτιοδυτικά της κοινότητας της Σκύρου (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013).

5.13 Ηλεκτρική Ενέργεια

Η Σκύρος ανήκει στην κατηγορία Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ), δηλαδή το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας δε συνδέεται με το Σύστημα Μεταφοράς ή το Δίκτυο Διανομής της ηπειρωτικής χώρας. Υπάρχει ένα Ηλεκτρικό Σύστημα ΜΔΝ στο νησί.

Ο Τοπικός Σταθμός Παραγωγής (ΤΣΠ) της Σκύρου βρίσκεται στην περιοχή Αχερούνες, επί της επαρχιακής οδού η οποία συνδέει τη Λιναριά με τη Χώρα. Ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ντιζελοηλεκτρικός, δηλαδή το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι ντίζελ περιεκτικότητας έως 0,035% σε θείο (S). Η ονομαστική ισχύς του σταθμού είναι 5,496 MW. Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει σημαντική διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η ζήτηση αυξάνεται σημαντικά εξαιτίας του τουρισμού. Ανάλογα με τη ζήτηση, λειτουργεί το σύνολο ή μέρος των Ηλεκτροπαραγωγών Ζευγών με ισχύ ανάλογη του ζητούμενου φορτίου (ΔΕΗ, 2005).

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 5.28, ακολουθούν στοιχεία τα οποία προέρχονται από τα Μηνιαία Δελτία Συμμετεχόντων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, σύμφωνα με το Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), για κάθε μήνα από το Μάρτιο του 2018 μέχρι και τον Αύγουστο του 2021. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται η ενέργεια κατανάλωσης παρόχων χαμηλής τάσης, η ενέργεια κατανάλωσης παρόχων μέσης τάσης και η συνολική ενέργεια κατανάλωσης σε MWh. Παρατηρείται ότι ο μήνας με την υψηλότερη συνολική ενέργεια κατανάλωσης είναι ο Αύγουστος και ο μήνας με τη χαμηλότερη συνολική ενέργεια κατανάλωσης είναι ο Μάιος. Μεταξύ των ετών δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις τιμές. Ετησίως κατά μέσο όρο καταναλώνονται συνολικά 14.070 MWh.

Πίνακας 5.28 Μηνιαία Δελτία Συμμετεχόντων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο για την περίοδο 03/2018–08/2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).

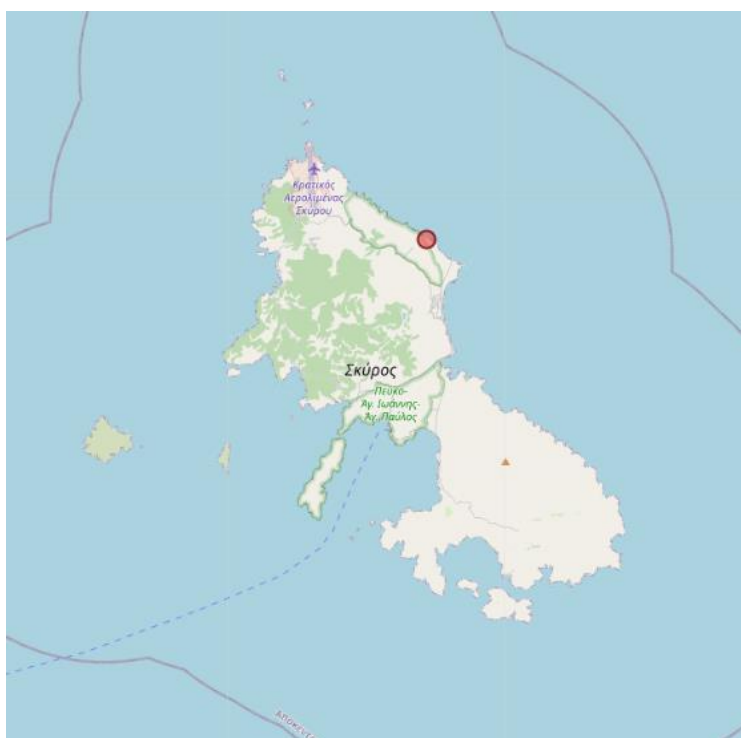
Μήνας/Ετος	Ενέργεια Κατανάλωσης Παρόχων Χαμηλής Τάσης (MWh)	Ενέργεια Κατανάλωσης Παρόχων Μέσης Τάσης (MWh)	Συνολική Ενέργεια Κατανάλωσης (MWh)
03/2018	1027,18	154,65	1181,83
04/2018	878,12	141,67	1019,78
05/2018	944,58	132,44	1077,01
06/2018	918,57	160,58	1079,15
07/2018	1092,63	211,06	1303,70
08/2018	1196,85	215,29	1412,14
09/2018	1061,64	173,82	1235,46
10/2018	1074,18	129,66	1203,84
11/2018	1054,50	144,44	1198,94
12/2018	1017,98	172,77	1190,75
01/2019	1059,64	185,72	1245,37
02/2019	988,90	171,62	1160,52
03/2019	960,94	170,96	1131,91
04/2019	835,12	158,16	993,28
05/2019	860,45	125,21	985,66
06/2019	1013,68	174,79	1188,47
07/2019	1074,87	211,32	1286,20
08/2019	1238,99	218,30	1457,29
09/2019	1143,95	173,23	1317,18
10/2019	1096,70	125,48	1222,18
11/2019	1047,44	131,17	1178,61
12/2019	972,29	159,43	1131,72
01/2020	986,78	191,19	1177,98
02/2020	942,04	165,75	1107,79
03/2020	939,58	163,28	1102,86
04/2020	892,26	156,43	1048,69
05/2020	894,54	111,22	1005,77
06/2020	900,86	128,62	1029,47
07/2020	1031,77	189,80	1221,57
08/2020	1213,02	199,86	1412,87
09/2020	1082,17	159,67	1241,84
10/2020	1120,97	119,34	1240,31
11/2020	1011,45	144,74	1156,19
12/2020	934,14	162,29	1096,43
01/2021	951,01	170,97	1121,98
02/2021	913,45	156,25	1069,69
03/2021	983,28	165,70	1148,98
04/2021	736,00	135,57	871,57
05/2021	1157,60	111,42	1070,05
06/2021	1006,43	151,17	1157,60
07/2021	1201,06	213,09	1414,15
08/2021	1428,76	218,08	1646,83

Αναλυτικότερα στατιστικά στοιχεία για τα Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ, Θερμικής Παραγωγής και τα Στοιχεία των Ηλεκτρικών Συστημάτων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, παρουσιάζονται στο Παράρτημα 2, σύμφωνα με το ΔΕΔΔΗΕ.

5.14 Απορρίμματα

Στη Σκύρο λειτουργεί Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) και δίκτυο αποχέτευσης.

Η ΕΕΛ βρίσκεται στην περιοχή Γυρίσματα. Η έναρξη λειτουργίας της πραγματοποιήθηκε το 2014. Η δυναμικότητα της κατασκευασμένης εγκατάστασης είναι 7.500 ισοδύναμοι κάτοικοι. Η θέση της ΕΕΛ απεικονίζεται με κόκκινη κουκίδα στο Σχήμα 5.32. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 10 στρέμματα. Τοποθετείται δίπλα στη θάλασσα σε περιοχή όπου δεν κατοικείται (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2018).



Σχήμα 5.32 Χάρτης της Σκύρου όπου απεικονίζεται η θέση της ΕΕΛ στην περιοχή γυρίσματα (Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/>).

5.15 Υφιστάμενη κατάσταση νησιού

Στη Σκύρο υπάρχει ένας σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Βρίσκεται στις Αχερούνες και περιέχει έναν ρευματοδότη AC Type 2 Socket 22 kW.

Στη Λιναρία, δηλαδή στο λιμάνι της Σκύρου, υπάρχουν Φ/Β πάνελ. Πιο συγκεκριμένα, είναι εγκατεστημένα δύο κινητά περίπτερα πληροφοριών του τουριστικού καταφυγίου και λειτουργούν 4 ηλιακοί φορτιστές κινητών τηλεφώνων και ηλεκτρονικών συσκευών. Το σύστημα φόρτισης διαθέτει 8 θύρες USB για διάφορους τύπους συσκευών.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στην υφιστάμενη κατάσταση του νησιού. Δεν υπάρχουν εγκατεστημένα αιολικά πάρκα με ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Υπάρχουν όμως εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα, σταθερά και σε στέγες (ΡΑΕ, 2021).

Όσον αφορά τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW, υπάρχει στη νότια μεριά του νησιού περιοχή σε αξιολόγηση, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη του Σχήματος 5.33 με κόκκινο χρωματισμό.



Σχήμα 5.33 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW σε αξιολόγηση (Πηγή: <https://geo.rae.gr/>).

Επιπλέον, υπάρχουν στις περιοχές όπου φαίνεται στο χάρτη του Σχήματος 5.34 με κόκκινο χρωματισμό φωτοβολταϊκοί σταθμοί με απορριπτικές αποφάσεις.



Σχήμα 5.34 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: <https://geo.rae.gr/>).

Όσον αφορά τους αιολικούς σταθμούς, υπάρχουν περιοχές με άδεια παραγωγής και κάποιες περιοχές με απορριπτικές αποφάσεις. Στο Σχήμα 5.35 με πράσινο απεικονίζονται εκείνοι με άδεια παραγωγής και με κόκκινο εκείνοι με απορριπτικές αποφάσεις.



Σχήμα 5.35 Αιολικοί σταθμοί με πράσινο χρώμα απεικονίζονται εκείνοι με άδεια παραγωγής και με κόκκινο χρώμα εκείνοι με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: <https://geo.rae.gr/>).

Στο Σχήμα 5.36 παρατηρούνται οι Α/Γ των αιολικών και υβριδικών σταθμών με άδεια παραγωγή και με απορριπτικές αποφάσεις, με πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα.



Σχήμα 5.36 Α/Γ των αιολικών και υβριδικών σταθμών με πράσινο χρώμα απεικονίζονται εκείνες με άδεια παραγωγή και με κόκκινο χρώμα εκείνες με απορριπτικές αποφάσεις (Πηγή: <https://geo.rae.gr/>).

6. Μεθοδολογία – Υπολογισμοί

6.1 Μελέτη σκοπιμότητας

Κατά τους θερινούς μήνες, η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια και νερό αυξάνεται σημαντικά. Η ζήτηση τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί όλο και περισσότερο. Επιπλέον, τα προβλήματα στην ηλεκτροδότηση ενδέχεται να έχουν σοβαρές συνέπειες στην οικονομία και τον τουρισμό του νησιού.

Όσον αφορά το πόσιμο νερό, η μονάδα αφαλάτωσης είναι απαραίτητη καθώς το νερό είναι υφάλμυρο και κρίνεται ακατάλληλο για πόση. Οι κάτοικοι καταναλώνουν εμφιαλωμένο νερό. Επιπλέον, το δίκτυο υδροδότησης έχει προβλήματα, όπως οι διαβρώσεις των σωληνώσεων. Αυτό οδηγεί στην ύπαρξη του ατιμολόγητου νερού (Non Revenue Water – NRW), το οποίο πρόκειται για τη διαφορά του νερού το οποίο εισάγεται στις δεξαμενές και εκείνου που καταμετράται στους καταναλωτές.

Στη γεωργία αντιστοιχεί σημαντικό ποσοστό των υδάτινων πόρων, εκτιμάται στο 85%. Είναι σημαντικό να εφαρμοστούν καινοτόμες λύσεις, οι οποίες συμβάλουν στην αποφυγή σπατάλης του νερού.

Το υβριδικό έργο έχει ως σκοπό την κάλυψη των υδρευτικών και των ηλεκτρικών αναγκών του νησιού, με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

6.2 Τεχνική Περιγραφή Έργου

Το έργο αποτελείται από 3 ανεμογεννήτριες (Α/Γ) 2.350 kW εκάστη, μια μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 3.500 m³/ημέρα, έναν αντλητικό σταθμό με 3 αντλίες ισχύος 1,5 MW, 1,0 MW και 0,5 MW αντίστοιχα, έναν υδροηλεκτρικό σταθμό 4,7 MW, έναν ταμιευτήρα συνολικού όγκου 200.000 m³, ο οποίος βρίσκεται στα 300 m από το επίπεδο της θάλασσας και μια μονάδα παραγωγής υδρογόνου δυναμικότητας 700 kg/ημέρα.

Η ενέργεια παράγεται ανανεώσιμα ως αιολική μέσω των τριών Α/Γ. Ως μονάδες αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιείται η αντλησιοταμίευση, δηλαδή αποθηκεύεται η δυναμική ενέργεια του νερού και το υδρογόνο, το οποίο με την καύση του παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Όταν δεν ικανοποιούνται οι ενεργειακές ανάγκες στο νησί, προσφέρεται ενέργεια από τις μονάδες αποθήκευσης.

6.3 Εκτίμηση Αναγκών Ύδρευσης

Σύμφωνα με τα δημογραφικά στοιχεία, τα οποία αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο αριθμός των υδρευόμενων ατόμων τη μη τουριστική περίοδο, δηλαδή οι μόνιμοι κάτοικοι, εκτιμάται στα 3.000 άτομα και την τουριστική περίοδο, δηλαδή από 1 Ιουλίου έως 31 Αυγούστου, στα 12.000 άτομα.

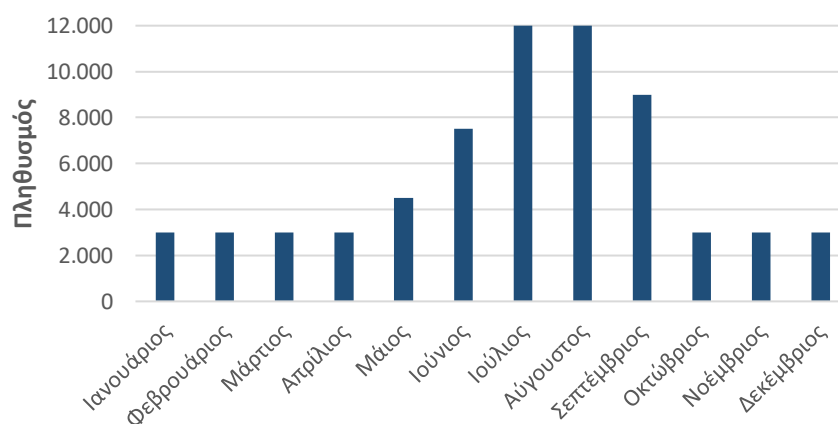
Ακριβή στοιχεία για τη μηνιαία διακύμανση του πληθυσμού δε βρέθηκαν. Με βάση τα στατιστικά στοιχεία της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας, για το μηνιαίο αριθμό πτήσεων, έγινε μια εκτίμηση της μηνιαίας διακύμανσης του πληθυσμού.

Γνωρίζοντας το συνολικό αριθμό των αφίξεων ανά το έτος, γίνεται εκτίμηση του ποσοστού το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε μήνα και παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1 το σύνολο του πληθυσμού ανά μήνα.

Πίνακας 6.1 Μηνιαία στοιχεία πληθυσμού για τη Σκύρο.

Μήνας	Διακύμανση Τουρισμού	Μόνιμος Πληθυσμός	Επιπλέον Πληθυσμός	Σύνολο Πληθυσμού
Ιανουάριος	0%	3.000	0	3.000
Φεβρουάριος	0%	3.000	0	3.000
Μάρτιος	0%	3.000	0	3.000
Απρίλιος	0%	3.000	0	3.000
Μάιος	5%	3.000	1.800	4.800
Ιούνιος	15%	3.000	5.400	8.400
Ιούλιος	30%	3.000	9.000	12.000
Αύγουστος	30%	3.000	9.000	12.000
Σεπτέμβριος	20%	3.000	7.200	10.200
Οκτώβριος	0%	3.000	0	3.000
Νοέμβριος	0%	3.000	0	3.000
Δεκέμβριος	0%	3.000	0	3.000

Στο Σχήμα 6.1 απεικονίζονται οι παραπάνω τιμές του συνόλου του πληθυσμού ανά μήνα. Οι μήνες με τον υψηλότερο πληθυσμό είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.



Σχήμα 6.1 Μηνιαία διακύμανση συνολικού πληθυσμού για τη Σκύρο.

Οι τυπικές τιμές κατανάλωσης νερού στην Ελλάδα για οικιακή χρήση μόνιμων κατοίκων είναι 150–200 L/ημέρα/κάτοικο, για οικιακή χρήση παραθεριστών είναι 200–250 L/ημέρα/κάτοικο και για τουριστική χρήση είναι 250–350 L/ημέρα/κάτοικο (Ευστρατιάδης κ.ά., 2019).

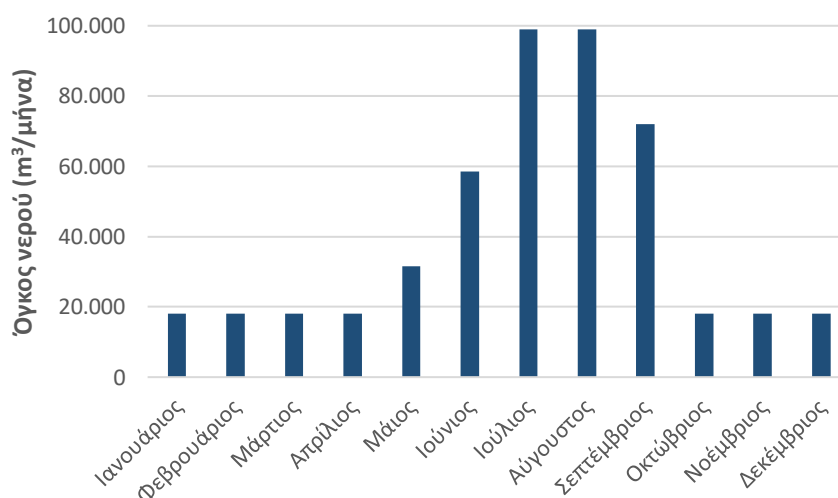
Για τους μόνιμους κάτοικους λαμβάνεται η τιμή 200 L/ημέρα/κάτοικο = 0,2 m³/ημέρα/κάτοικο και για τους επιπλέον κατοίκους, οι οποίοι αφορούν τους παραθεριστές και τους τουρίστες, λαμβάνεται η τιμή 300 L/ημέρα/κάτοικο = 0,3 m³/ημέρα/κάτοικο.

Επομένως, προκύπτει ο Πίνακας 6.2 ο οποίος αφορά τη μηνιαία διακύμανση των αναγκών ύδρευσης. Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες τιμές μηνιαίας ζήτησης νερού είναι 99.000 m³/μήνα ή 3.300 m³/ημέρα και αντιστοιχούν στον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Οι χαμηλότερες τιμές είναι 18.000 m³/μήνα ή 600 m³/ημέρα και αντιστοιχούν από τον Οκτώβριο μέχρι και τον Απρίλιο.

Πίνακας 6.2 Μηνιαία στοιχεία ζήτησης ύδρευσης για τη Σκύρο.

Μήνας	Σύνολο Πληθυσμού	Ημερήσια Ζήτηση (m ³ /ημέρα)	Μηνιαία Ζήτηση (m ³ /μήνα)
Ιανουάριος	3.000	600	18.000
Φεβρουάριος	3.000	600	18.000
Μάρτιος	3.000	600	18.000
Απρίλιος	3.000	600	18.000
Μάιος	4.800	1.050	31.500
Ιούνιος	8.400	1.950	58.500
Ιούλιος	12.000	3.300	99.000
Αύγουστος	12.000	3.300	99.000
Σεπτέμβριος	10.200	2.400	72.000
Οκτώβριος	3.000	600	18.000
Νοέμβριος	3.000	600	18.000
Δεκέμβριος	3.000	600	18.000
Συνολική ετήσια ζήτηση ύδρευσης			486.000

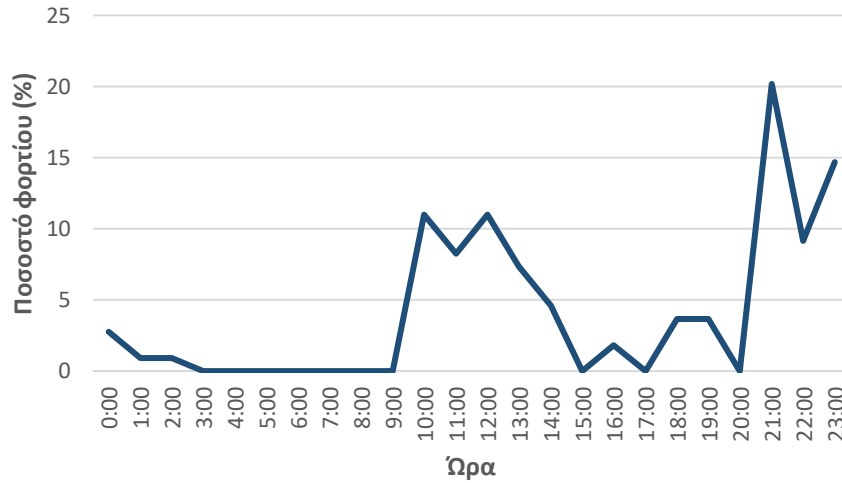
Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζονται γραφικά οι παραπάνω τιμές του Πίνακα 6.2 της μηνιαίας ζήτησης ύδρευσης για τη Σκύρο. Οι μήνες με την υψηλότερη ζήτηση είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με τιμή 99.000 m³/ημέρα.



Σχήμα 6.2 Μηνιαία ζήτηση ύδρευσης για τη Σκύρο.

Θεωρείται συντελεστής ημερήσιας αιχμής ίσος με $\lambda_H = 2,5$ λόγω του εποχιακού πληθυσμού και συντελεστής ωριαίας αιχμής, σταθερός για όλες τις ημέρες του χρόνου ίσος με $\lambda_\omega = 1,5$ (Ευστρατιάδης κ.ά., 2017).

Στο Σχήμα 6.3 προκύπτει η ημερήσια διακύμανση της ζήτησης νερού για ύδρευση.

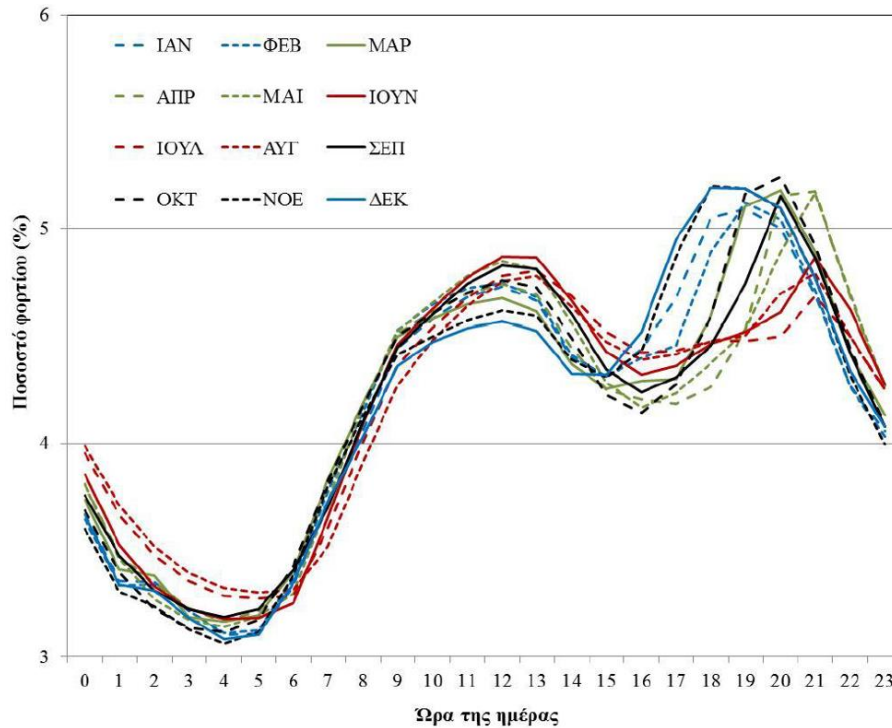


Σχήμα 6.3 Ημερήσια διακύμανση ζήτησης νερού για ύδρευση (Ευστρατιάδης κ.ά., 2017).

6.4 Εκτίμηση Αναγκών Ηλεκτρικής Ενέργειας

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ζήτηση της ενέργειας σε μια περιοχή. Μερικοί από τους οποίους είναι ο πληθυσμός, το είδος των δραστηριοτήτων, οι κλιματολογικές συνθήκες, τα διάφορα οικονομικά μεγέθη, οι υποδομές, οι κοινωνικές συνθήκες και οι πολιτικές συνθήκες.

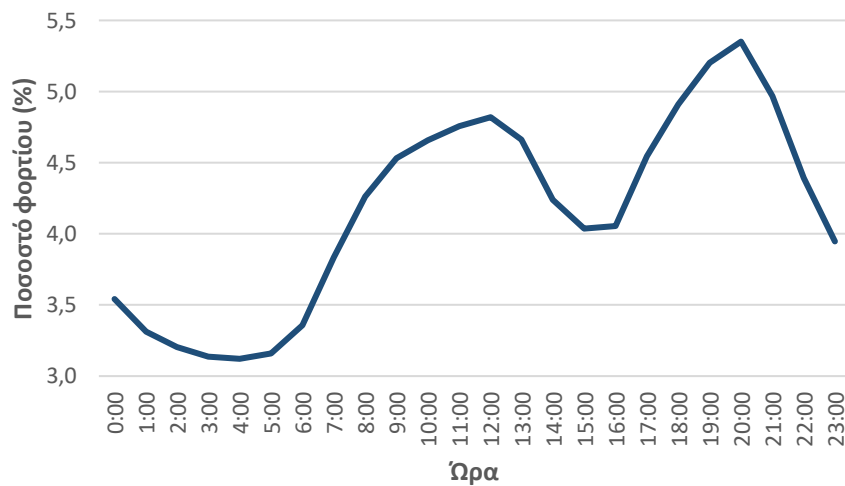
Στο Σχήμα 6.4 παρουσιάζεται η χρονική κατανομή της ωριαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μήνα στην Ελλάδα για την περίοδο 2002–2012.



Σχήμα 6.4 Ωριαία κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για την περίοδο 2002–2012 (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αιχμές ζήτησης φορτίου καθορίζουν τη συνολική ισχύ, η οποία πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένη (Μονάδες Αιχμής) και το κατώφλι ζήτησης φορτίου καθορίζει την τιμή της ισχύος η οποία αδιάλειπτα πρέπει να παρέχεται (Μονάδες Βάσης) (Μαμάσης κ.ά., 2018).

Ψηφιοποιώντας το παραπάνω γράφημα προκύπτει το γράφημα του Σχήματος 6.5 για την ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δύο μέγιστα παρατηρούνται στις 20:00 και στις 12:00, ενώ κατά τις νυκτερινές ώρες 00:00–06:00 η ζήτηση για ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται.



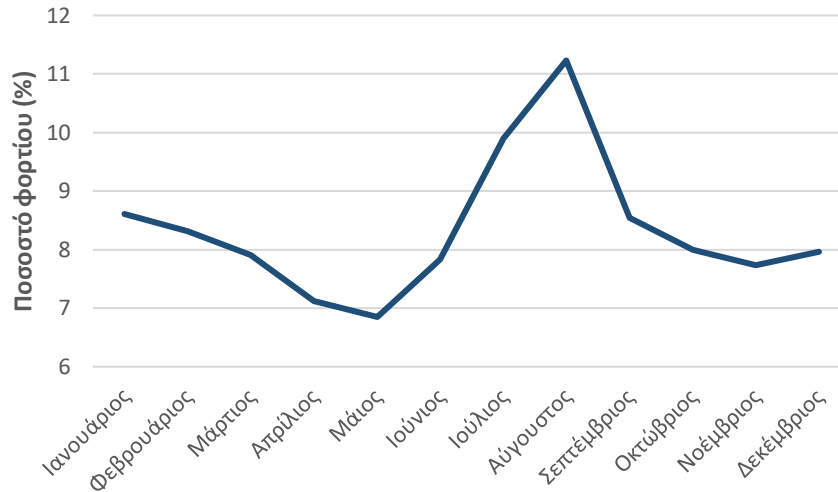
Σχήμα 6.5 Ημερήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Αναλυτικότερα, οι τιμές του παραπάνω γραφήματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3 Ωριαία στοιχεία για το ποσοστό ημερήσιου φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας για τη Σκύρο.

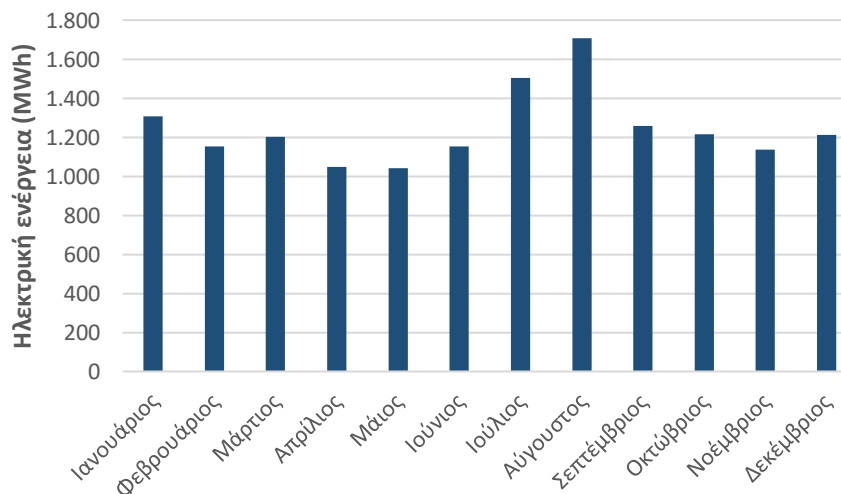
Ώρα ημέρας	Ποσοστό ημερήσιου φορτίου (%)
00:00	3,54
01:00	3,31
02:00	3,20
03:00	3,13
04:00	3,12
05:00	3,16
06:00	3,36
07:00	3,83
08:00	4,26
09:00	4,53
10:00	4,66
11:00	4,76
12:00	4,82
13:00	4,66
14:00	4,24
15:00	4,04
16:00	4,05
17:00	4,55
18:00	4,91
19:00	5,20
20:00	5,35
21:00	4,97
22:00	4,39
23:00	3,95

Όσον αφορά την ετήσια διακύμανση σύμφωνα με δεδομένα της ΔΕΔΔΗΕ προκύπτει το γράφημα του Σχήματος 6.6. Η υψηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται τον Αύγουστο, λόγω του τουρισμού. Επιπλέον, κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται ελαφρώς αυξημένες τιμές, λόγω των αναγκών για θέρμανση. Ο μήνας με τη χαμηλότερη κατανάλωση είναι ο Μάιος και ακολουθεί ο Απρίλιος.



Σχήμα 6.6 Ετήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με το γράφημα του Σχήματος 6.6, προκύπτει η ετήσια διακύμανση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρατηρείται ότι κατά μέσο όρο καταναλώνονται 1.245 MWh ηλεκτρικής ενέργειας το μήνα. Ο μήνας με την υψηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο Αύγουστος με τιμή 1.707 MWh. Συνολικά ετησίως καταναλώνονται 14.936 MWh.



Σχήμα 6.7 Ετήσια διακύμανση ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για τα έτη 2011-2020.

Αναλυτικότερα τα παραπάνω στοιχεία του γραφήματος, τα οποία αφορούν την ετήσια ζήτηση του ηλεκτρικού ρεύματος, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4 Μηνιαία στοιχεία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τη Σκύρο.

Μήνας	Σύνολο Πληθυσμού	Ημερήσια Ζήτηση (MWh/ημέρα)	Μηνιαία Ζήτηση (MWh/μήνα)
Ιανουάριος	3.000	44	1.308
Φεβρουάριος	3.000	38	1.154
Μάρτιος	3.000	40	1.202
Απρίλιος	3.000	35	1.047
Μάιος	4.800	35	1.041
Ιούνιος	8.400	38	1.152
Ιούλιος	12.000	50	1.504
Αύγουστος	12.000	57	1.707
Σεπτέμβριος	10.200	42	1.256
Οκτώβριος	3.000	41	1.216
Νοέμβριος	3.000	38	1.138
Δεκέμβριος	3.000	40	1.211
Συνολική ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας			14.936

Παρατηρείται ότι ο μήνας με την υψηλότερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο Αύγουστος, με τιμή 1.707 MWh/μήνα ή 57 MWh/ημέρα, λόγω του τουρισμού.

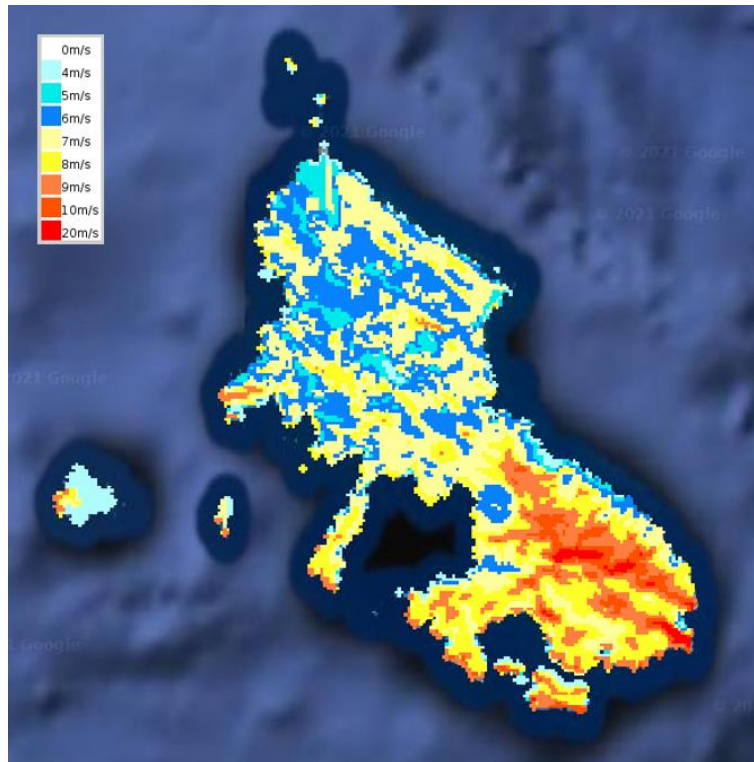
Μεταξύ των ετών δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις τιμές της ετήσιας κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΗ. Η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 14.936 MWh.

6.5 Μοντέλο Α/Γ και μετατροπή Ανεμολογικών Δεδομένων σε Ηλεκτρική Ενέργεια

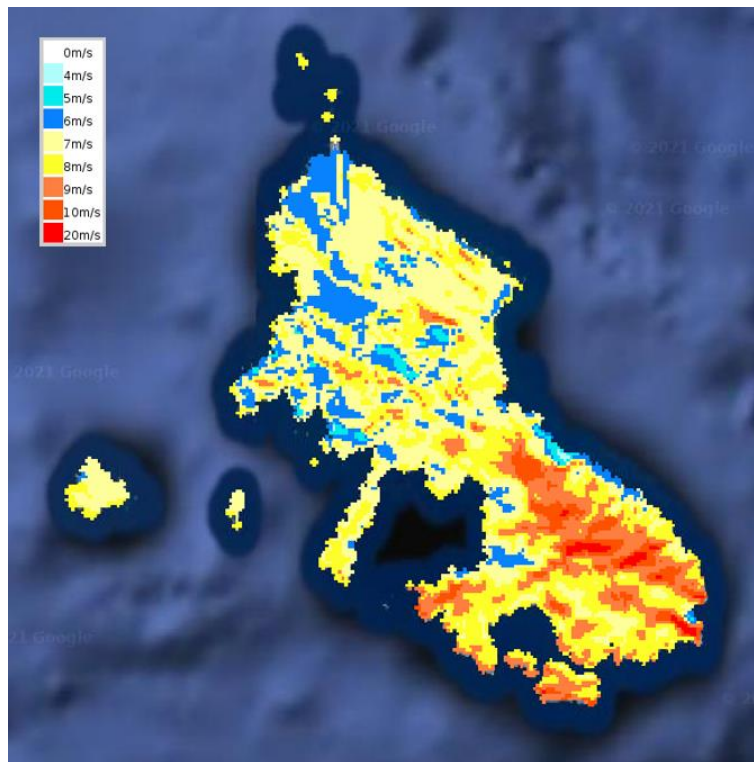
Υπάρχουν δύο κριτήρια σύμφωνα με τα οποία γίνεται η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου και των Α/Γ του. Το πρώτο είναι η επιλογή της κατάλληλης θέσης και το δεύτερο είναι η επιλογή της ισχύος των Α/Γ. Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης λαμβάνεται υπόψη το αιολικό δυναμικό της περιοχής, η πρόσβαση στο χώρο, η συνδεσιμότητα με το δίκτυο ηλεκτρισμού, η περιβαλλοντική όχληση και η κοινωνική αποδοχή. Όσον αφορά την ισχύ των Α/Γ και το πλήθος τους, κυρίαρχο ρόλο παίζει η μέση ταχύτητα του ανέμου της περιοχής.

Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης στη Σκύρο εξετάζονται οι χάρτες αιολικού δυναμικού του νησιού. Στις Εικόνες 6.8, 6.9 και 6.10 παρουσιάζονται οι χάρτες αιολικού δυναμικού (h80, h100 και h120) για τη Σκύρο, σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Οι ταχύτητες του ανέμου απεικονίζονται με χρωματισμούς

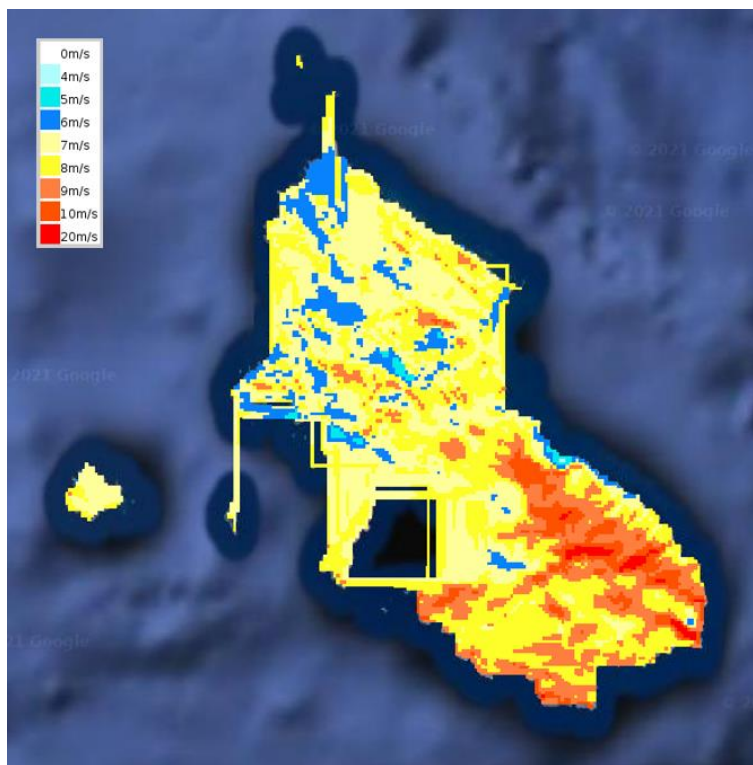
από μπλε για χαμηλές ταχύτητες ανέμου, κίτρινο για μεσαίες ταχύτητες ανέμου και κόκκινο για υψηλές ταχύτητες ανέμου.



Σχήμα 6.8 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h80) της Σκύρου (Πηγή: ΡΑΕ, 2021).



Σχήμα 6.9 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h100) της Σκύρου (Πηγή: ΡΑΕ, 2021).



Σχήμα 6.10 Χάρτης αιολικού δυναμικού (h120) της Σκύρου (Πηγή: ΡΑΕ, 2021).

Από τους παραπάνω 3 χάρτες προκύπτει ότι το υψηλότερο αιολικό δυναμικό παρατηρείται στο νότιο τμήμα του νησιού, και πιο συγκεκριμένα στο Όρος Κόχυλας. Πρόκειται για την περιοχή με το μεγαλύτερο υψόμετρο του νησιού, στα 792 m. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5, η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί βιότοπο Natura (GR2420006) και βιότοπο Corine (A00040063) συνεπώς δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση αιολικού πάρκου καθώς πρόκειται για προστατευόμενες περιοχές. Όμως, σύμφωνα με τη ΡΑΕ, το οποίο έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 5, στο νότιο μέρος του νησιού, έχει δοθεί άδεια για παραγωγή αιολικής ενέργειας από αιολικά πάρκα και εκκρεμεί η άδεια λειτουργίας τους. Επομένως, είναι εφικτή η εγκατάσταση αιολικού πάρκου στο Όρος Κόχυλας.

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα από το ΕΑΑ, τα οποία αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5, η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου τα 10 τελευταία χρόνια (2011–2020) είναι 4,1 m/s. Το υψόμετρο του ανεμόμετρου είναι 27 m. Η σχέση η

οποία εκφράζει την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου με το υψόμετρο ονομάζεται εκθετικός νόμος κατανομής του ανέμου και είναι η ακόλουθη:

$$V/V_0 = (y/y_0)^n, \quad (6.1)$$

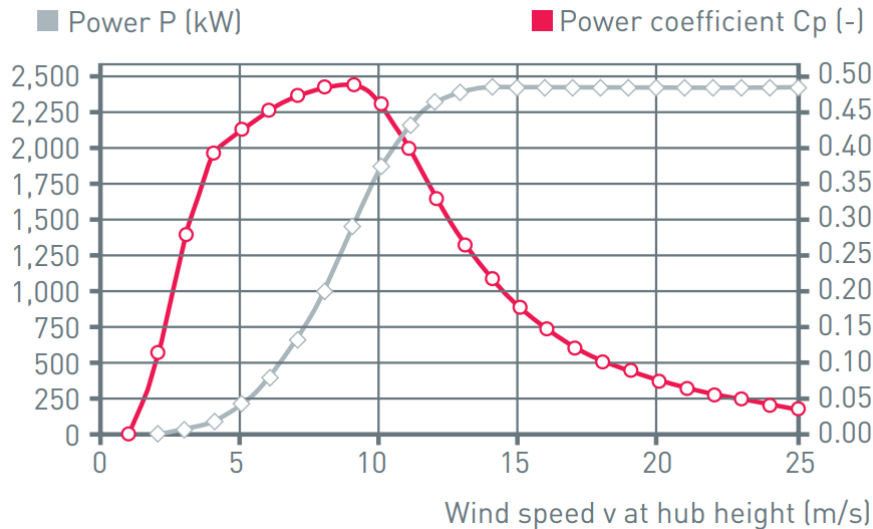
Όπου, V (m/s) είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος y (m). Στη συγκεκριμένη περίπτωση το μέσο υψόμετρο της περιοχής είναι 700 m. Το ύψος του πύργου της Α/Γ είναι 108 m. Οπότε, συνολικά $y = 808$ m. V_0 (m/s) είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος y_0 (m) και n είναι ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους, όπου για το Όρος Κόχυλας, το οποίο θεωρείται θαμνώδες έδαφος, $n = 0,20$ (Κατηγορία τραχύτητας 1). Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος $y_0 = 27$ m είναι $V_0 = 4,1$ m/s. Άρα, η ταχύτητα του ανέμου για το ύψος $y = 808$ m, εφαρμόζοντας τη σχέση (6.1) είναι:

$$V = (4,1 \text{ m/s}) \cdot (808 \text{ m}/27 \text{ m})^{0,20} = 8,2 \text{ m/s}, \quad (6.2)$$

Θεωρείται ότι το 30% της αιολικής ενέργειας, η οποία παράγεται από τις Α/Γ, διοχετεύεται κατευθείαν στο δίκτυο. Επιλέγεται το συγκεκριμένο ποσοστό λόγω του στοχαστικού χαρακτήρα του ανέμου και της κοινής πρακτικής της Ελλάδας.

Ως κατασκευαστής των Α/Γ επιλέγεται η ENERCON, η οποία έχει προμηθευτεί το 26,2% της συνολικής αποδιδόμενης αιολικής ισχύος στην Ελλάδα (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2020). Επιλέγεται το μοντέλο E-92 με ισχύ 2.350 kW το οποίο έχει 3 πτερύγια, επιφάνεια σάρωσης έλικα 6.648 m² και η ταχύτητα περιστροφής είναι 5 – 16 στροφές ανά λεπτό. Τοποθετούνται συνολικά 3 Α/Γ, επομένως, η συνολική ισχύς του αιολικού πάρκου είναι 7,05 kW.

Στο Σχήμα 6.11 απεικονίζεται η καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON E-92 2.350 kW.



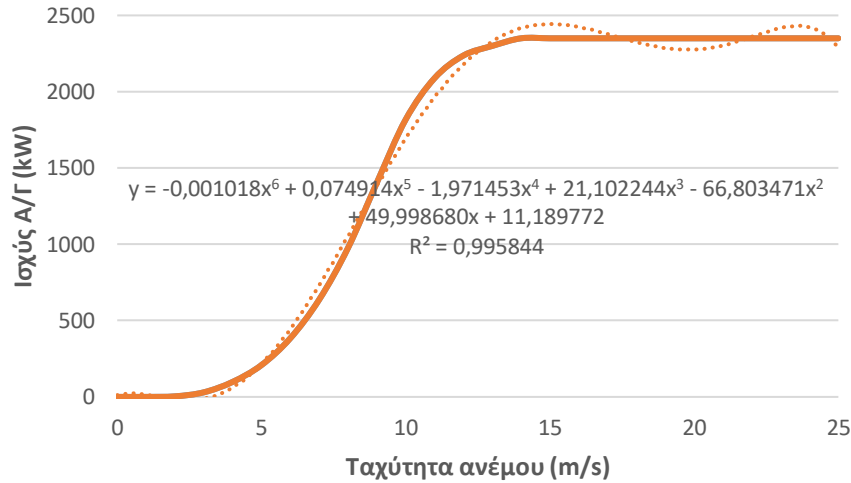
Σχήμα 6.11 Καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON E-92 με ισχύ 2.350 kW (Πηγή: <https://www.enercon.de>).

Ψηφιοποιώντας το παραπάνω γράφημα του Σχήματος 6.11 και λαμβάνοντας υπόψη ότι η ελάχιστη ταχύτητα του ανέμου για την οποία λειτουργεί η Α/Γ είναι 2 m/s και η μέγιστη ταχύτητα είναι 25 m/s, προκύπτει το γράφημα του Σχήματος 6.12. Με τη βοήθεια του κατάλληλου προγράμματος, υπολογίστηκε η βέλτιστη πολυωνυμική εξίσωση 6^{ου} βαθμού, η οποία εκφράζει την ισχύ ως προς την ταχύτητα του ανέμου. Είναι η ακόλουθη:

$$P = \begin{cases} 0, & u < 2 \\ -0,001018 \cdot u^6 + 0,074914 \cdot u^5 - 1,971453 \cdot u^4 + 21,102244 \cdot u^3 - 66,803471 \cdot u^2 + 49,998680 \cdot u + 11,189772, & 2 \leq u \leq 25 \\ 0, & u > 25 \end{cases} \quad (6.3)$$

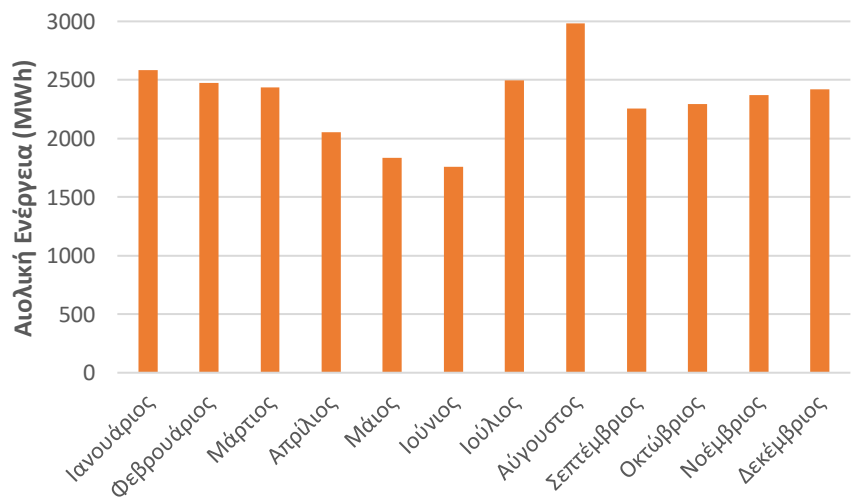
Όπου, P (kW) είναι η ισχύς της Α/Γ και u (m/s) είναι η ταχύτητα του ανέμου.

Με τη βοήθεια της εξίσωσης (6.3) υπολογίζεται η ισχύς, η οποία παράγει η κάθε Α/Γ, για κάθε τιμή της ταχύτητας του ανέμου u . Πολλαπλασιάζοντας τη συγκεκριμένη τιμή με το χρονικό βήμα, το οποίο είναι η 1 ώρα, προκύπτει η αιολική ενέργεια η οποία παράγει η Α/Γ εκφρασμένη σε kWh.



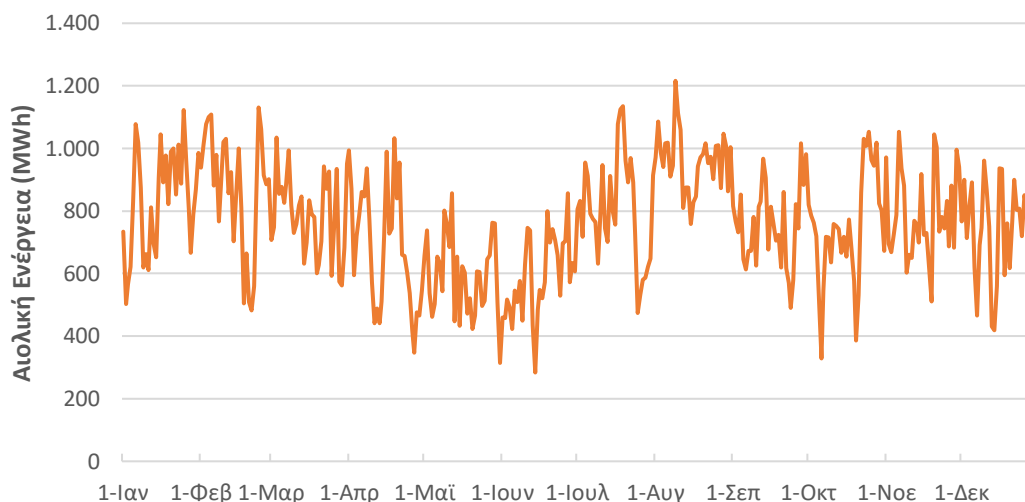
Σχήμα 6.12 Καμπύλη ισχύος της Α/Γ ENERCON E-92 2.350 kW.

Με βάση τα όσα δεδομένα αναφέρθηκαν, προκύπτει η συνολική μηνιαία ενέργεια, η οποία παράγεται από τις 3 Α/Γ. Οι ταχύτητες ανέμου οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν, όπως αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5, αφορούν το μετεωρολογικό σταθμό του ΕΑΑ για τα έτη 2011–2020. Παρατηρείται ότι κατά μέσο όρο παράγονται 2.330 MWh ανά μήνα. Συνολικά ετησίως παράγονται 27.963 MWh. Ο μήνας με την υψηλότερη τιμή παραγόμενης αιολικής ενέργειας είναι ο Αύγουστος με τιμή 2.981 MWh και με τη χαμηλότερη τιμή ο Ιούνιος, στις 1.759 MWh. Στο γράφημα του Σχήματος 6.13 απεικονίζεται η μηνιαία παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ.



Σχήμα 6.13 Μηνιαία παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, τα έτη 2011–2020.

Στο γράφημα του Σχήματος 6.14 απεικονίζεται η ημερήσια παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, κατά τη διάρκεια ενός έτους. Η ημερήσια παραγωγή αιολικής ενέργειας κυμαίνεται από 284 MWh έως 1.216 MWh.



Σχήμα 6.14 Ημερήσια παραγωγή αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ.

Η αιολική ενέργεια, η οποία παράγεται από τις Α/Γ, μπορεί να αξιοποιηθεί από τη μονάδα αφαλάτωσης, από το αντλιοστάσιο και από τη μονάδα παραγωγής υδρογόνου, ώστε να αυξηθούν τα οφέλη από τη λειτουργία του υβριδικού έργου.

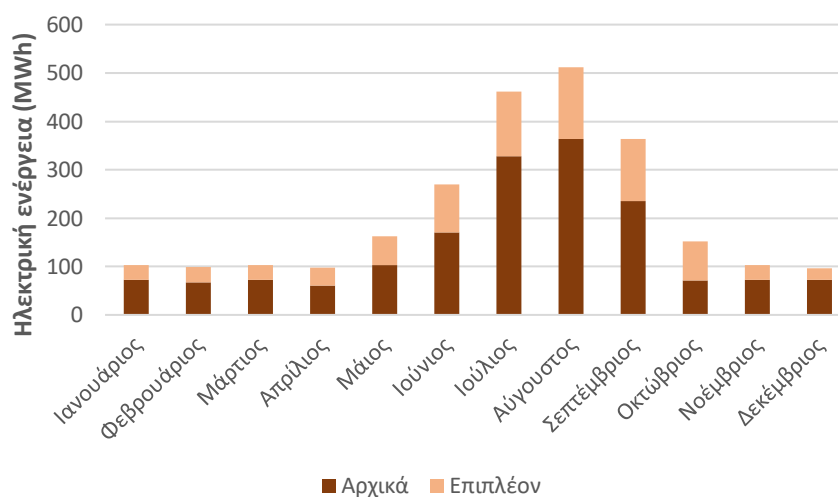
6.6 Μονάδα Αφαλάτωσης

Ως μέθοδο αφαλάτωσης επιλέγεται η αντίστροφη ώσμωση. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου γίνεται διότι χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και είναι κατάλληλη για σύνδεση με Φ/Β συστήματα και Α/Γ. Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται για την αφαλάτωση, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4, είναι 4–6 kWh/m³. Επιλέγεται η τιμή 5 kWh/m³ για την εγκατάσταση. Ο όγκος του νερού ο οποίος ασφαλώνεται ημερησίως είναι 3.500 m³ και ετησίως είναι 500.000 m³. Επομένως η ζητούμενη ενέργεια προκύπτει ετησίως 2.500 MWh. Το νερό το οποίο αφαλατώνεται αντλείται απευθείας από τη θάλασσα.

Με την αρχικά διαθέσιμη ενέργεια αφαλατώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο νερό, ώστε να ικανοποιηθούν οι ζητούμενες υδρευτικές ανάγκες και εάν υπάρχει

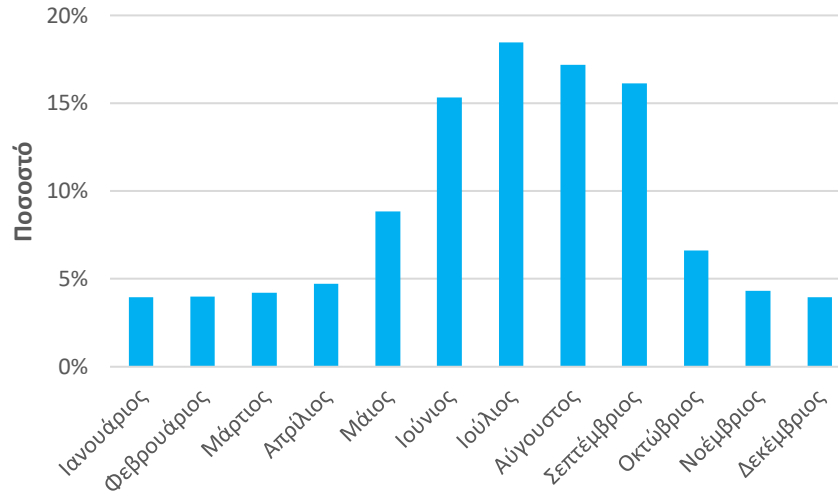
διαθέσιμη ενέργεια αφαλατώνεται και επιπλέον ποσότητα νερού ίση με τη μέση ωριαία κατανάλωση νερού. Ο λόγος για τον οποίο αφαλατώνεται κάποια επιπλέον ποσότητα νερού είναι για να ικανοποιηθούν κάποιες αιχμές στη ζήτηση και για να υπάρχει διαθέσιμο αφαλατωμένο νερό για την παραγωγή του υδρογόνου.

Στο γράφημα του Σχήματος 6.15 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση της κατανάλωσης ενέργειας για την αφαλάτωση. Παρατηρείται ότι κατά μέσο όρο απαιτούνται 210 MWh ανά μήνα για την αφαλάτωση. Οι μήνες με την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας για την αφαλάτωση είναι ο Αύγουστος με τιμή 512 MWh και ακολουθεί ο Ιούλιος με τιμή 461 MWh ανά μήνα, λόγω του τουρισμού. Ο μήνας με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας είναι ο Δεκέμβριος με τιμή 96 MWh.



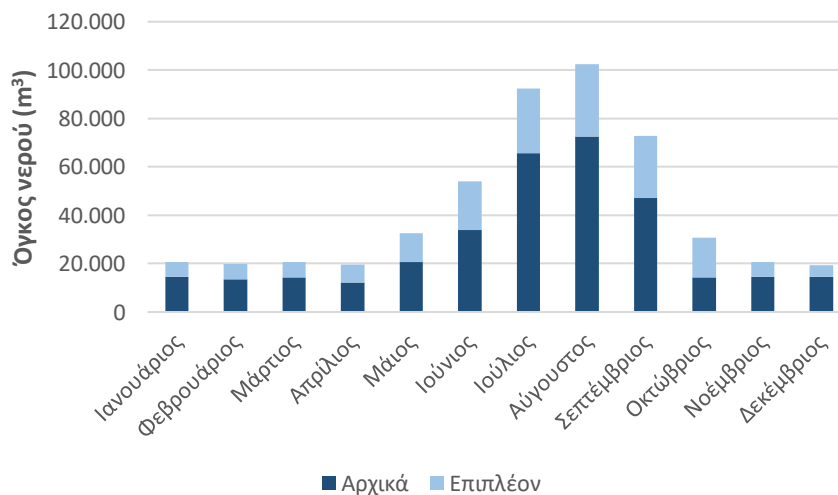
Σχήμα 6.15 Ετήσια διακύμανση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την αφαλάτωση.

Στο Σχήμα 6.16 παρουσιάζεται γράφημα στο οποίο φαίνεται το ποσοστό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, το οποίο χρησιμοποιείται από τη μονάδα αφαλάτωσης ανά μήνα. Παρατηρείται ότι ο μήνας με το υψηλότερο ποσοστό είναι ο Ιούλιος (18%) και με το χαμηλότερο ποσοστό είναι ο Ιανουάριος (4%).



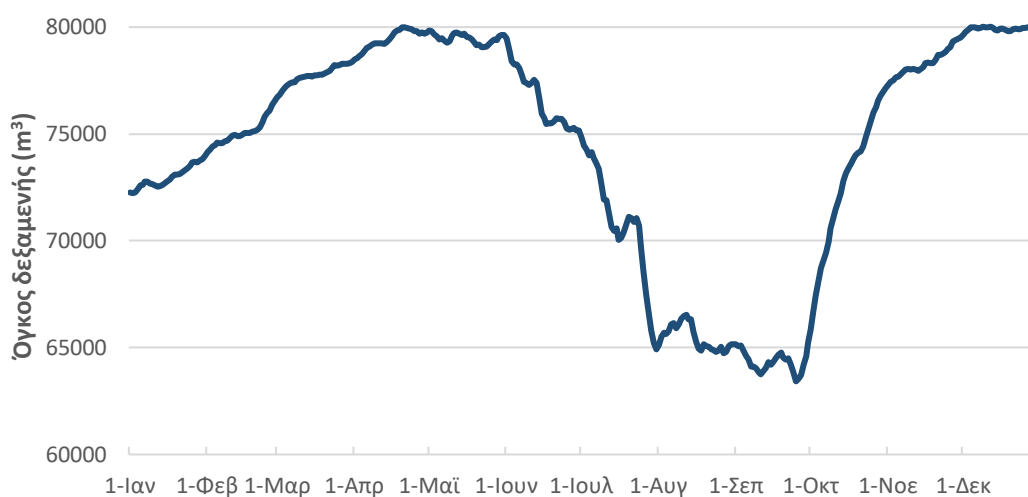
Σχήμα 6.16 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση ανά μήνα.

Σε αντιστοιχία με το γράφημα του Σχήματος 6.15, παρουσιάζεται το γράφημα του Σχήματος 6.17 στο οποίο απεικονίζεται η ποσότητα του νερού η οποία αφαλατώνεται ανά μήνα. Φαίνεται ότι ο μήνας στον οποίο αφαλατώνεται υψηλότερη ποσότητα νερού είναι ο Αύγουστος (102.483 m³) και εκείνος στον οποίο αφαλατώνεται μικρότερη ποσότητα νερού είναι ο Δεκέμβριος (19.296 m³). Κατά μέσο όρο το μήνα αφαλατώνονται 42.004 m³ νερού.



Σχήμα 6.17 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ο όγκος του νερού ο οποίος αφαλατώνεται ανά μήνα.

Τοποθετείται επιπλέον μια δεξαμενή αποθήκευσης αφαλατωμένου νερού όγκου 100.000 m³ με σκοπό την αποθήκευση του αφαλατωμένου νερού σε περιπτώσεις αυξημένης ζήτησης νερού. Επιπλέον, αρχικά θεωρείται ότι η δεξαμενή έχει νερό όγκου 2.500 m³ προκειμένου να καλυφθούν κάποιες ανάγκες σε νερό κατά το αρχικό διάστημα λειτουργίας του συστήματος. Επιπλέον, από τη συγκεκριμένη δεξαμενή αντλείται νερό το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή του υδρογόνου μέσω της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης, η οποία αναφέρεται στη συνέχεια. Η δεξαμενή έχει ρυθμιστεί να αφαλατώνεται τόση ποσότητα νερού όση να μη γεμίζει πάνω από 80% η δεξαμενή, για λόγους ασφαλείας. Στο γράφημα του Σχήματος 6.18 παρουσιάζεται ο ημερήσιος μέσος όγκος της δεξαμενής αφαλατωμένου νερού κατά τη διάρκεια ενός έτους. Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες ο όγκος μειώνεται σημαντικά, κάποιες ημέρες κάτω από 65.000 m³ λόγω της υψηλότερης ζήτησης για νερό.



Σχήμα 6.18 Ετήσια διακύμανση όγκου της δεξαμενής αφαλατωμένου νερού.

6.7 Μονάδα Αντλησιοταμίευσης

Όση παραγόμενη αιολική ενέργεια από τις Α/Γ δεν αξιοποιείται, χρησιμοποιείται από τις αντλίες για την ανύψωση του νερού στον άνω ταμιευτήρα, ο οποίος βρίσκεται σε ύψος 300 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η σχέση σύμφωνα με την οποία προκύπτει η ισχύς είναι η ακόλουθη:

$$I = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta , \quad (6.4)$$

Όπου, ρ είναι η πυκνότητα του νερού (1.000 kg/m^3), g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m/s}^2$), Q (m^3/s) είναι η παροχή, H (300 m) είναι η υψομετρική διαφορά, n είναι ο συνολικός βαθμός απόδοσης της αντλίας ($0,80$) και η ισχύς I εκφράζεται σε W .

Για την παροχή ισχύει:

$$Q = V/t, \quad (6.5)$$

Όπου, V (m^3) είναι ο όγκος του νερού ο οποίος αντλείται, t (s) είναι ο χρόνος και η παροχή Q εκφράζεται σε m^3/s .

Επομένως, η σχέση (6.4) αντικαθιστώντας την παροχή από τη σχέση (6.5) γίνεται:

$$I = \rho \cdot g \cdot (V/t) \cdot H/n, \quad (6.6)$$

Λύνοντας τη σχέση 6.6 ως προς τον όγκο προκύπτει:

$$V = (I \cdot t \cdot n) / (\rho \cdot g \cdot H), \quad (6.7)$$

Σύμφωνα με τη σχέση (6.7) προκύπτει ο όγκος ο οποίος μπορεί να αντληθεί δεδομένης της ισχύος. Σημειώνεται ότι προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία μια αντλία απαιτείται συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας σύμφωνα με την ισχύ της. Με λιγότερη ενέργεια δεν μπορεί να τεθεί σε λειτουργία. Για αυτό το λόγο τοποθετούνται 3 αντλίες ισχύος $1,5 \text{ MW}$, $1,0 \text{ MW}$ και $0,5 \text{ MW}$ αντίστοιχα με απόδοση 80% .

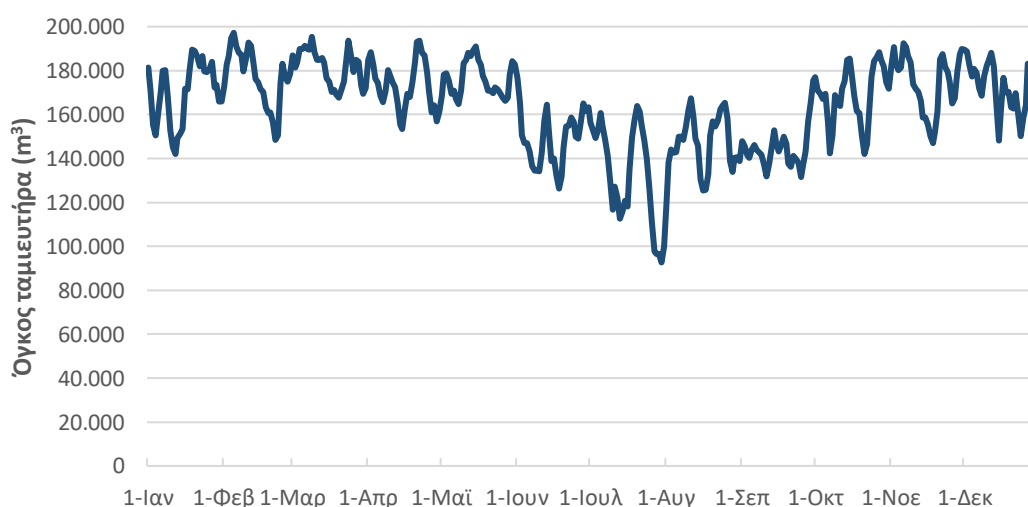
Όταν υπάρχει διαθέσιμο νερό στην άνω δεξαμενή, πέφτει και παράγεται υδροδυναμική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο. Η ποσότητα της υδροδυναμικής ενέργειας, η οποία παράγεται, είναι ανάλογη της υψομετρικής διαφοράς των δύο ταμιευτήρων και του διαθέσιμου όγκου του άνω ταμιευτήρα. Ο υδροστρόβιλος μπορεί να λειτουργήσει, δηλαδή να παράγει ενέργεια για συγκεκριμένο εύρος παροχής νερού. Επιλέγεται η εγκατάσταση υδροστρόβιλου τύπου Pelton.

Η σχέση σύμφωνα με την οποία προκύπτει η ισχύς του υδροστρόβιλου είναι η ακόλουθη:

$$I = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot n, \quad (6.8)$$

Όπου, ρ είναι η πυκνότητα του νερού (1.000 kg/m^3), g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m/s}^2$), Q (m^3/s) είναι η παροχή, H (300 m) είναι η υψομετρική διαφορά, η είναι ο συνολικός βαθμός απόδοσης του υδροστρόβιλου ($0,85$) και η ισχύς I εκφράζεται σε W .

Ο συνολικός όγκος του ταμιευτήρα είναι 200.000 m^3 και ο αρχικός όγκος του είναι 100.000 m^3 . Όταν γίνεται ρίψη του νερού, έχει ρυθμιστεί ο ταμιευτήρας να μην αδειάζει λιγότερο από το 5% της χωρητικότητας του, δηλαδή λιγότερο από 10.000 m^3 , ώστε να υπάρχει κάποιος αποθηκευμένος όγκος νερού συνεχώς για λόγους ασφαλείας. Επιπλέον, μελετήθηκε η συνεισφορά της βροχής και κρίθηκε αμελητέα, οπότε δε λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. Στο Σχήμα 6.19 παρουσιάζεται ο ημερήσιος μέσος όγκος νερού του ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια ενός έτους. Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες η στάθμη μειώνεται σημαντικά κάποιες ημέρες κάτω από 100.000 m^3 , καθώς υπάρχει υψηλότερη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια λόγω του τουρισμού, επομένως ρίπτεται σημαντικός όγκος νερού για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο.



Σχήμα 6.19 Ετήσια διακύμανση όγκου του άνω ταμιευτήρα.

6.8 Μονάδα Παραγωγής Υδρογόνου

Το υδρογόνο παράγεται αξιοποιώντας την πλεονάζουσα αιολική ενέργεια από τις Α/Γ μέσω της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Ηλεκτρόλυσης Πολυμερικής Μεμβράνης (PEM). Το

νερό, το οποίο χρησιμοποιείται για την ηλεκτρόλυση, λαμβάνεται από τη δεξαμενή αποθήκευσης αφαλατωμένου νερού.

Για την παραγωγή του υδρογόνου απαιτούνται ηλεκτρολυτικές μονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 5,5 MW, για την ετήσια παραγωγή υδρογόνου της τάξης των 250.000 kg, το οποίο αντιστοιχεί σε 2.750.000 Nm³. Για την παραγωγή 1 kg υδρογόνου απαιτείται ενέργεια ίση με 60 kWh = 0,06 MWh και 9 kg καθαρού νερού, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.

Παράλληλα με την παραγωγή υδρογόνου κατά την ηλεκτρόλυση, παράγεται και οξυγόνο. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε 1 kg υδρογόνου, το οποίο παράγεται μέσω της μονάδας της ηλεκτρόλυσης, παράγονται 4 kg οξυγόνου. Επομένως, ετησίως παράγονται 1.000.000 kg οξυγόνου, το οποίο αντιστοιχεί σε 700.000 Nm³. Το οξυγόνο δεν αξιοποιείται από την παρούσα εγκατάσταση, μπορεί όμως να αποθηκευτεί σε φιάλες και να δοθεί για άλλες χρήσεις, όπως για παράδειγμα στην ιατρική.

Ως 1 Nm³ ορίζεται η ποσότητα του αερίου όγκου 1 m³ σε πίεση 1,01325 bar, υγρασία 0% και θερμοκρασία 0°C. Για να γίνει η αναγωγή σε οποιοδήποτε συνθήκες του αερίου πίεσης, θερμοκρασίας και όγκου σε μηδενική υγρασία χρησιμοποιείται η εξίσωση των τέλειων αερίων:

$$(p \cdot V) / T = \text{σταθερό} , \quad (6.9)$$

Όπου, p (Pa) είναι η πίεση, V (m³) είναι ο όγκος και T (K) είναι η θερμοκρασία.

Για το υδρογόνο ισχύει ότι 1 kg αντιστοιχεί σε 11,1 Nm³ και για το οξυγόνο ισχύει ότι 1 kg αντιστοιχεί σε 0,7 Nm³.

Η αποθήκευση του υδρογόνου γίνεται σε αέρια μορφή σε δεξαμενές αποθήκευσης υδρογόνου. Οι πιέσεις είναι 16 bar και οι δεξαμενές αποθηκεύουν ποσότητες 1.000–10.000 Nm³H₂. Σε περίπτωση αποθήκευσης του υδρογόνου σε φιάλες πίεσης 200 bar, απαιτείται η εγκατάσταση συμπιεστών.

Όσον αφορά τις υποδομές αποθήκευσης, κατασκευάζονται δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 400.000 kg.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, το υδρογόνο έχει θερμογόνο δύναμη 33,3 – 39,4 kWh/kg στους 25°C και πίεση 1 atm. Η απόδοση μιας κυψέλης καυσίμου τύπου PEM είναι 47,6% (Taner, 2018). Συνεπώς, κατά την καύση 1 kg υδρογόνου, παράγεται ενέργεια 15,9 kWh.

Η διανομή του υδρογόνου γίνεται μέσω περιορισμένου δικτύου και φιαλών.

6.9 Σενάρια – Αποτελέσματα ανάλυσης

Για να μελετηθεί ο τρόπος λειτουργίας και η αποτελεσματικότητα του υβριδικού συστήματος πραγματοποιήθηκε μελέτη διαφόρων σεναρίων ως προς τη λειτουργία του συστήματος.

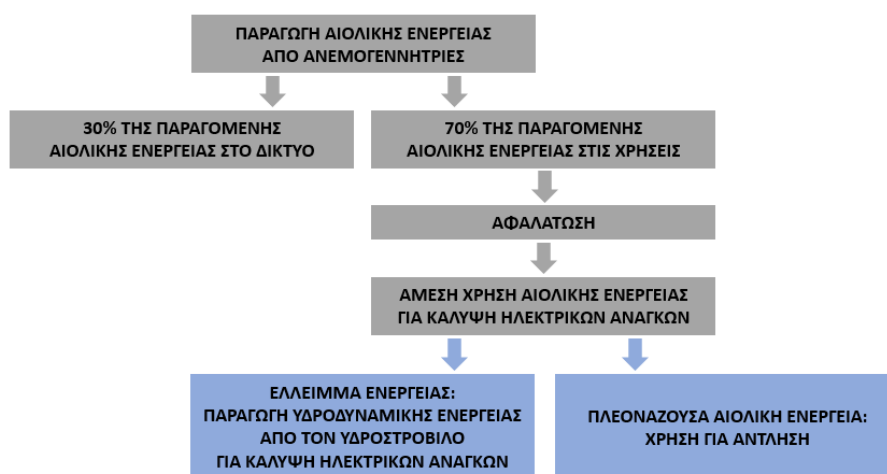
Σε όλα τα σενάρια, το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών. Το υπόλοιπο 70% διατίθεται για χρήσεις και πιο συγκεκριμένα την αφαλάτωση, την άντληση νερού και την παραγωγή υδρογόνου. Σε όλα τα σενάρια με την αρχικά διαθέσιμη ενέργεια αφαλατώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο νερό, ώστε να ικανοποιηθούν οι υδρευτικές ανάγκες και εάν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια αφαλατώνεται και επιπλέον ποσότητα νερού ίση με τη μέση ωριαία κατανάλωση νερού. Ο λόγος για τον οποίο αφαλατώνεται κάποια επιπλέον ποσότητα νερού είναι για να ικανοποιηθούν κάποιες αιχμές στη ζήτηση και για να υπάρχει διαθέσιμο νερό για την παραγωγή του υδρογόνου. Τελικά, σε όλα τα σενάρια επιτυγχάνεται πλήρης κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Ακόμη, σε όλα τα σενάρια, με τη διαθέσιμη αιολική ενέργεια η οποία περισσεύει μετά την αφαλάτωση, ικανοποιούνται οι ηλεκτρικές ανάγκες του νησιού. Η διαφοροποίηση των τριών σεναρίων αφορά στη χρήση της περίσσειας αιολικής ενέργειας, δηλαδή στις μεθόδους αποθήκευσης της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας.

6.10 Σενάριο 1

Το 1^ο σενάριο αφορά την αποκλειστική χρήση της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης.

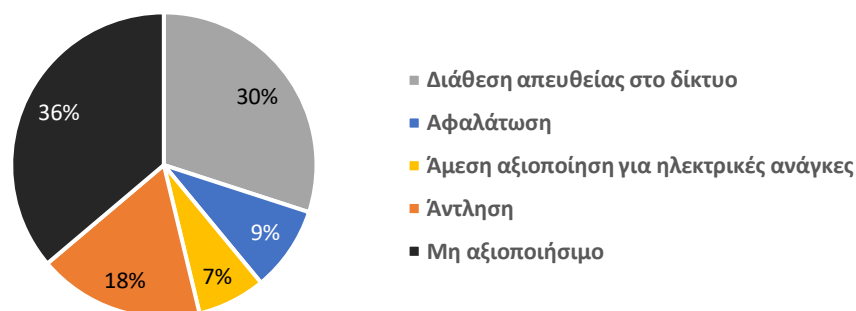
Εάν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας, απελευθερώνεται νερό από τον ταμιευτήρα και με τη βοήθεια του υδροστρόβιλου παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται προκειμένου να καλυφθούν οι υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες.

Εάν υπάρχει πλεονάζουσα παραγόμενη αιολική ενέργεια, χρησιμοποιείται από τις αντλίες για την ανύψωση του νερού στον ταμιευτήρα. Σκοπός είναι να μη χαθεί η παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ. Στο Σχήμα 6.20 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για το 1^ο σενάριο.



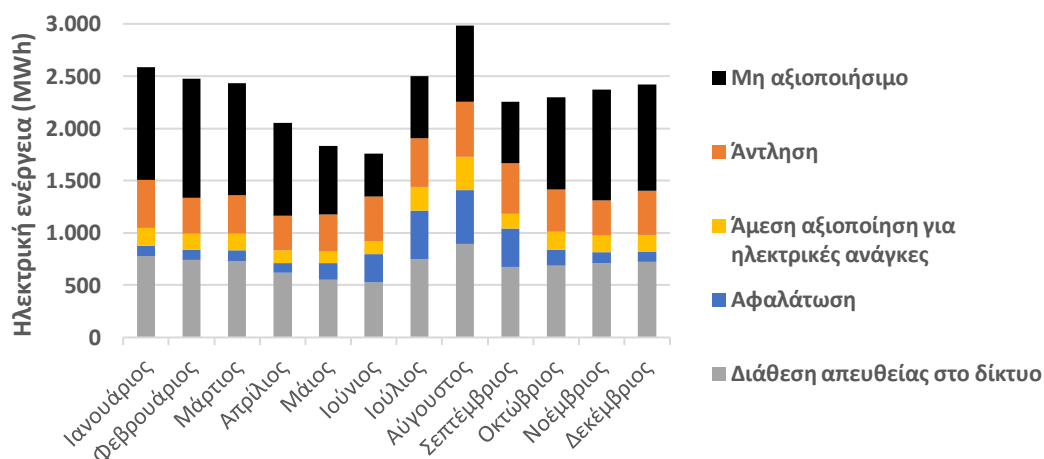
Σχήμα 6.20 Διάγραμμα ροής για το 1^ο σενάριο.

Η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο, σε ετήσια βάση, παρουσιάζεται στην πίτα του Σχήματος 6.21. Το 30% διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, το 9% χρησιμοποιείται για αφαλάτωση, το 7% αξιοποιείται άμεσα για τις ηλεκτρικές ανάγκες, το 18% διατίθεται για άντληση και το 36% είναι μη αξιοποιήσιμο. Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι μη αξιοποιήσιμο, είτε γιατί είναι πλήρης ο άνω ταμιευτήρας και δε χωράει περισσότερη ποσότητα νερού, είτε γιατί δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα αιολικής ενέργειας για να λειτουργήσουν οι αντλίες.



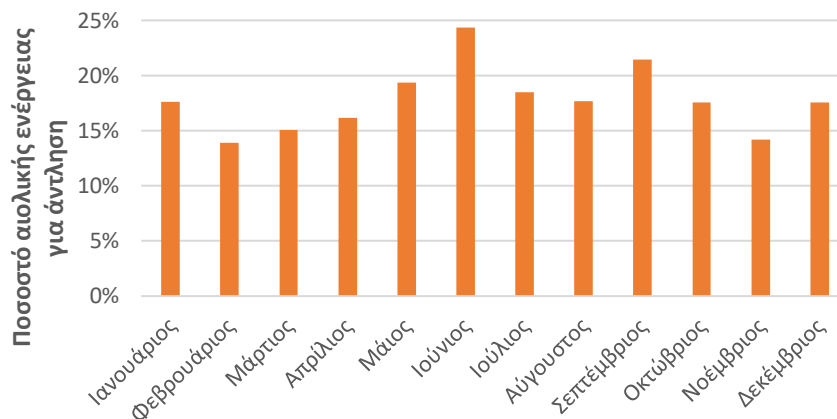
Σχήμα 6.21 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως για το 1^ο σενάριο.

Αναλυτικότερα, ανά μήνα, η χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας φαίνεται στο Σχήμα 6.22.



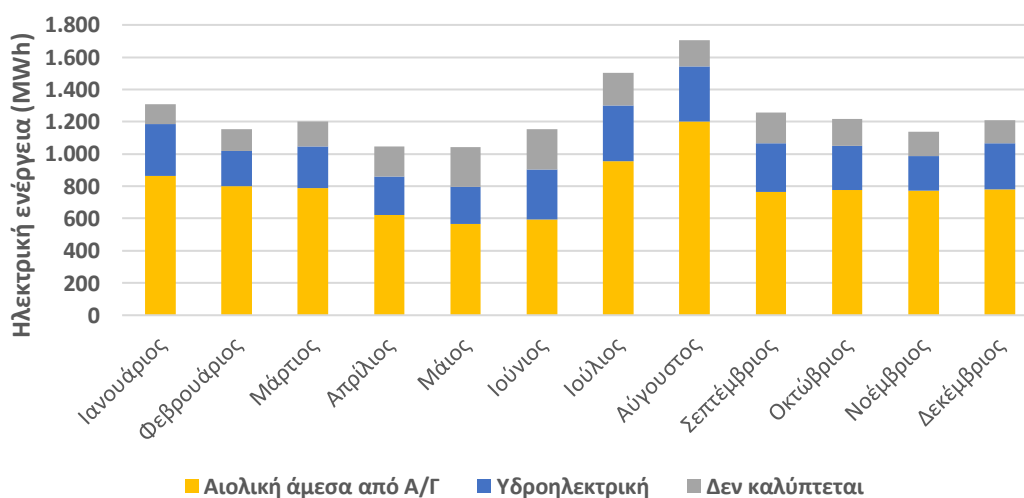
Σχήμα 6.22 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 1^ο σενάριο.

Πιο συγκεκριμένα για την άντληση, στο Σχήμα 6.23 φαίνεται ανά μήνα το ποσοστό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, το οποίο χρησιμοποιείται για τη διαδικασία της άντλησης. Παρατηρείται ότι ο μήνας με το υψηλότερο ποσοστό είναι ο Ιούνιος (24%) και με το χαμηλότερο ο Φεβρουάριος (14%). Ετησίως καταναλώνονται 4.918 MWh για την άντληση.



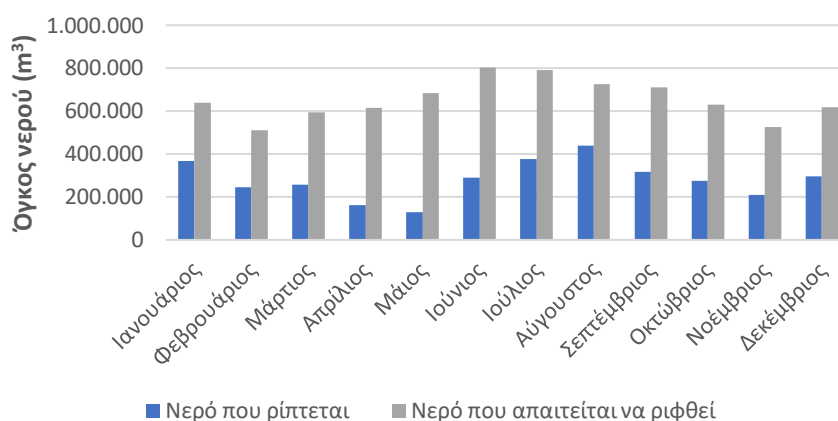
Σχήμα 6.23 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την άντληση, ανά μήνα, για το 1^ο σενάριο.

Όσον αφορά τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια στο 1^ο σενάριο, καλύπτεται συνολικά το 86% των αναγκών κατά την διάρκεια ενός έτους. Αναλυτικότερα το 64% καλύπτεται άμεσα από την παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ και το 22% καλύπτεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια με τον υδροστρόβιλο από την πτώση του νερού. Το 14% των ηλεκτρικών αναγκών δεν καλύπτεται. Στο Σχήμα 6.24 παρουσιάζεται η κάλυψη των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση, ανά μήνα. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η αιολική ενέργεια άμεσα από τις Α/Γ, με μπλε χρώμα η υδροηλεκτρική ενέργεια και με γκρι χρώμα η ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν καλύπτεται.



Σχήμα 6.24 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο.

Στο συγκεκριμένο σενάριο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μοναδική μέθοδος αποθήκευσης της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας είναι μέσω της δυναμικής ενέργειας του νερού, δηλαδή μέσω κάποιου όγκου νερού, ο οποίος είναι αποθηκευμένος στον ταμιευτήρα. Ετησίως κατά μέσο όρο γίνεται ρίψη νερού όγκου 3.367.570 m³. Για να ικανοποιηθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια απαιτούνται συνολικά 4.477.697 m³, δηλαδή επιπλέον 1.110.128 m³ νερού. Αναλυτικότερα, στο ιστόγραμμα του Σχήματος 6.25 παρουσιάζεται μηνιαίως η ποσότητα του νερού η οποία ρίπτεται από τον ταμιευτήρα με μπλε χρώμα εκφρασμένη σε m³ και με γκρι χρώμα απεικονίζεται η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται να ριφθεί συνολικά προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια.



Σχήμα 6.25 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ο όγκος του νερού ο οποίος ρίπτεται από τον ταμιευτήρα μηνιαίως και ο όγκος του νερού ο οποίος απαιτείται να ριφθεί συνολικά προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια για το 1^ο σενάριο.

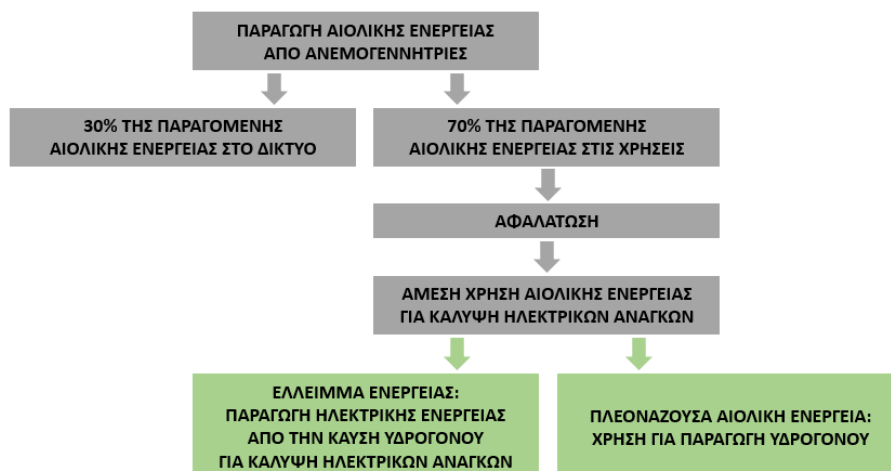
6.11 Σενάριο 2

Το 2^ο σενάριο αφορά την αποκλειστική χρήση του υδρογόνου, ως μέθοδο αποθήκευσης της πλεονάζουσας παραγόμενης αιολικής ενέργειας.

Εάν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας, παράγεται ενέργεια με τη βοήθεια της καύσης του υδρογόνου. Η ενέργεια παράγεται προκειμένου να καλυφθούν οι υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες.

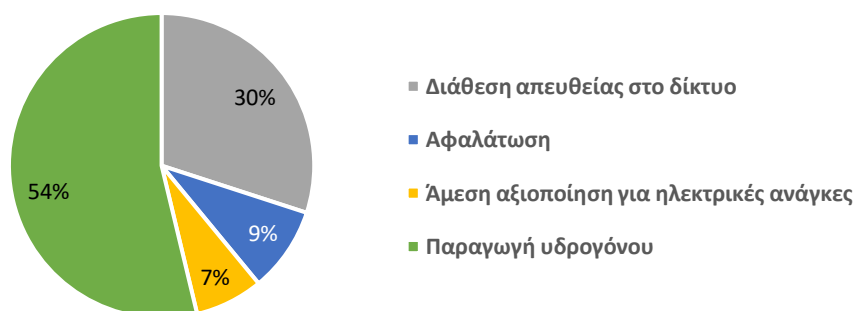
Εάν υπάρχει πλεονάζουσα παραγόμενη αιολική ενέργεια, χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου μέσω της ηλεκτρόλυσης. Σκοπός είναι να μη χαθεί η

παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ. Στο Σχήμα 6.26 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για το 2^ο σενάριο.



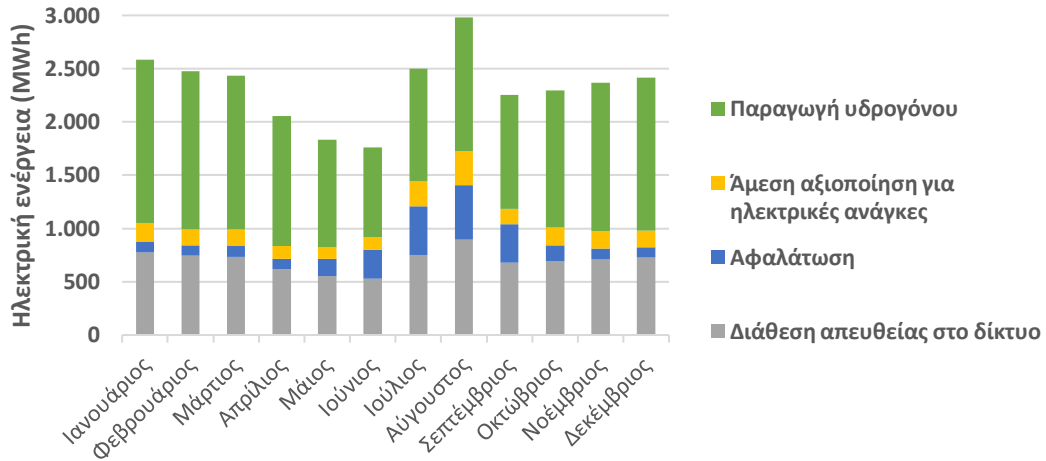
Σχήμα 6.26 Διάγραμμα ροής για το 2^ο σενάριο.

Η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για το 2^ο σενάριο, σε ετήσια βάση, παρουσιάζεται στην πίτα του Σχήματος 6.27. Το 30% διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, το 9% χρησιμοποιείται για αφαλάτωση, το 7% αξιοποιείται άμεσα για τις ηλεκτρικές ανάγκες και το 54% διατίθεται για την παραγωγή του υδρογόνου.



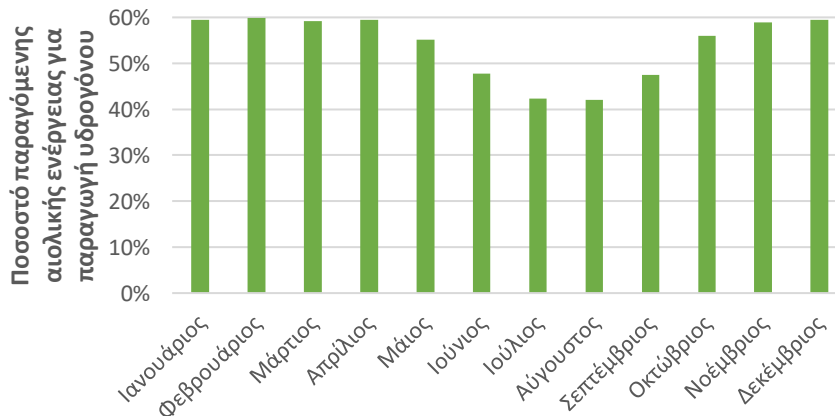
Σχήμα 6.27 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως, για το 2^ο σενάριο.

Αναλυτικότερα, ανά μήνα, η χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας φαίνεται στο Σχήμα 6.28.



Σχήμα 6.28 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 2^ο σενάριο.

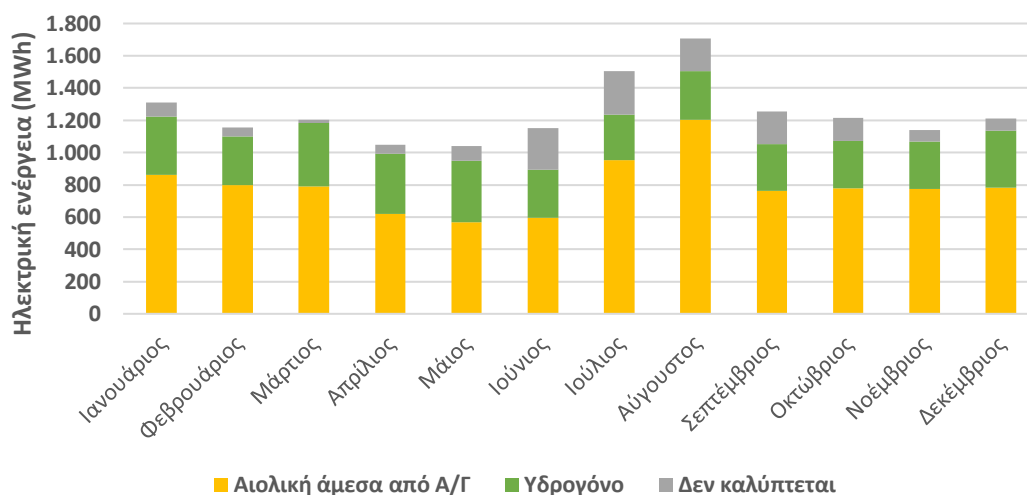
Πιο συγκεκριμένα, για την παραγωγή υδρογόνου, στο Σχήμα 6.29 φαίνεται ανά μήνα το ποσοστό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, το οποίο χρησιμοποιείται για τη διαδικασία της παραγωγής υδρογόνου. Παρατηρείται ότι ο μήνας με το υψηλότερο ποσοστό είναι ο Φεβρουάριος (60%) και με το χαμηλότερο είναι ο Αύγουστος (42%). Ετησίως καταναλώνονται 15.029 MWh για την παραγωγή υδρογόνου.



Σχήμα 6.29 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου, ανά μήνα, για το 2^ο σενάριο.

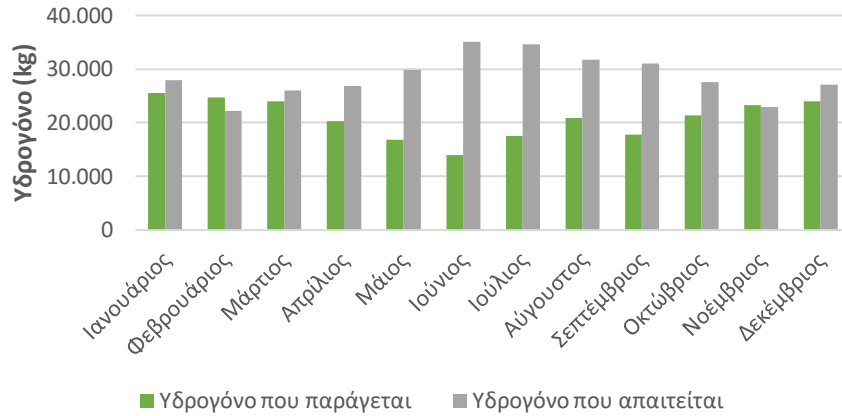
Όσον αφορά τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια στο 2^ο σενάριο, καλύπτεται συνολικά το 90% των αναγκών κατά την διάρκεια ενός έτους. Αναλυτικότερα το 64% καλύπτεται άμεσα από την παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ και το 26%

καλύπτεται από την καύση του υδρογόνου. Το 10% των ηλεκτρικών αναγκών δεν καλύπτεται. Στο Σχήμα 6.30 παρουσιάζεται η κάλυψη των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση, ανά μήνα. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η αιολική ενέργεια άμεσα από τις Α/Γ, με πράσινο χρώμα η ενέργεια από το υδρογόνο και με γκρι χρώμα η ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν καλύπτεται.



Σχήμα 6.30 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας για το 2^ο σενάριο.

Στο συγκεκριμένο σενάριο, η μοναδική μέθοδος αποθήκευσης της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας είναι μέσω της παραγωγής υδρογόνου. Ετησίως παράγονται κατά μέσο όρο 250.485 kg υδρογόνου. Για να καλυφθούν πλήρως οι ηλεκτρικές ανάγκες απαιτούνται συνολικά 342.878 kg υδρογόνου, δηλαδή επιπλέον 92.393 kg υδρογόνου. Αναλυτικότερα, στο Σχήμα 6.31 απεικονίζεται μηνιαίως η ποσότητα του υδρογόνου η οποία παράγεται εκφρασμένη σε kg με πράσινο χρώμα και με γκρι χρώμα απεικονίζεται η συνολική ποσότητα υδρογόνου η οποία απαιτείται προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο μήνας κατά τον οποίο παράγεται περισσότερο υδρογόνο είναι ο Ιανουάριος με τιμή 25.599 kg.



Σχήμα 6.31 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται το υδρογόνο το οποίο παράγεται μηνιαίως και η ποσότητα η οποία απαιτείται για πλήρη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας, για το 2^ο σενάριο.

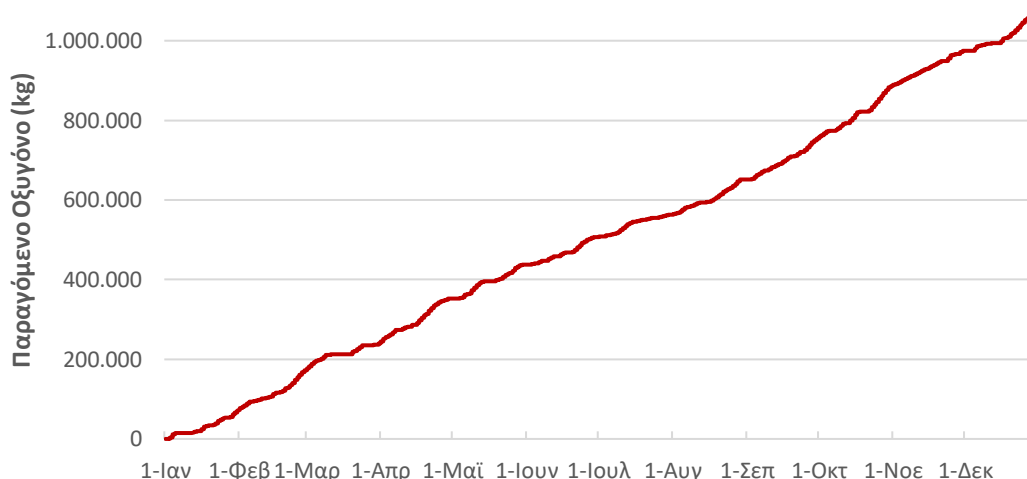
Όπως έχει αναφερθεί, το υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές χωρητικότητας 400.000 kg. Στο Σχήμα 6.32 παρουσιάζεται η ποσότητα του μέσου ημερήσιου αποθηκευμένου υδρογόνου σε kg κατά τη διάρκεια ενός έτους. Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες το αποθηκευμένο υδρογόνο είναι σε χαμηλότερες ποσότητες σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες, καθώς υπάρχει υψηλότερη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω του τουρισμού.



Σχήμα 6.32 Ετήσια διακύμανση μέσου ημερήσιου όγκου δεξαμενής αποθήκευσης υδρογόνου, για το 2^ο σενάριο.

Παράλληλα με την παραγωγή του υδρογόνου παράγεται και το οξυγόνο. Ετησίως παράγονται κατά μέσο όρο 1.000.000 kg οξυγόνου. Στο Σχήμα 6.33 απεικονίζεται το

μέσο ημερήσιο αποθηκευμένο οξυγόνο κατά τη διάρκεια του 1^{ου} έτους λειτουργίας της εγκατάστασης. Παρατηρείται ότι το οξυγόνο παράγεται με σταθερό ρυθμό περίπου 100.000 kg ανά μήνα, με μια ελαφρά μείωση του ρυθμού κατά τους θερινούς μήνες, λόγω της μειωμένης πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας.



Σχήμα 6.33 Παραγωγή οξυγόνου κατά το 1^ο έτος λειτουργίας της εγκατάστασης, για το 2^ο σενάριο.

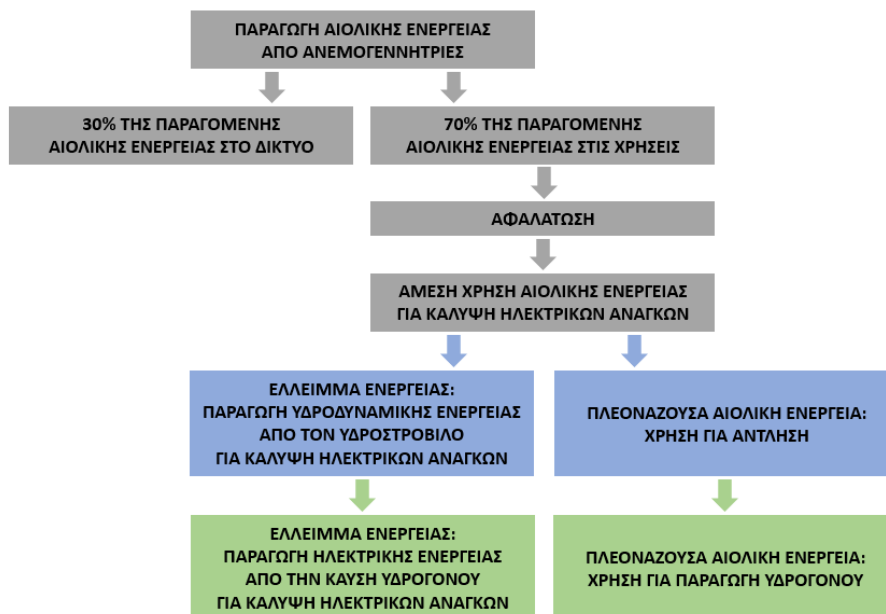
6.12 Σενάριο 3

Στο 3^ο σενάριο η αποθήκευση της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας αφορά το συνδυασμό της μεθόδου της αντλησιοταμίευσης και της μονάδας παραγωγής υδρογόνου.

Εάν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας, απελευθερώνεται νερό από τον ταμιευτήρα και με τη βοήθεια του υδροστρόβιλου παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτείται επιπλέον ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και δε γίνεται να καλυφθεί από τον υδροστρόβιλο, παράγεται με τη βοήθεια της καύσης του υδρογόνου. Η ενέργεια παράγεται προκειμένου να καλυφθούν οι υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες.

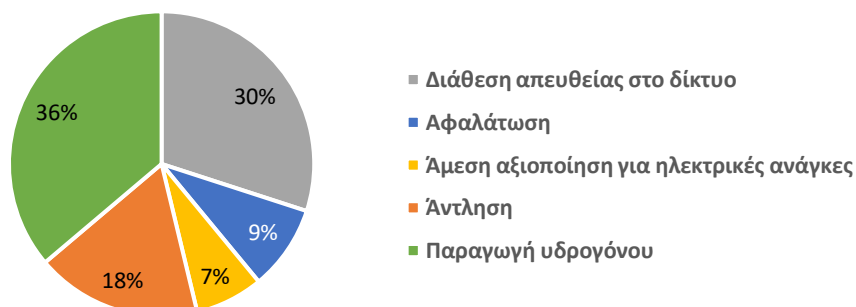
Εάν υπάρχει πλεονάζουσα παραγόμενη αιολική ενέργεια, αρχικά χρησιμοποιείται από τις αντλίες για την ανύψωση του νερού στον ταμιευτήρα. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχει επιπλέον πλεονάζουσα αιολική ενέργεια, η οποία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις αντλίες είτε γιατί δεν επαρκεί η ενέργεια για να λειτουργήσουν οι αντλίες, είτε γιατί ο ταμιευτήρας είναι πλήρης, η ενέργεια

χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου μέσω της ηλεκτρόλυσης. Σκοπός είναι να μη χαθεί η παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ. Στο Σχήμα 6.34 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για το 3^ο σενάριο.



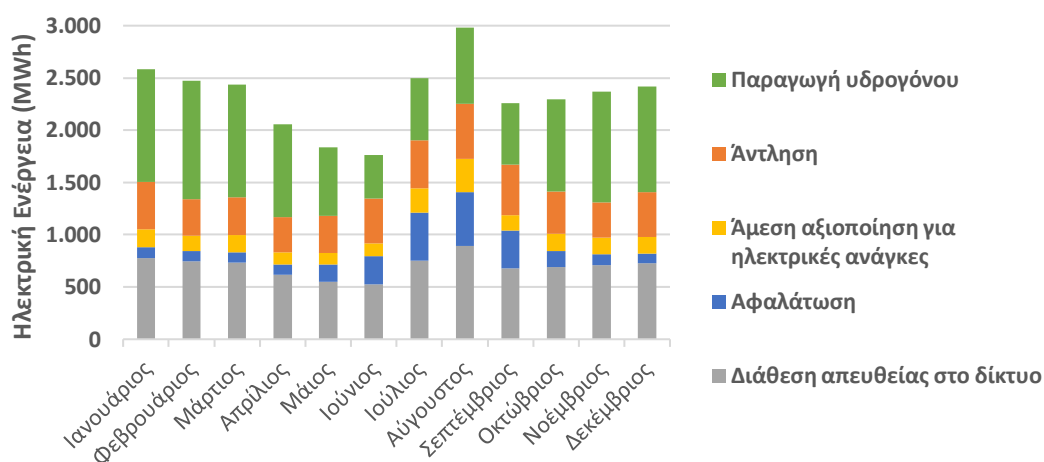
Σχήμα 6.34 Διάγραμμα ροής για το 3^ο σενάριο.

Η διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για το 3^ο σενάριο παρουσιάζεται στην πίτα του Σχήματος 6.35. Το 30% διατίθεται απευθείας στο δίκτυο, το 9% χρησιμοποιείται για αφαλάτωση, το 7% αξιοποιείται άμεσα για τις ηλεκτρικές ανάγκες, το 18% χρησιμοποιείται για άντληση και το 36% διατίθεται για την παραγωγή του υδρογόνου.



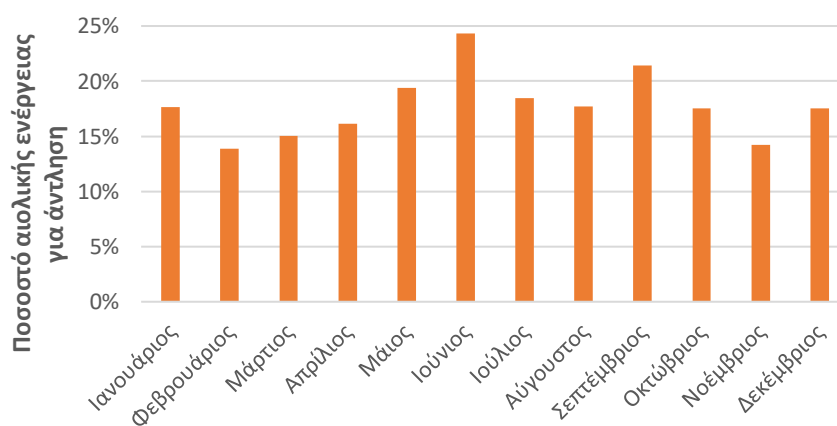
Σχήμα 6.35 Πίτα στην οποία απεικονίζεται η κατανομή της παραγόμενης αιολικής ενέργειας ετησίως, για το 3^ο σενάριο.

Αναλυτικότερα, ανά μήνα, η χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας φαίνεται στο Σχήμα 6.36.



Σχήμα 6.36 Χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 2^ο σενάριο.

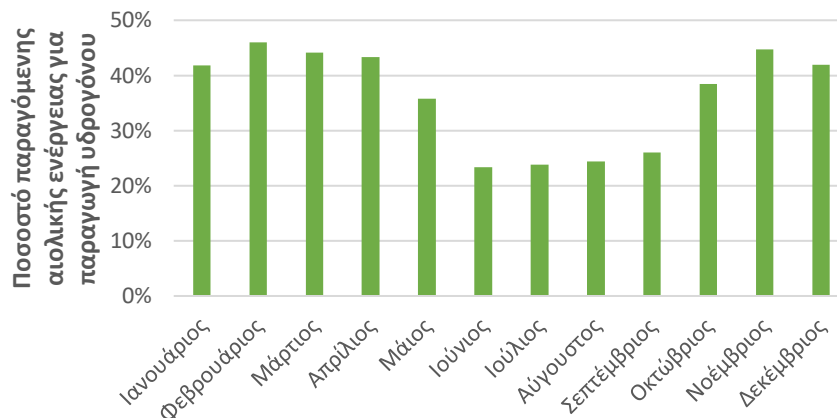
Πιο συγκεκριμένα για την άντληση, στο Σχήμα 6.37 φαίνεται ανά μήνα το ποσοστό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, το οποίο χρησιμοποιείται για τη διαδικασία της άντλησης. Παρατηρείται ότι ο μήνας με το υψηλότερο ποσοστό είναι ο Ιούνιος (24%) και με το χαμηλότερο ο Φεβρουάριος (14%). Ετησίως καταναλώνονται 4.918 MWh για την άντληση.



Σχήμα 6.37 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την άντληση, ανά μήνα, για το 2^ο σενάριο.

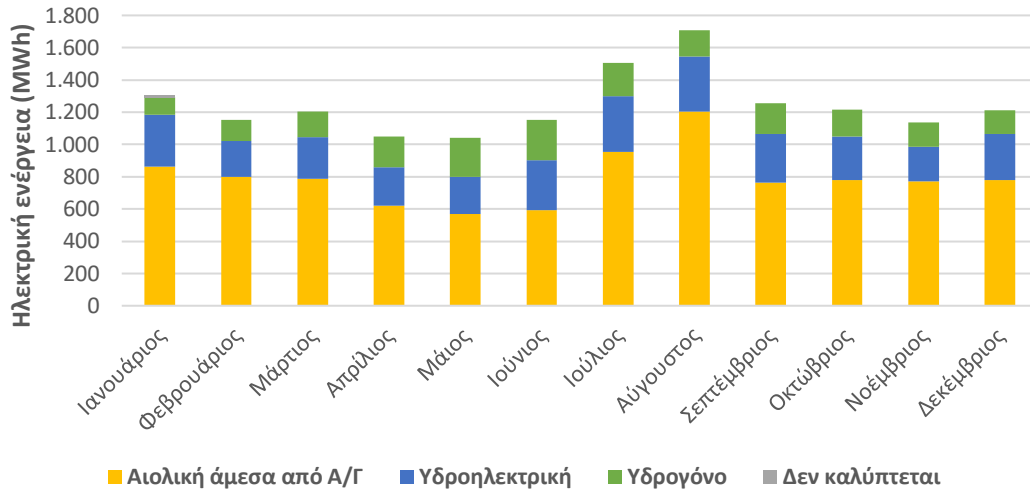
Για την παραγωγή υδρογόνου, στο Σχήμα 6.38 φαίνεται ανά μήνα το ποσοστό της παραγόμενης αιολικής ενέργειας από τις Α/Γ, το οποίο χρησιμοποιείται για τη

διαδικασία της παραγωγής υδρογόνου. Παρατηρείται ότι ο μήνας με το υψηλότερο ποσοστό είναι ο Φεβρουάριος (46%) και με το χαμηλότερο ο Ιούλιος (23%). Ετησίως καταναλώνονται 10.114 MWh για την παραγωγή υδρογόνου.



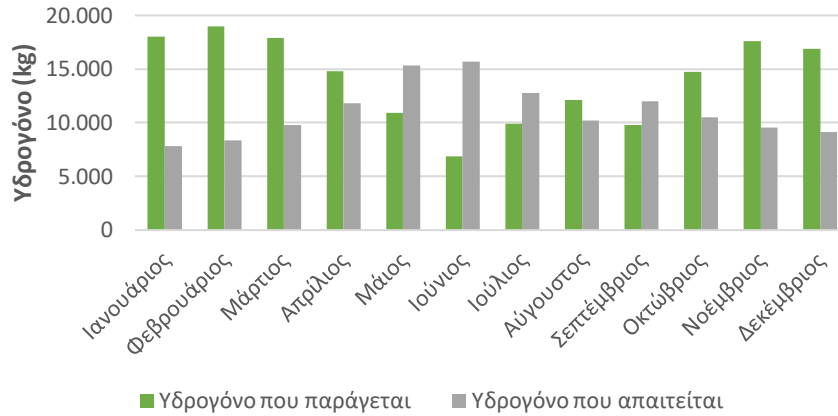
Σχήμα 6.38 Ποσοστό παραγόμενης αιολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου, ανά μήνα, για το 3^ο σενάριο.

Όσον αφορά τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια στο 3^ο σενάριο, καλύπτεται συνολικά το 99% των αναγκών κατά την διάρκεια ενός έτους. Αναλυτικότερα, το 64% των αναγκών καλύπτεται άμεσα από την παραγόμενη αιολική ενέργεια των Α/Γ, το 22% καλύπτεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια με τον υδροστρόβιλο από την πτώση του νερού και το 14% καλύπτεται από την καύση του υδρογόνου. Το 1% των ηλεκτρικών αναγκών δεν καλύπτεται. Στο Σχήμα 6.39 παρουσιάζεται η κάλυψη των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση, ανά μήνα. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η αιολική ενέργεια άμεσα από τις Α/Γ, με μπλε χρώμα η υδροηλεκτρική ενέργεια, με πράσινο χρώμα η ενέργεια από το υδρογόνο και με γκρι χρώμα η ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν καλύπτεται.



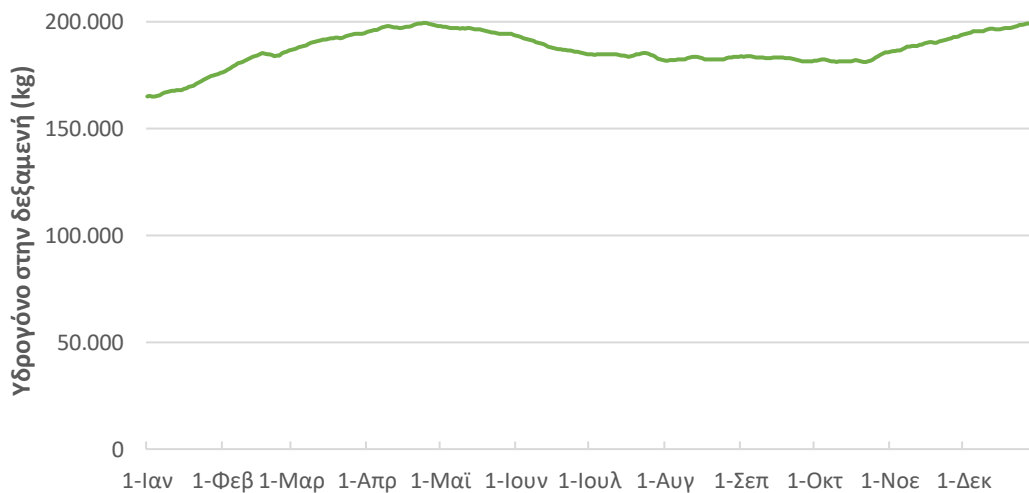
Σχήμα 6.39 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για το 3^ο σενάριο.

Στο συγκεκριμένο σενάριο, η δεύτερη μέθοδος αποθήκευσης της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας είναι μέσω της παραγωγής υδρογόνου. Ετησίως παράγονται κατά μέσο όρο 168.568 kg υδρογόνου. Για να καλυφθούν πλήρως οι ηλεκτρικές ανάγκες απαιτούνται συνολικά 132.590 kg υδρογόνου, δηλαδή παράγονται επιπλέον 35.618 kg υδρογόνου από όσα χρειάζονται. Αναλυτικότερα, στο Σχήμα 6.40 απεικονίζεται μηνιαίως η ποσότητα του υδρογόνου η οποία παράγεται εκφρασμένη σε kg με πράσινο χρώμα και με γκρι χρώμα απεικονίζεται η συνολική ποσότητα υδρογόνου η οποία απαιτείται προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο μήνας κατά τον οποίο παράγεται περισσότερο υδρογόνο είναι ο Φεβρουάριος με τιμή 18.970 kg.



Σχήμα 6.40 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται το υδρογόνο το οποίο παράγεται και η ποσότητα η οποία απαιτείται για την πλήρη κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας, ανά μήνα, για το 3^ο σενάριο.

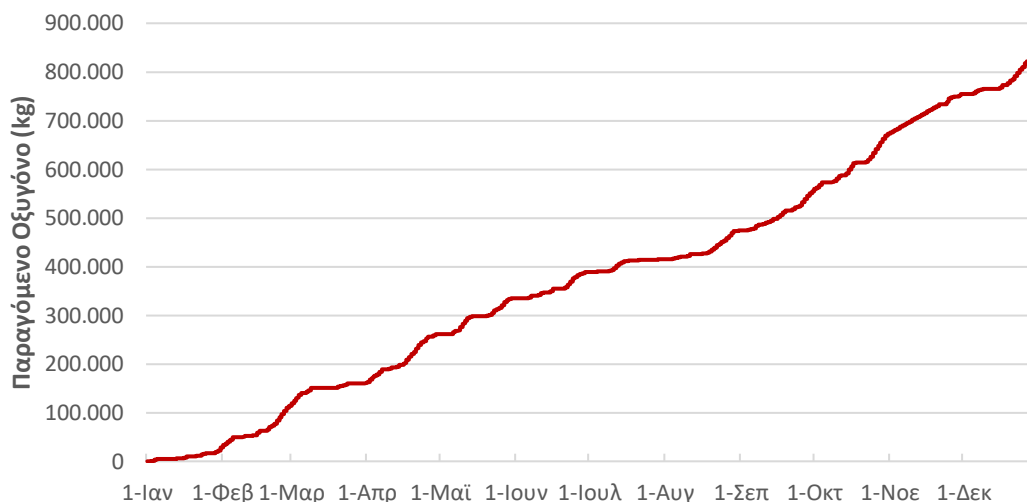
Όπως έχει αναφερθεί, το υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 400.000 kg. Στο Σχήμα 6.41 παρουσιάζεται η ποσότητα του μέσου ημερήσιου αποθηκευμένου υδρογόνου σε kg, κατά τη διάρκεια ενός έτους. Παρατηρείται ότι κατά τους θερινούς μήνες το αποθηκευμένο υδρογόνο μειώνεται ελαφρώς σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες, καθώς υπάρχει υψηλότερη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω του τουρισμού.



Σχήμα 6.41 Ετήσια διακύμανση του μέσου ημερήσιου όγκου της δεξαμενής αποθήκευσης υδρογόνου, για το 3^ο σενάριο.

Παράλληλα με την παραγωγή του υδρογόνου, παράγεται και το οξυγόνο. Ετησίως παράγονται κατά μέσο όρο 740.000 kg οξυγόνου. Στο Σχήμα 6.42 απεικονίζεται το

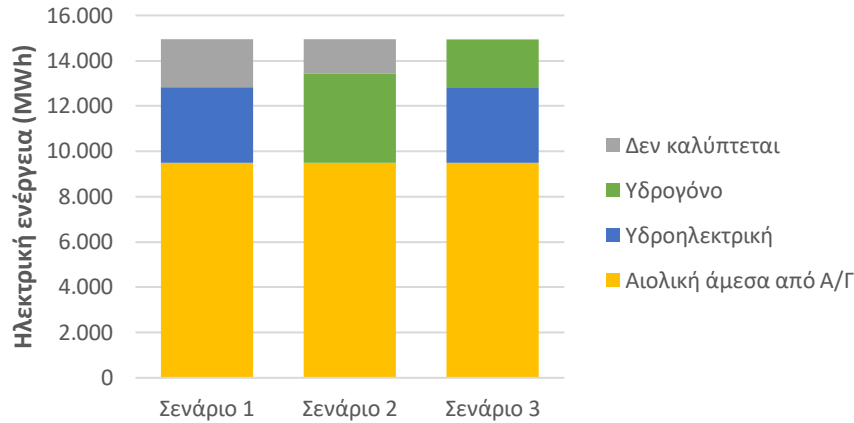
μέσο ημερήσιο αποθηκευμένο οξυγόνο κατά τη διάρκεια του 1^{ου} έτους λειτουργίας της εγκατάστασης. Παρατηρείται ότι το οξυγόνο παράγεται με σταθερό ρυθμό 62.000 kg ανά μήνα, με μια ελαφρά σταθεροποίηση κατά τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 6.42 Παραγωγή οξυγόνου κατά το 1^ο έτος λειτουργίας της εγκατάστασης, για το 3^ο σενάριο.

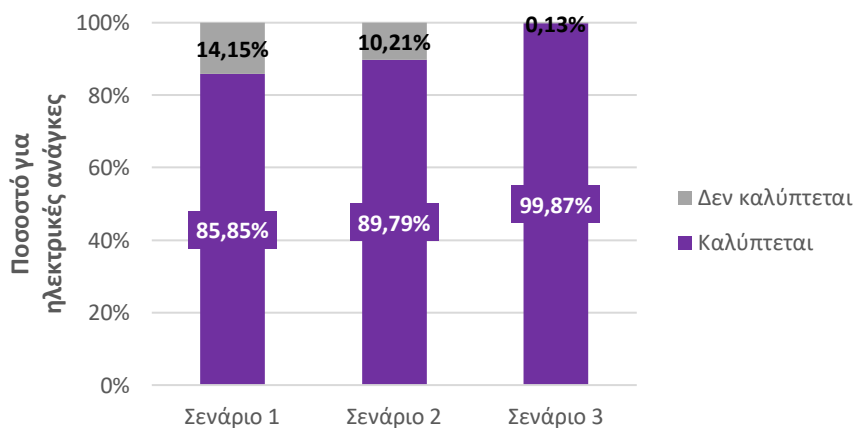
6.13 Σύγκριση Σεναρίων – Ανάλυση Ευαισθησίας

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται στοιχεία τα οποία αφορούν σύγκριση μεταξύ των τριών σεναρίων. Όσον αφορά την κάλυψη των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας, το σενάριο με το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης είναι το 3^ο. Στο Σχήμα 6.43 παρουσιάζεται η κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση για κάθε ένα από τα 3 σενάρια. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η αιολική ενέργεια άμεσα από τις Α/Γ, με μπλε χρώμα η υδροηλεκτρική ενέργεια, με πράσινο χρώμα η ενέργεια από το υδρογόνο και με γκρι χρώμα η ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν καλύπτεται.



Σχήμα 6.43 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.

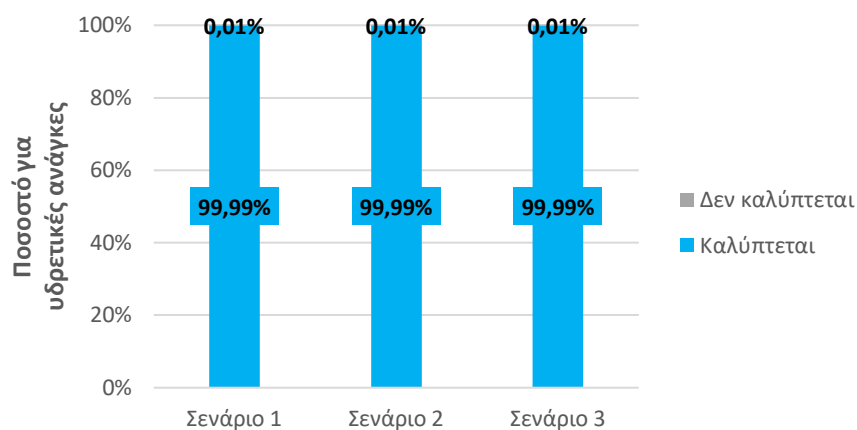
Σε αντιστοιχία με το ιστόγραμμα του Σχήματος 6.43, παρουσιάζεται το ιστόγραμμα του Σχήματος 6.44 στο οποίο με μωβ χρώμα φαίνεται το ποσοστό το οποίο καλύπτεται η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας και με γκρι χρώμα το ποσοστό το οποίο δεν καλύπτεται η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση. Παρατηρείται ότι το σενάριο με την υψηλότερη κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας είναι το 3^ο, ακολουθεί το 2^ο και με μικρή διαφορά τελευταίο είναι το 1^ο σενάριο.



Σχήμα 6.44 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η ποσοστιαία κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.

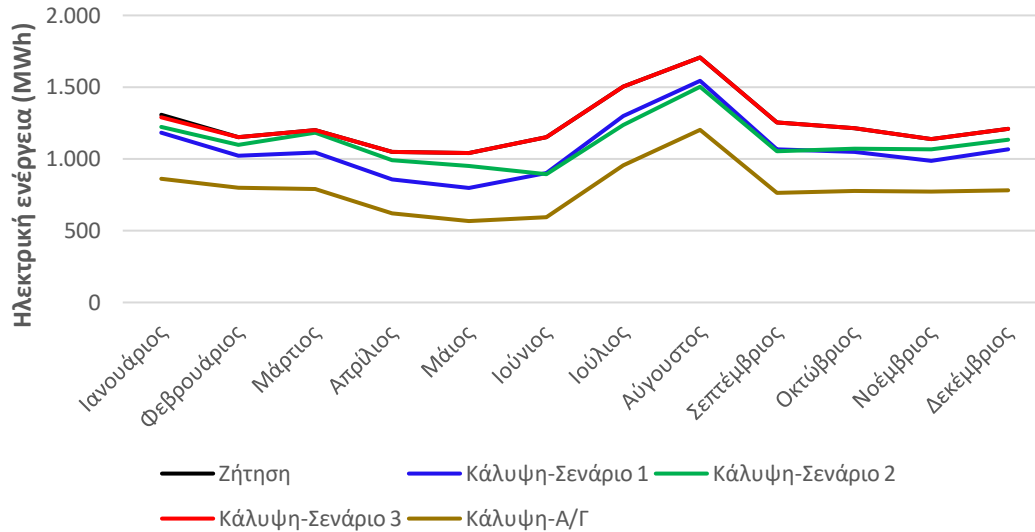
Όσον αφορά την αφαλάτωση, έχει εγκατασταθεί δεξαμενή αποθήκευσης αφαλατωμένου νερού. Αφαλατώνεται περισσότερο νερό σε σύγκριση με τις

ανάγκες στις περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχει πλεονάζουσα αιολική ενέργεια. Συνεπώς, υπάρχει πλήρης κάλυψη υδρευτικών αναγκών και για τα 3 σενάρια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.45.



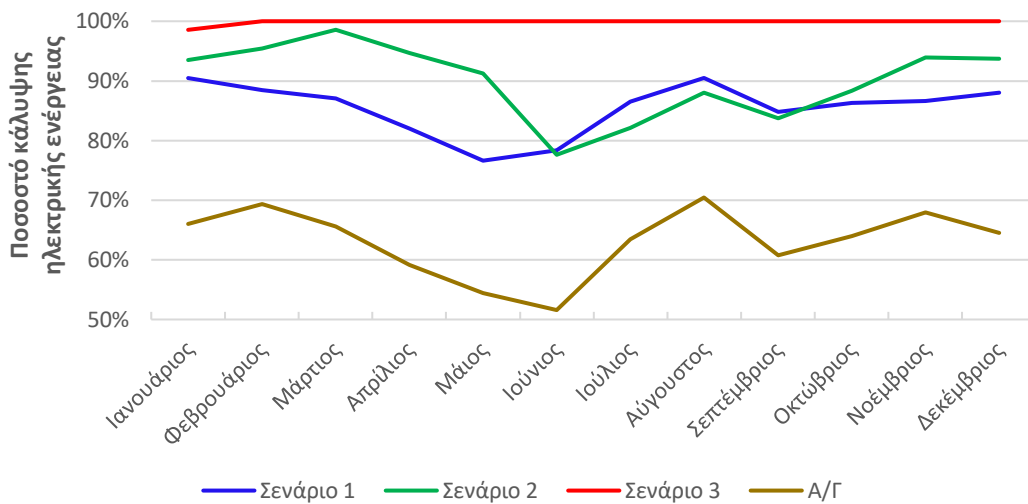
Σχήμα 6.45 Ιστόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως η ποσοστιαία κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, για κάθε ένα από τα τρία σενάρια.

Για κάθε μήνα, στο Σχήμα 6.46 παρουσιάζεται η συνολική ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια, με μαύρο χρώμα και η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο με μπλε χρώμα, για το 2^ο σενάριο με πράσινο χρώμα και για το 3^ο σενάριο με κόκκινο χρώμα. Τέλος, με κίτρινο σκούρο χρώμα απεικονίζεται η κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από τις Α/Γ. Παρατηρείται ότι η κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας από το 3^ο σενάριο είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα 2 σενάρια και σχεδόν καλύπτει πλήρως τη ζήτηση. Συγκρίνοντας το 1^ο σενάριο με το 2^ο σενάριο, φαίνεται ότι το 1^ο σενάριο προσφέρει υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με το 2^ο σενάριο κατά τους θερινούς μήνες. Κατά τους χειμερινούς μήνες το 2^ο σενάριο προσφέρει υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με το 1^ο σενάριο. Τέλος, η κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α/Γ είναι χαμηλότερη σημαντικά από κάθε σενάριο.



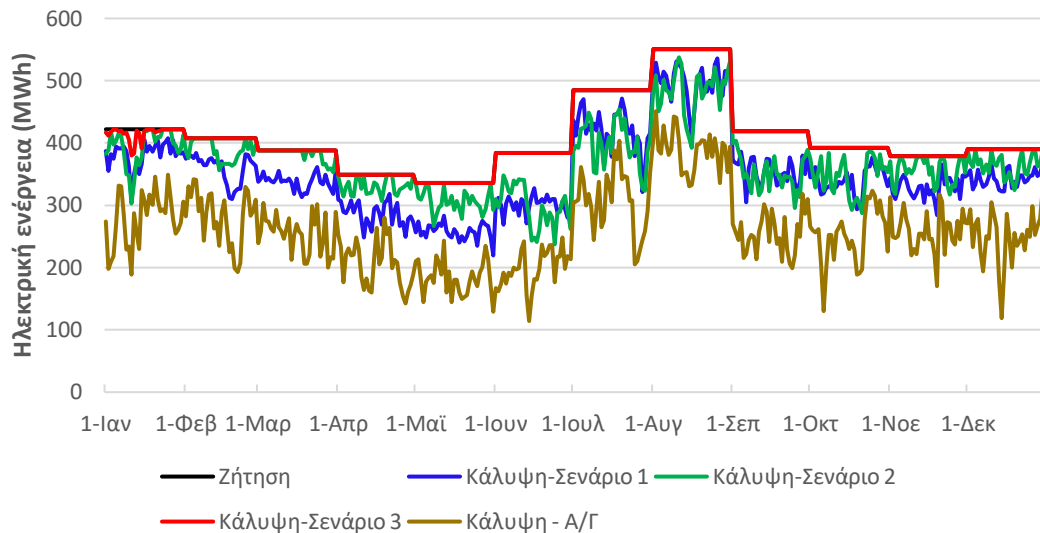
Σχήμα 6.46 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ.

Στο Σχήμα 6.47 φαίνονται τα ποσοστά κάλυψης της ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα σύμφωνα με το 1^ο σενάριο με μπλε χρώμα, σύμφωνα με το 2^ο σενάριο με πράσινο χρώμα, σύμφωνα με το 3^ο σενάριο με κόκκινο χρώμα και αποκλειστικά από τις Α/Γ με κίτρινο σκούρο χρώμα. Στο 1^ο σενάριο, ο μήνας με την υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο Ιανουάριος (90%) και με τη χαμηλότερη ο Μάιος (77%). Στο 2^ο σενάριο, ο μήνας με την υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο Μάρτιος (99%) και με τη χαμηλότερη ο Ιούνιος (78%). Στο 3^ο σενάριο, παρατηρείται σχεδόν πλήρης κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών κάθε μήνα. Αποκλειστικά με τη χρήση των Α/Γ, ο μήνας με την υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο Αύγουστος (70%) και με τη χαμηλότερη είναι ο Ιούνιος (52%).



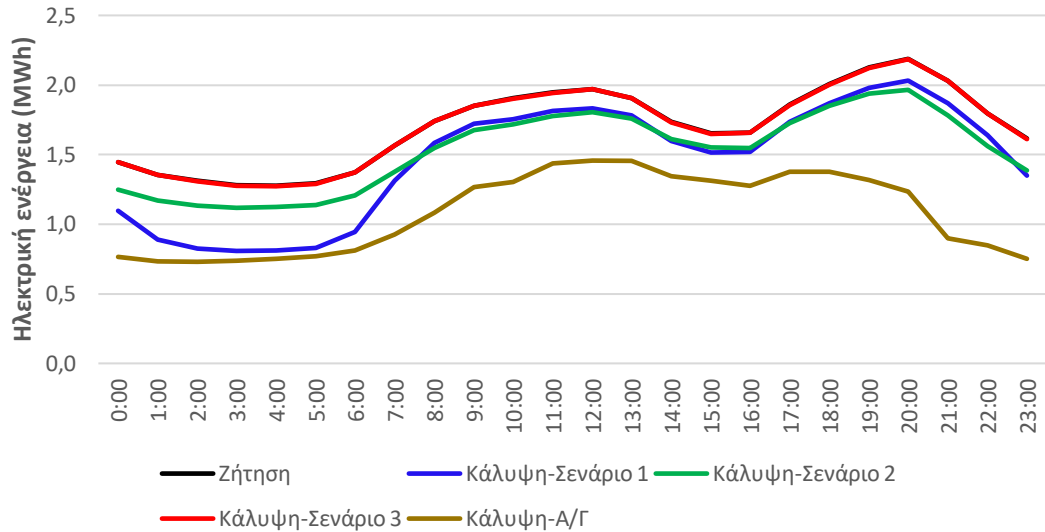
Σχήμα 6.47 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια και με την αποκλειστική χρήση A/Γ.

Στο Σχήμα 6.48 παρουσιάζεται αντίστοιχο γράφημα ηλεκτρικής ενέργειας με εκείνο του Σχήματος 6.46, αλλά με μέσες ημερήσιες τιμές αντί για μηνιαίες. Πιο συγκεκριμένα, με μαύρο χρώμα απεικονίζεται η μέση ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, με μπλε χρώμα η μέση ημερήσια κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο, με πράσινο χρώμα για το 2^ο σενάριο, με κόκκινο χρώμα για το 3^ο σενάριο και με κίτρινο σκούρο χρώμα η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση A/Γ. Φαίνεται ότι το 1^ο σενάριο κατά τους θερινούς μήνες προσφέρει ελαφρώς υψηλότερη κάλυψη σε σύγκριση με το 2^ο σενάριο, ενώ το αντίθετο συμβαίνει κατά τους χειμερινούς μήνες. Επιπλέον, παρατηρείται ότι με το 3^ο σενάριο υπάρχει σχεδόν πλήρης κάλυψη της ζήτησης για την ηλεκτρική ενέργεια, όλη τη διάρκεια του έτους.



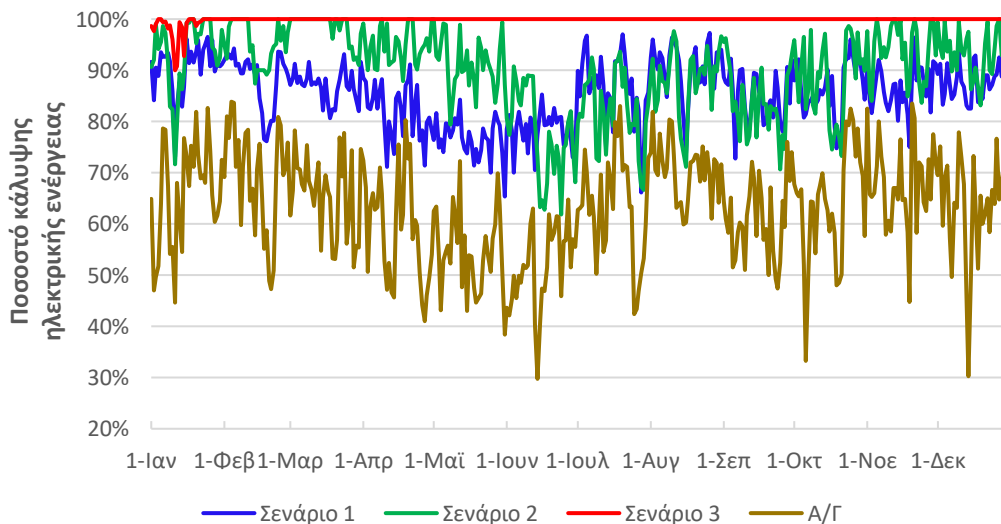
Σχήμα 6.48 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ημέρα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ.

Στη συνέχεια, εξετάζεται η ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο Σχήμα 6.49 παρουσιάζεται με μαύρο χρώμα η μέση ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, με μπλε χρώμα η μέση ωριαία κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο, με πράσινο χρώμα για το 2^ο σενάριο, με κόκκινο χρώμα για το 3^ο σενάριο και με κίτρινο σκούρο χρώμα η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ. Παρατηρείται ότι η κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας από το 3^ο σενάριο είναι υψηλότερη για κάθε ώρα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια και σχεδόν ίση με τη ζήτηση. Συγκρίνοντας την κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας από το 1^ο και το 2^ο σενάριο, φαίνεται ότι άλλες ώρες τις ημέρας η κάλυψη είναι υψηλότερη στο 1^ο σενάριο και άλλες στο 2^ο σενάριο. Η κάλυψη από το 2^ο σενάριο ακολουθεί εντονότερα τη διακύμανση της ζήτησης μέσα στην ημέρα. Όσον αφορά την κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α/Γ, όπως και είναι αναμενόμενο, βρίσκεται χαμηλότερα από κάθε σενάριο, καθώς εξαρτάται αποκλειστικά από την ταχύτητα του ανέμου.



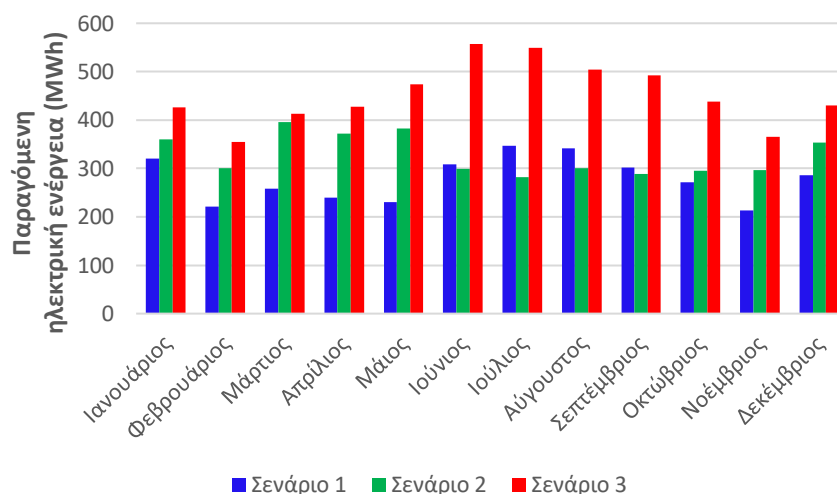
Σχήμα 6.49 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ώρα η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από τα 3 σενάρια και η κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας από την αποκλειστική χρήση Α/Γ.

Στο Σχήμα 6.50 φαίνονται τα ποσοστά κάλυψης της ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα, σύμφωνα με το 1^ο σενάριο με μπλε χρώμα, σύμφωνα με το 2^ο σενάριο με πράσινο χρώμα, σύμφωνα με το 3^ο σενάριο με κόκκινο χρώμα και αποκλειστικά από τις Α/Γ με κίτρινο σκούρο χρώμα.



Σχήμα 6.50 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά ημέρα το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια και με την αποκλειστική χρήση Α/Γ.

Σε αυτό το σημείο γίνεται σύγκριση των αποθηκευτικών μέσων. Πιο συγκεκριμένα, συγκρίνονται οι ποσότητες της επιπλέον παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα τρία σενάρια. Στο 1^ο σενάριο παράγεται υδροηλεκτρική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο, στο 2^ο σενάριο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την καύση του υδρογόνου και στο 3^ο σενάριο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια και με τις δύο μεθόδους. Στο Σχήμα 4.51 απεικονίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα για το 1^ο σενάριο (υδροστρόβιλος) με μπλε χρώμα, για το 2^ο σενάριο (υδρογόνο) με πράσινο χρώμα και για το 3^ο σενάριο (υδροστρόβιλος και υδρογόνο) με κόκκινο χρώμα. Παρατηρείται ότι ο μήνας με την υψηλότερη ποσότητα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το 1^ο σενάριο είναι ο Ιούλιος (346 MWh), για το 2^ο σενάριο είναι ο Μάρτιος (396 MWh) και για το 3^ο σενάριο είναι ο Ιούνιος (558 MWh). Για κάθε μήνα, η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το 3^ο σενάριο είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα 2 σενάρια. Από τον Ιούνιο μέχρι και το Σεπτέμβριο, η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το 1^ο σενάριο είναι υψηλότερη σε σύγκριση με το 2^ο σενάριο. Τους υπόλοιπους μήνες συμβαίνει το αντίθετο.

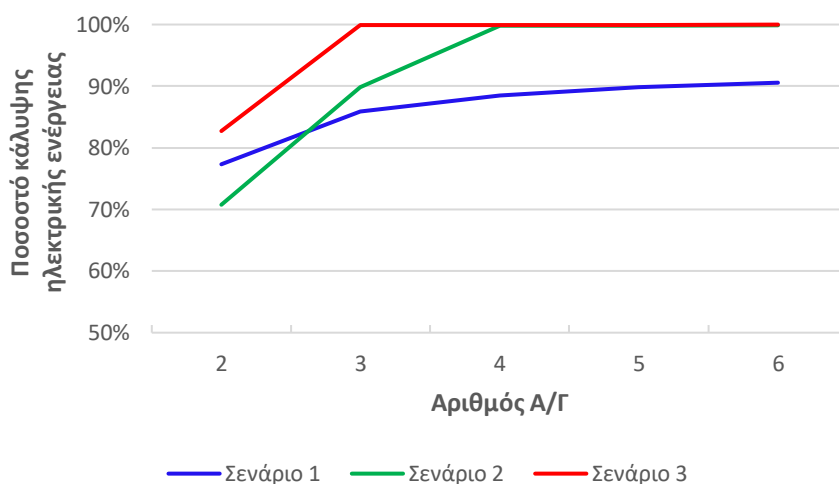


Σχήμα 6.51 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ανά μήνα η επιπλέον ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από κάθε ένα από τα τρία σενάρια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των ετών δε γίνεται κάποια σύγκριση των αποτελεσμάτων, καθώς δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές.

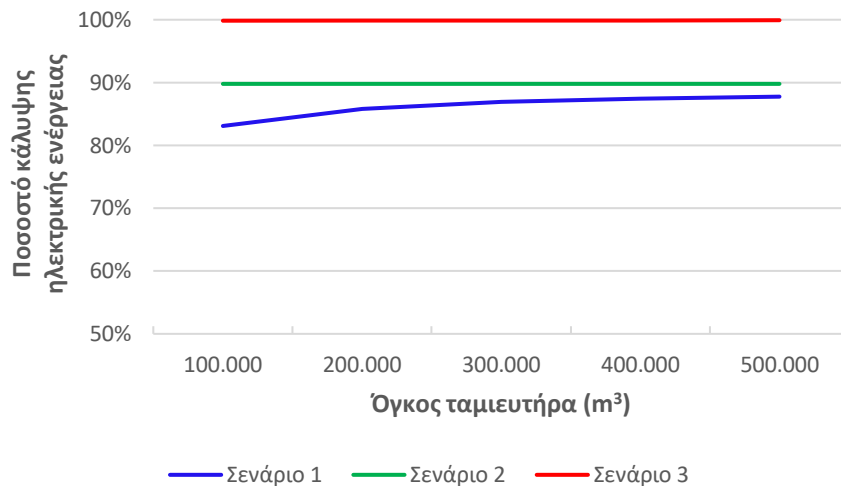
Σε αυτό το σημείο γίνεται υπολογισμός του ποσοστού κάλυψης της ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως στην περίπτωση κατά την οποία μεταβάλλεται ο αριθμός των Α/Γ από 2 έως και 6 και στην περίπτωση κατά την οποία μεταβάλλεται ο όγκος του ταμιευτήρα.

Όσον αφορά τον αριθμό των Α/Γ, στο γράφημα του Σχήματος 6.52 φαίνεται το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για 2, 3, 4, 5 και 6 Α/Γ, για κάθε ένα από τα 3 σενάρια. Παρατηρείται ότι για αριθμό Α/Γ 4 και άνω τα ποσοστά τείνουν σε συγκεκριμένες τιμές. Για το 1^ο σενάριο στο 90% και για το 2^ο και 3^ο σενάριο στο 100%. Οι λόγοι για τους οποίους στο 1^ο σενάριο το ποσοστό δεν αυξάνεται είναι το πλήθος των αντλιών, ο περιορισμένος όγκος του ταμιευτήρα και το περιορισμένο εύρος λειτουργίας του υδροστρόβιλου.



Σχήμα 6.52 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια μεταβάλλοντας τον αριθμό των Α/Γ.

Όσον αφορά τον όγκο του ταμιευτήρα, στο γράφημα του Σχήματος 6.53 φαίνεται το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για όγκους ταμιευτήρα 100.000 m³, 200.000 m³, 300.000 m³, 400.000 m³ και 500.000 m³. Παρατηρείται ότι καθώς μεταβάλλεται ο όγκος του ταμιευτήρα, οι μεταβολές του ποσοστού κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπερβαίνουν το 5%. Για το 1^ο σενάριο το ποσοστό κυμαίνεται 83–88% και για το 3^ο σενάριο σχεδόν στο 100% χωρίς να μεταβάλλεται με τον όγκο του ταμιευτήρα. Για το 2^ο σενάριο το ποσοστό δε μεταβάλλεται, καθώς δε χρησιμοποιείται η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης.



Σχήμα 6.53 Γράφημα στο οποίο απεικονίζεται ετησίως το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 3 σενάρια μεταβάλλοντας τον όγκο του ταμιευτήρα.

6.14 Επιπτώσεις και Οφέλη στο Περιβάλλον

Η εγκατάσταση ενός Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ συνεπάγεται κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής του και σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη κατά τη φάση της λειτουργίας του. Οι επιπτώσεις προκαλούνται από τα μηχανήματα και τις δραστηριότητες του προσωπικού των εργοταξίων.

Παρατηρείται προσωρινή απώλεια βλάστησης και καλλιεργειών, προσωρινές αλλαγές στο τοπίο, θόρυβος, κραδασμοί και αέριες εκπομπές από τα μηχανήματα του εργοταξίου. Ακόμη, μπορεί να υπάρξουν διαρροές χημικών και λιπαντικών από τα μηχανήματα και τα οχήματα του εργοταξίου και προσωρινή παρεμπόδιση κυκλοφορίας των κατοίκων και των αγροτικών οχημάτων.

Οι Α/Γ πρόκειται να εγκατασταθούν στο Όρος Κόχυλας σε υψόμετρο 700 m. Χρειάζεται να γίνουν έργα οδοποιίας για την πρόσβαση των μηχανημάτων και των φορτηγών στο βουνό. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι δρόμοι προσφέρουν και αντιπυρική προστασία στο βουνό.

Όσον αφορά την αφαλάτωση υπάρχουν κυρίως 3 περιβαλλοντικοί αντίκτυποι. Ο πρώτος είναι η υψηλή ποσότητα εκπομπών θερμών αερίων στην ατμόσφαιρα, ο δεύτερος είναι η ποσότητα και η θερμοκρασία της άλμης η οποία απορρίπτεται υπό

υψηλή συγκέντρωση και ο τρίτος είναι τα χημικά τα οποία απορρίπτονται από την προεπεξεργασία (Al-Karaghoulis and Kazmerski, 2013).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι βραχυχρόνιες, μη μόνιμες και πλήρως αναστρέψιμες με την πάροδο του χρόνου.

Κατά την ολοκλήρωση της κατασκευής του υβριδικού έργου αναμένεται η υλοποίηση μέτρων αποκατάστασης του περιβάλλοντος, όπως είναι για παράδειγμα οι δενδροφυτεύσεις.

Κατά τη λειτουργία του Υβριδικού Συστήματος παρατηρούνται σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων, περιορίζοντας αρκετά τη χρήση συμβατικών καυσίμων, χωρίς να επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Επιπλέον, συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της Σκύρου.

7. Οικονομική Ανάλυση

Σε αυτό το σημείο γίνεται η οικονομική ανάλυση του έργου, δηλαδή ανάλυση κόστους – οφέλους του έργου. Πρόκειται για μια ποσοτική μέθοδο κατά την οποία γίνεται εκτίμηση της αξίας των χρημάτων, των συνολικών οφελών και του κόστους κατά τον πλήρη κύκλο ζωής ενός έργου.

7.1 Βασικές έννοιες

Αρχικά γίνεται αναφορά σε μερικές βασικές οικονομικές έννοιες. Το κεφάλαιο ορίζεται ως το οικονομικό αγαθό, το οποίο εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες και έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά. Στο παρόν έργο αποτελεί το απαιτούμενο χρηματικό ποσό μέχρι την έναρξη λειτουργίας των μονάδων. Ο τόκος είναι η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Το επιτόκιο είναι ο τόκος του κεφαλαίου για μια νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η χρηματοροή (cash flow) ορίζεται ως το χρηματικό ποσό το οποίο εισέρχεται ή εξέρχεται από μια οικονομική μονάδα, όπως είναι μια επιχείρηση και ένα νοικοκυριό, μια χρονική στιγμή. Οι θετικές χρηματοροές αποτελούν τα έσοδα, οι αρνητικές αποτελούν τα έξοδα και οι καθαρές χρηματοροές είναι η διαφορά των θετικών και των αρνητικών χρηματοροών. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) – Net Present Value (NPV) εκφράζει την αξία η οποία προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των ετήσιων καθαρών χρηματοροών που προβλέπονται σε ολόκληρο το χρονικό ορίζοντα μιας επένδυσης και εκφράζεται από τη σχέση (6.10):

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\varepsilon)^{\tau}} \right] - E_0 \quad (6.10)$$

Όπου, ΚΤΡ είναι η Καθαρή Ταμειακή Ροή, δηλαδή η διαφορά εσόδων – εξόδων σε κάθε περίοδο, ε είναι το επιτόκιο προεξόφλησης, ν είναι η διάρκεια ζωής του έργου, τ είναι η περίοδος της προεξόφλησης και E_0 είναι η αρχική επένδυση.

Ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής – Internal Rate of Return (IRR) είναι ο δείκτης ο οποίος μετράει την απόδοση μιας επένδυσης. Εκφράζει το επιτόκιο στο οποίο η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι μηδενική. Υπολογίζεται από την επίλυση της εξίσωσης (6.11):

$$\text{ΚΠΑ} = 0 = \left[\sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{\text{ΚΤΡ}_{\tau}}{(1+\text{IRR})^{\tau}} \right] - E_0 \quad (6.11)$$

Όπου, ΚΤΡ είναι η Καθαρή Ταμειακή Ροή, δηλαδή η διαφορά εσόδων – εξόδων σε κάθε περίοδο, IRR είναι ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής, ν είναι η διάρκεια ζωής του έργου, τ είναι η περίοδος της προεξόφλησης και E_0 είναι η αρχική επένδυση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει το ρίσκο το οποίο αναλαμβάνει ένας επενδυτής για να πραγματοποιήσει το έργο. Πιο συγκεκριμένα, εάν ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο, τότε ο λόγος οφέλους – κόστους είναι μεγαλύτερος της μονάδας, άρα η επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη. Εάν ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής είναι μικρότερος από το επιτόκιο, τότε ο λόγος οφέλους – κόστους είναι μικρότερος της μονάδας, άρα η επένδυση είναι ασύμφορη. Εάν ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής είναι ίσος με το επιτόκιο, τότε ο λόγος οφέλους – κόστους είναι ίσος της μονάδας, άρα η επένδυση ενδέχεται να μην επιφέρει κέρδη.

Η απόσβεση είναι η μείωση της αξίας ενός πάγιου περιουσιακού στοιχείου από τη φθορά που υπέστη αυτό. Η φθορά μπορεί να προκληθεί είτε λόγω της παρόδου του χρόνου, είτε λόγω της χρήσεως, είτε λόγω των επιστημονικών και τεχνικών ανακαλύψεων και εφευρέσεων. Για να γίνει ο υπολογισμός των αποσβέσεων πρέπει να είναι γνωστά το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής και η υπολειμματική του αξία. Μεταξύ των διαφόρων μεθόδων υπολογισμού του ετήσιου ποσού αποσβέσεως, πιο συνηθισμένη είναι η μέθοδος της σταθερής αποσβέσεως. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, ο συντελεστής αποσβέσεως είναι σταθερός κάθε χρόνο και ο υπολογισμός με βάση το συντελεστή γίνεται πάντοτε από την αρχική αξία του περιουσιακού στοιχείου (<https://euretirio.com/aposvesi-depreciation/>).

7.2 Υπολογισμός Κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Το συνολικό κόστος μιας επένδυσης ελάχιστες φορές καλύπτεται αποκλειστικά από τα κεφάλαια του επενδυτή. Ο επενδυτής χρησιμοποιεί και άλλες πηγές χρηματοδότησης, όπως είναι οι επιχορηγήσεις και τα δάνεια από τα πιστωτικά ιδρύματα. Το κεφάλαιο, το οποίο δανείζεται κάποιος, επιστρέφεται σταδιακά με την αμοιβή του δανειστή. Με τη συγκεκριμένη διαδικασία σχετίζονται η έννοια του χρεολυσίου, το οποίο είναι η επιστροφή του κεφαλαίου και ο τόκος, ο οποίος υπολογίζεται βάση του επιτοκίου δανεισμού και του προς αποπληρωμή κεφαλαίου και πρόκειται ουσιαστικά για την αμοιβή του κεφαλαίου. Η μέθοδος αποπληρωμής ενός δανείου γίνεται είτε με σταθερό χρεολύσιο, είτε με σταθερό τοκοχρεολύσιο το οποίο πρόκειται για το συνηθισμένο τρόπο. Ο υπολογισμός του τοκοχρεολυσίου γίνεται σύμφωνα με τη σχέση (6.12):

$$T.Δ. = \frac{\varepsilon \cdot (1+\varepsilon)^v}{(1+\varepsilon)^v - 1} \cdot K \quad (6.12)$$

Όπου, T.Δ. είναι η Τοκοχρεολυτική Δόση, ε είναι το επιτόκιο δανεισμού, v είναι οι περίοδοι αποπληρωμής του δανείου (αριθμός δόσεων) και K είναι το κεφάλαιο δανεισμού.

Σε αυτό το σημείο γίνεται εκτίμηση του κόστους των απαραίτητων υποδομών του έργου με βάση έρευνα κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης αντίστοιχων έργων για κάθε σενάριο (Bertsiou, 2016). Οι εκτιμήσεις αναφέρονται στον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5 Εκτιμώμενες δαπάνες προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού έργου, για κάθε σενάριο.

Α/Α	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών (€)		
		Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
1	Μελέτες – επιβλέψεις – αδειοδοτήσεις			
	Αρχιτεκτονική, ηλεκτρολογικομηχανικές μελέτες, αδειοδότηση, επιβλέψεις	100.000	100.000	150.000
2	Μονάδα αφαλάτωσης			
	Διαμόρφωση χώρου, οδοποιία, εξοπλισμός, μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού	1.000.000	1.000.000	1.000.000
3	Αντλιοστάσιο			
	Αντλιοστάσια, καταθλιπτικός αγωγός, αγωγοί μεταφοράς, αυτοματισμοί	500.000	–	500.000
4	Δεξαμενές			
	Έργα υποδομής (χωματουργικά, αποκατάσταση περιβάλλοντος)	1.000.000	–	1.000.000
5	Υδροστρόβιλος			
	Εξοπλισμός υδροστρόβιλου, μεταφορά, εγκατάσταση, αγωγοί μεταφοράς, έργα υποδομής	2.000.000	–	2.000.000
6	Ανεμογεννήτριες			
	Εξοπλισμός Α/Γ Enercon 3 X E-92 2.350 kW, μεταφορά, εγκατάσταση, έργα υποδομής	5.000.000	5.000.000	5.000.000
7	Μονάδα παραγωγής υδρογόνου			
	Ηλεκτρόλυση, κυψέλη καυσίμου, αποθήκευση, αγωγοί, έργα υποδομής	–	1.000.000	1.000.000
	Σύνολο	9.600.000	7.100.000	10.650.000
	ΦΠΑ (24%)	2.304.000	1.704.000	2.556.000
	Σύνολο με ΦΠΑ	11.904.000	8.804.000	13.206.000

Επιπλέον, γίνεται εκτίμηση των ετησίων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης για κάθε σενάριο. Οι εκτιμήσεις αναφέρονται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6 Εκτιμώμενες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, για κάθε σενάριο.

Α/Α	Περιγραφή εργασίας	Εκτίμηση δαπανών (€)		
		Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
1	Διοίκηση – διαχείριση έργου			
	Αμοιβή προσωπικού διαχείρισης	100.000	100.000	150.000
2	Μονάδα αφαλάτωσης			
	Συντήρηση, χημικά λειτουργίας και καθαρισμού, αντικατάσταση μεμβρανών	100.000	100.000	100.000
3	Αντλιοστάσιο και αγωγοί			
	Συντήρηση, ανταλλακτικά, αναλώσιμα	10.000	–	10.000
4	Δεξαμενές			
	Συντήρηση, αναλώσιμα	10.000	–	10.000
5	Υδροστρόβιλος			
	Συντήρηση, αναλώσιμα	10.000	–	10.000
6	Ανεμογεννήτριες			
	Συντήρηση, ανταλλακτικά, αναλώσιμα, δαπάνες προσωπικού	50.000	50.000	50.000
7	Μονάδα παραγωγής υδρογόνου			
	Συντήρηση, αναλώσιμα, λειτουργία	–	150.000	150.000
	Σύνολο	280.000	400.000	480.000
	ΦΠΑ (24%)	67.000	96.000	115.200
	Σύνολο με ΦΠΑ	347.000	496.000	595.200

Για την ομαλή λειτουργία του έργου απαιτείται τμήμα διεύθυνσης και διαχείρισης του. Το συγκεκριμένο τμήμα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της λειτουργίας του, το συντονισμό του προσωπικού και την πραγματοποίηση των συντηρήσεων.

7.3 Αξιολόγηση Επένδυσης

Σε αυτό το σημείο γίνεται η αξιολόγηση της επένδυσης. Για να γίνει η αξιολόγηση πρέπει να οριστεί ο χρονικός ορίζοντας του έργου, δηλαδή η διάρκεια ζωής του τεχνικού εξοπλισμού. Θεωρείται ότι ο χρονικός ορίζοντας είναι 25 έτη. Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται στα 11.904.000 € για το 1^ο σενάριο, στα 8.804.000 € για το 2^ο σενάριο και στα 13.206.000 € για το 3^ο σενάριο. Για το ποσό αυτό θα δοθεί επιχορήγηση κατά 40% από το επιχειρησιακό πρόγραμμα για την προώθηση των ΑΠΕ στα νησιά. Επιπλέον, λαμβάνεται τραπεζικό δάνειο για το 50% του συνολικού ποσού επένδυσης και η ίδια συμμετοχή ανέρχεται στο 10%. Αναλυτικότερα, για

κάθε σενάριο παρουσιάζονται τα όσα στοιχεία αναφέρθηκαν για την επένδυση στον Πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.7 Ανάλυση επένδυσης για κάθε σενάριο.

	Ποσοστό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Σύνολο επένδυσης (€)	100%	11.904.000	8.804.000	13.206.000
Επιχορήγηση (€)	40%	4.761.600	3.521.000	5.282.000
Τραπεζικό δάνειο (€)	50%	5.952.000	4.402.000	6.603.000
Ιδία συμμετοχή (€)	10%	1.190.400	880.400	1.320.600

Όσον αφορά το τραπεζικό δάνειο, η περίοδος αποπληρωμής θεωρείται $v = 10$ έτη, με σταθερό συντελεστή απόσβεσης 10% και το επιτόκιο προεξόφλησης θεωρείται $\varepsilon = 3\%$ και εφαρμόζεται η μέθοδος των τοκοχρεολυσίων. Σύμφωνα με τη σχέση (6.12), το τοκοχρεολυσίο για κάθε σενάριο υπολογίζεται ως:

$$T.Δ. = \frac{\varepsilon \cdot (1+\varepsilon)^v}{(1+\varepsilon)^v - 1} \cdot K = \frac{0,03 \cdot (1+0,03)^{10}}{(1+0,03)^{10} - 1} \cdot 11.904.000 = 697.756 \text{ €} \quad (6.13\alpha)$$

$$T.Δ. = \frac{\varepsilon \cdot (1+\varepsilon)^v}{(1+\varepsilon)^v - 1} \cdot K = \frac{0,03 \cdot (1+0,03)^{10}}{(1+0,03)^{10} - 1} \cdot 8.804.000 = 516.049 \text{ €} \quad (6.13\beta)$$

$$T.Δ. = \frac{\varepsilon \cdot (1+\varepsilon)^v}{(1+\varepsilon)^v - 1} \cdot K = \frac{0,03 \cdot (1+0,03)^{10}}{(1+0,03)^{10} - 1} \cdot 13.206.000 = 774.073 \text{ €} \quad (6.13\gamma)$$

Όπου, $T.Δ.$ είναι η Τοκοχρεολυτική Δόση, ε είναι το επιτόκιο δανεισμού (3%), v είναι οι περίοδοι αποπληρωμής του δανείου (αριθμός δόσεων) (10) και K είναι το κεφάλαιο δανεισμού (11.904.000 €, 8.804.000 € και 13.206.000 €).

Η υπολειμματική αξία του έργου θεωρείται μηδενική, διότι γίνεται η παραδοχή ότι το κράτος παραχωρεί δικαίωμα εκμετάλλευσης σε μια ιδιωτική εταιρεία για κάποιο χρόνο και μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού το έργο μεταβιβάζεται πάλι στο κράτος, το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί το ίδιο το έργο ή να το παραχωρήσει πάλι σε άλλη εταιρία (Bertsiou, 2016).

Η αποπληρωμή του δανείου για το 1^ο σενάριο γίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.8:

Πίνακας 6.8 Αποπληρωμή δανείου για το 1^ο σενάριο.

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (€)	Χρεολύσιο (€)	Τόκοι (€)	Υπόλοιπο χρεολυσίου (€)
0				5.952.000
1	697.756	519.196	178.560	5.432.804
2	697.756	534.772	162.984	4.898.032
3	697.756	550.815	146.941	4.347.217
4	697.756	567.339	130.417	3.779.878
5	697.756	584.360	113.396	3.195.518
6	697.756	601.890	95.866	2.593.628
7	697.756	619.947	77.809	1.973.680
8	697.756	638.546	59.210	1.335.135
9	697.756	657.702	40.054	677.433
10	697.756	677.433	20.323	0
Σύνολο	6.977.560	5.952.000	1.025.560	

Η αποπληρωμή του δανείου για το 2^ο σενάριο γίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.9:

Πίνακας 6.9 Αποπληρωμή δανείου για το 2^ο σενάριο.

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (€)	Χρεολύσιο (€)	Τόκοι (€)	Υπόλοιπο χρεολυσίου (€)
0				4.402.000
1	516.049	383.989	132.060	4.018.011
2	516.049	395.508	120.540	3.622.503
3	516.049	407.374	108.675	3.215.129
4	516.049	419.595	96.454	2.795.535
5	516.049	432.183	83.866	2.363.352
6	516.049	445.148	70.901	1.918.204
7	516.049	458.503	57.546	1.459.701
8	516.049	472.258	43.791	987.444
9	516.049	486.425	29.623	501.018
10	516.049	501.018	15.031	0
Σύνολο	5.160.487	4.402.000	758.487	

Η αποπληρωμή του δανείου για το 3^ο σενάριο γίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.10:

Πίνακας 6.10 Αποπληρωμή δανείου για το 3^ο σενάριο.

Έτος	Τοκοχρεολύσιο (€)	Χρεολύσιο (€)	Τόκοι (€)	Υπόλοιπο χρεολυσίου (€)
0				6.603.000
1	774.073	575.983	198.090	6.027.017
2	774.073	593.263	180.811	5.433.754
3	774.073	611.060	163.013	4.822.694
4	774.073	629.392	144.681	4.193.302
5	774.073	648.274	125.799	3.545.028
6	774.073	667.722	106.351	2.877.306
7	774.073	687.754	86.319	2.189.552
8	774.073	708.386	65.687	1.481.165
9	774.073	729.638	44.435	751.527
10	774.073	751.527	22.546	0
Σύνολο	7.740.730	6.603.000	1.137.730	

Τα έσοδα κατά τη λειτουργία του έργου προκύπτουν κυρίως από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας και του αφαλατωμένου νερού. Μπορούν ακόμη να προκύψουν έσοδα από την πώληση του οξυγόνου, το οποίο παράγεται παράλληλα με το υδρογόνο και από την πώληση του υδρογόνου, εφόσον γίνει επιπλέον παραγωγή του. Στην παρούσα ανάλυση δεν παράγεται επιπλέον ποσότητα υδρογόνου ώστε να περισσεύει για πώληση.

Σε κάθε σενάριο παράγεται η ίδια ποσότητα νερού και διαφορές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Στον Πίνακα 6.11 απεικονίζονται οι ποσότητες νερού και ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος.

Πίνακας 6.11 Ποσότητες αφαλατωμένου νερού και ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες παράγονται ετησίως.

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Αφαλατωμένο νερό (m³/έτος)	505.039	505.039	505.039
Ηλεκτρική ενέργεια (kWh/έτος) (ποσοστό ικανοποίησης αναγκών)	12.822.188 (86%)	13.410.825 (90%)	14.917.222 (99%)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ – NPV) της επένδυσης μηδενίζεται για συγκεκριμένη τιμή πώλησης αφαλατωμένου νερού και ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε σενάριο. Σε αυτή την περίπτωση, ο Εσωτερικός Ρυθμός Επιστροφής (IRR) είναι ίσος με το επιτόκιο προεξόφλησης (ε) και η επένδυση χαρακτηρίζεται οριακά συμφέρουσα. Στον Πίνακα 6.12 παρουσιάζονται οι τιμές πώλησης του νερού και της ηλεκτρικής

ενέργειας για κάθε σενάριο, στην περίπτωση κατά την οποία η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι μηδενική.

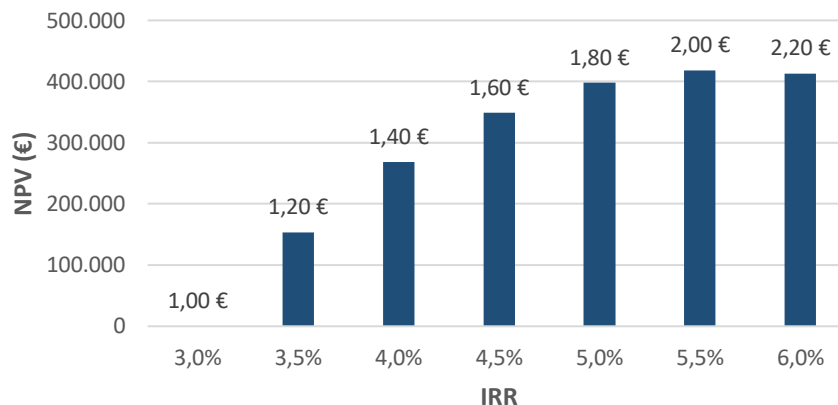
Πίνακας 6.12 Τιμές πώλησης αφαλατωμένου νερού και ηλεκτρικής ενέργειας για την περίπτωση μηδενικής Καθαρής Παρούσας Αξίας.

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Τιμή πώλησης αφαλατωμένου νερού (€/m³)	1,00	1,00	1,00
Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)	0,112	0,088	0,125

Η τιμή του νερού στη Σκύρο το 2020 ανέρχεται στα 0,20 €/m³ και της ηλεκτρικής ενέργειας 0,110 €/kWh. Προκειμένου οι κάτοικοι να μη δουν αυξήσεις στα πάγια έξοδα τους, ο Δήμος του νησιού μπορεί να καλύψει τη διαφορά στην τελική τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού και της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συντελεστής φορολογίας των καθαρών κερδών λαμβάνεται ίσος με 35%.

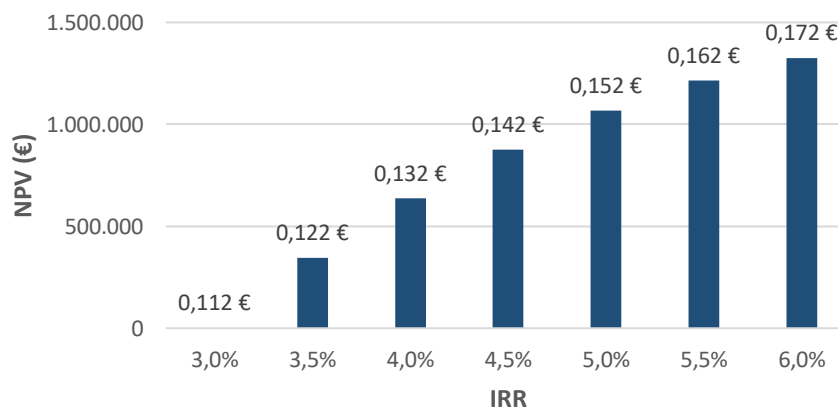
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διαγράμματα Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) – Εσωτερικού Ρυθμού Επιστροφής (IRR), για τα 3 σενάρια ώστε να προσδιοριστεί η αποδοτικότητα του έργου για διάφορες τιμές πώλησης του αφαλατωμένου νερού και της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε κάθε σενάριο εξετάζονται δύο περιπτώσεις, η πρώτη αφορά σταθερή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας και η δεύτερη αφορά σταθερή τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού. Σε κάθε περίπτωση εξετάζεται η αύξηση του επιτοκίου με βήμα 0,5%.

Για το 1^ο σενάριο, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,112 €/kWh, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού από 1,00 €/m³ έως 2,20 €/m³ με βήμα 0,20 €/m³. Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



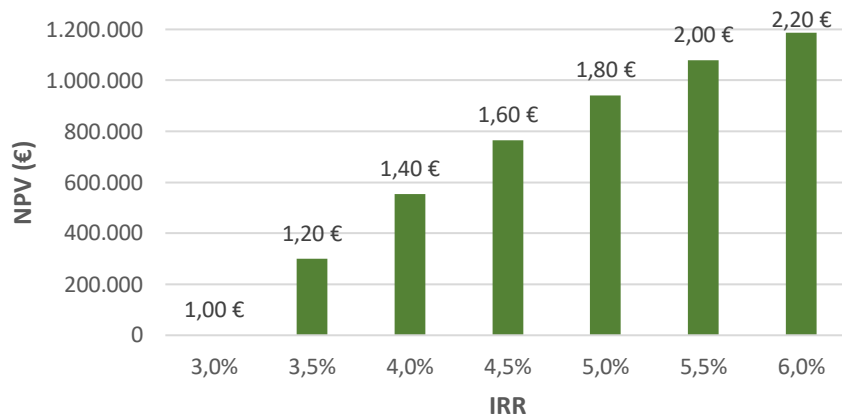
Σχήμα 7.1 Διάγραμμα NVP – IRR για το 1^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,112 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.

Για το 1^ο σενάριο επίσης, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m³, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από 0,112 €/kWh έως 0,172 €/kWh με βήμα 0,010 €/kWh. Στο Σχήμα 7.2 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



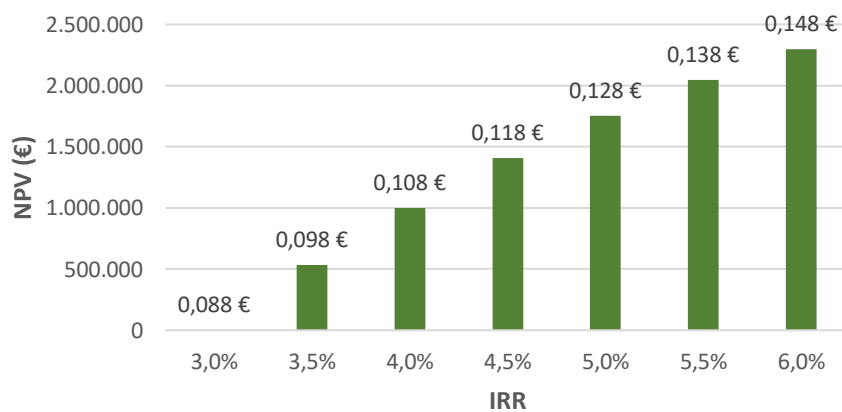
Σχήμα 7.2 Διάγραμμα NVP – IRR για το 1^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m³ και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Για το 2^ο σενάριο, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,088 €/kWh, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού από 1,00 €/m³ έως 2,20 €/m³ με βήμα 0,20 €/m³. Στο Σχήμα 7.3 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



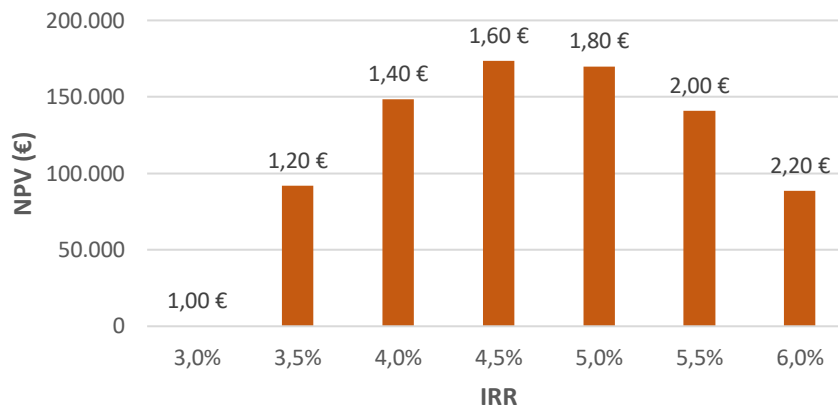
Σχήμα 7.3 Διάγραμμα NVP – IRR για το 2^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,088 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.

Για το 2^ο σενάριο ακόμη, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m³, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από 0,088 €/kWh έως 0,148 €/kWh με βήμα 0,010 €/kWh. Στο Σχήμα 7.4 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



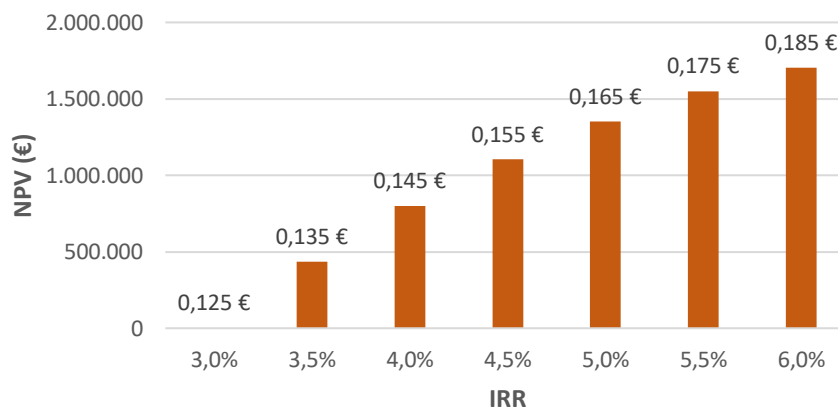
Σχήμα 7.4 Διάγραμμα NVP – IRR για το 2^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m³ και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Για το 3^ο σενάριο, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,125 €/kWh, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού από 1,00 €/m³ έως 2,20 €/m³ με βήμα 0,20 €/m³. Στο Σχήμα 7.5 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



Σχήμα 7.5 Διάγραμμα NVP – IRR για το 3^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,125 €/kWh και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού.

Για το 3^ο σενάριο επιπλέον, θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού στα 1,00 €/m³, μεταβάλλεται η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από 0,125 €/kWh έως 0,185 €/kWh με βήμα 0,010 €/kWh. Στο Σχήμα 7.6 παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα.



Σχήμα 7.6 Διάγραμμα NVP – IRR για το 3^ο σενάριο θεωρώντας σταθερή την τιμή πώλησης του αφαλατωμένου νερού και μεταβάλλοντας την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα περισσότερα διαγράμματα παρατηρείται ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι τιμές πώλησης του αφαλατωμένου νερού και της ηλεκτρικής ενέργειας.

8. Προοπτικές και Συμπεράσματα

8.1 Σύνοψη

Σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες παρατηρούνται από την καύση συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, τίθεται και το ζήτημα της εξάντλησης τους και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ανανεώσιμες μορφές. Για ακόμη υψηλότερη αποδοτικότητα χρησιμοποιούνται υβριδικά συστήματα ΑΠΕ σύμφωνα με τα οποία εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι αποθήκευσης της ανανεώσιμης ενέργειας. Στην Ελλάδα, ενδείκνυται η εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων με βάση την αιολική ενέργεια, λόγω του σημαντικά υψηλού αιολικού δυναμικού, το οποίο διαθέτει η χώρα. Τα υβριδικά συστήματα μπορούν είτε να εγκατασταθούν ως ανεξάρτητα συστήματα, είτε να ενταχθούν σε υπάρχοντες σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχετικά με την αφαλάτωση, είναι ιδιαίτερα σημαντική τεχνολογία, καθώς αποτελεί λύση για περιοχές με έλλειψη νερού. Μεταξύ των διαφόρων μεθόδων αφαλάτωσης, η αντίστροφη ώσμωση είναι η πιο κατάλληλη λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, της καταλληλότητας των συστημάτων για σύνδεση με Α/Γ και Φ/Β και της ικανότητας παραγωγής υψηλών ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού.

Όσον αφορά το υδρογόνο, η παραγωγή του μπορεί να γίνει από ΑΠΕ μέσω της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης. Η καύση του υδρογόνου παράγει ενέργεια χωρίς να προκαλεί εκπομπές επιβλαβών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Επομένως, αποτελεί μια σημαντική καθαρή μέθοδο για αποθήκευση ανανεώσιμης ενέργειας. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί και μεταφορά υδρογόνου με τη χρήση αγωγών και φορτηγών.

Όσον αφορά τη Σκύρο, κατά τους θερινούς μήνες αυξάνονται σημαντικά οι ανάγκες ύδρευσης και ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του τουρισμού. Ο πληθυσμός του νησιού τετραπλασιάζεται κατά τους θερινούς μήνες, σε σύγκριση με το υπόλοιπο έτος.

Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου της αφαλάτωσης. Η χρήση μεγάλης δεξαμενής αφαλάτωσης επιτρέπει την αποθήκευση επιπλέον ποσότητας αφαλατωμένου νερού, οπότε σε όλα τα σενάρια παρατηρείται πλήρης κάλυψη των υδατικών αναγκών.

Όσον αφορά τις ενεργειακές ανάγκες, σύμφωνα με το 3^ο σενάριο, στο οποίο χρησιμοποιείται η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης και του υδρογόνου συνδυαστικά, επιτυγχάνεται η υψηλότερη κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια, με ποσοστό κάλυψης 99% σε ετήσια βάση. Ακολουθεί το 2^ο σενάριο, το οποίο περιλαμβάνει την αποκλειστική χρήση της μεθόδου αποθήκευσης πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας με το υδρογόνο, σε ποσοστό κάλυψης 90% σε ετήσια βάση. Τέλος, η χαμηλότερη κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών αφορά το 1^ο σενάριο, στο οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης, με ποσοστό κάλυψης 86% σε ετήσια βάση.

Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους αποθήκευσης της πλεονάζουσας αιολικής ενέργειας, κατά τους θερινούς μήνες, η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης επιτρέπει υψηλότερη κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών σε σύγκριση με τη μέθοδο του υδρογόνου. Κατά τους χειμερινούς μήνες συμβαίνει το αντίθετο.

Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των δύο μεθόδων, παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Για την αντλησιοταμίευση η ενεργειακή απόδοση, δηλαδή ο λόγος της υδροηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από τον υδροστρόβιλο προς την αιολική ενέργεια η οποία προσφέρεται για την άντληση, είναι 68%. Για τη μέθοδο του υδρογόνου, η ενεργειακή απόδοση δηλαδή ο λόγος της ενέργειας η οποία παράγεται από την καύση του υδρογόνου προς την ενέργεια η οποία καταναλώνεται για την παραγωγή του υδρογόνου, είναι 26%. Συνεπώς, η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης είναι πιο αποδοτική από τη μέθοδο του υδρογόνου.

Μια σημαντική διαφορά των δύο μεθόδων είναι στους περιορισμούς οι οποίοι υπάρχουν για το πόση ποσότητα ενέργειας μπορούν να αποθηκεύσουν. Στη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης υπάρχουν δύο σημαντικοί περιορισμοί. Ο πρώτος είναι ότι οι αντλίες χρειάζονται συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας για να τεθούν σε λειτουργία, πιο συγκεκριμένα μεγαλύτερη ή ίση από την ισχύ τους. Ο δεύτερος είναι ότι ο ταμιευτήρας έχει συγκεκριμένο όγκο, οπότε στις περιπτώσεις κατά τις

οποίες είναι πλήρης, δεν μπορεί να αντληθεί επιπλέον ποσότητα νερού. Στη μέθοδο του υδρογόνου, δεν υπάρχουν περιορισμοί, αρκεί να υπάρχει επαρκής χωρητικότητα για την αποθήκευση του υδρογόνου στη δεξαμενή.

Εγκαθιστώντας ένα υβριδικό σύστημα ΑΠΕ στη Σκύρο, αποφεύγονται οι διακοπές ρεύματος, πρόβλημα το οποίο είναι αρκετά συχνό κατά τους θερινούς μήνες όπου παρατηρείται αυξημένη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, μειώνονται οι εκπομπές αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

8.2 Μελλοντική Έρευνα

Ύστερα από την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, έχουν προκύπτει κάποια θέματα τα οποία είναι σημαντικό να μελετηθούν και αναλυθούν μελλοντικά.

Τέτοιου είδους Υβριδικά Συστήματα ΑΠΕ ενδείκνυται να μελετηθούν και να εφαρμοστούν και σε άλλες περιοχές την Ελλάδα. Κυρίως όμως αποτελεσματικά οφέλη παρουσιάζονται στα ΜΔΝ της Ελληνικής επικράτειας, δηλαδή εκείνα των οποίων το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας δε συνδέεται με το Σύστημα Μεταφοράς ή το Δίκτυο Διανομής της ηπειρωτικής χώρας. Τα Υβριδικά Συστήματα ΑΠΕ γίνεται όμως να εφαρμοστούν και σε περιπτώσεις Διασυνδεδεμένων Νησιών στο Δίκτυο της ΔΕΗ.

Όσον αφορά τη συλλογή των μετρήσεων και των δεδομένων, είναι σημαντικό να ληφθούν ακριβέστερες μετρήσεις. Για τα μετεωρολογικά δεδομένα και ιδιαίτερα για την ταχύτητα του ανέμου, ενδείκνυται η τοποθέτηση μετρητών στο σημείο όπου πρόκειται να τοποθετηθούν οι Α/Γ, ώστε να μη γίνονται μετατροπές στην ταχύτητα του ανέμου λόγω της υψομετρικής διαφοράς του οργάνου και του ζητούμενου χώρου. Για τις ηλεκτρικές και τις υδρευτικές ανάγκες ζητούμενο είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση τους.

Ακόμη, η παραγωγή χρονοσειρών για την πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών του πληθυσμού και των αναγκών, θα μπορούσε να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κάλυψη των αναγκών νερού και ηλεκτρισμού για τη Σκύρο. Αξίζει να

μελετηθεί με ιστορικά δεδομένα εάν ο πληθυσμός και ο τουρισμός του νησιού θα αυξηθούν ή θα μειωθούν τα επόμενα χρόνια.

Χρήσιμο είναι να μελετηθεί η περίπτωση συνδυαστικής χρήσης και άλλων μορφών ΑΠΕ, όπως είναι τα Φ/Β, ώστε να μπορούν να παραχθούν υψηλότερες ποσότητες ενέργειας.

Μελλοντικά, είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί διασύνδεση της Σκύρου με την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα γειτονικά νησιά. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται η αύξηση της συνολικής ισχύος του υβριδικού συστήματος, έτσι ώστε το νησί να είναι σε θέση να εξάγει ενέργεια και να επωφελείται οικονομικά.

Το υδρογόνο μελλοντικά πρόκειται να αποτελέσει σημαντική μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας. Ως καύσιμο μπορεί να συμβάλει στην απανθρακοποίηση και να ικανοποιήσει τους στόχους της μηδενικής εκπομπής αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ελληνική βιβλιογραφία

ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), *Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*, Ανακτήθηκε από: <https://www.deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/agora-mdn/stoixeia-ekkathariseon-kai-minaion-deltion-mdn/miniaia-deltia-ape-thermikis-paragogis/>, 2014 – 2021.

Έγγραφο καθοδήγησης: Απαιτήσεις για την υδροηλεκτρική ενέργεια σε σχέση με τη νομοθεσία της ΕΕ για τη φύση: Μια περίληψη, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ανακτήθηκε από: https://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/HYD_Summary_EL_PDF_HR_rev_26.pdf, 2018.

ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας), *Η Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας τον Ιούνιο 2021 - HWEA Wind Statistics June 2021*, Ανακτήθηκε από: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-21-H1-HWEA-Statistics-Greece-.pdf>, 2021.

Ευστρατιάδης, Α., Π. Κοσιέρης και Χ. Μακρόπουλος, *Υδρευτικές καταναλώσεις*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ανακτήθηκε από: https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1754/1/documents/D1_Demands_UlocYmN.pdf, 2019.

Μαμάσης, Ν., Α. Ευστρατιάδης και Δ. Κουτσογιάννης, *Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ανακτήθηκε από: http://users.ntua.gr/dkoutso/courses/ape/slides/HW_REN18_EIS.pdf, 2018.

Μαμάσης, Ν., Α. Ευστρατιάδης και Β. Τσουκαλά, *Θαλάσσια ενέργεια*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ανακτήθηκε από: https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1902/9/documents/ET2018_MarineEnergy.pdf, 2018.

Μπαλτάς, Ε., *Εφαρμοσμένη Μετεωρολογία*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 460 σελίδες, 2013.

Μπουτσίκου, Ε., και Α. Δραγανίνος, *Αφαλάτωση και συνοδά έργα*, Μονάδα Οργάνωσης και Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΥ), Ανακτήθηκε από: https://www.mou.gr/elibrary/AFALATOSI_08_08_2019.pdf, 2019.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανακτήθηκε από: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20130913:EL:PDF,2000>.

Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανακτήθηκε από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0077&from=EL>, 2001.

Πεχλιβανίδου, Σ., και Κ. Βουβαλίδης, *Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδραση της στις χρήσεις γης*, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. XXXIX/III, Ανακτήθηκε από: <http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/bgsg/article/view/1265/1135>, 2006.

ΣΕΦ (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών), *Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2020*, Ανακτήθηκε από: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf, 2021.

Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Ανακτήθηκε από: http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/04/files/GR07/GR07_SDLAP.pdf, 2013.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Al-Karaghoul, A., and L. Kazmerski, *Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 24, Pages 343-356, ISSN 1364-0321, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.064>, 2013.

Bertsiou, M., E. Feloni, D. Karpouzou and E. Baltas, *Water management and electricity output of a Hybrid Renewable Energy System (HRES) in Fournoi Island in Aegean Sea*, Renewable Energy, Volume 118, Pages 790-798, ISSN 0960-1481, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.078>, 2018.

Bp Statistical Review of World Energy 2021, bp p.l.c., Retrieved from: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>, 2021.

Eltawil, M., Z. Zhengming, and Y. Liqiang, *Renewable Energy Powered Desalination Systems: Technologies and Economics-State of the Art*, Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12 2008, Pages 1099-1136, Alexandria, Egypt, 2008.

Fichman, B., Annual Energy Review 2009, U.S. Energy Information Administration, United States, doi: <https://doi.org/10.2172/1212313>, 2010.

Gunn, K., and C. Stock-Williams, *Quantifying the global wave power resource*, Renewable Energy, Volume 44, Pages 296-304, ISSN 0960-1481, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.101>, 2012.

Katsaprakakis, D., *Hybrid power plants in non-interconnected insular systems*, Applied Energy, Volume 164, Pages 268-283, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.085>, 2016.

Kaunda, C., C. Kimambo, and T. Nielsen, *Hydropower in the Context of Sustainable Energy Supply: A Review of Technologies and Challenges*, ISRN Renewable Energy, 15 pages, <https://doi.org/10.5402/2012/730631>, 2012.

Kumar, S., and V. Himabindu, *Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review*, Materials Science for Energy Technologies, Volume 2, Issue 3, Pages 442-454, ISSN 2589-2991, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.03.002>, 2019.

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (Eds.), In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate*

poverty, International Panel on Climate Change (IPCC), World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, pp. 32, 2018.

Møller, K., T. Jensen, E. Akiba, and H. Li, *Hydrogen - A sustainable energy carrier*, *Progress in Natural Science: Materials International*, Volume 27, Issue 1, Pages 34-40, ISSN 1002-0071, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.014>, 2017.

Ngô, Christian, and Joseph Natowitz, *Our energy future: resources, alternatives and the environment*, John Wiley & Sons, Second Edition, 2016.

Pannucharoenwong, N., P. Rattanadecho, V. Timchenko, S. Echaroj, and K. Nabudda, *Investigation of Double Slope Solar Distillation Efficiency using Heat Absorber Made from Zinc*, *Science and Technology Asia*, Volume 24, No. 04, Pages 70-82, Retrieved from: <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/STA/10990787.pdf>, 2019.

Petrakopoulou, F., A. Robinson, and M. Loizidou, *Simulation and evaluation of a hybrid concentrating-solar and wind power plant for energy autonomy on islands*, *Journal of Renewable Energy*, Volume 96, Part A, Pages 863-871, ISSN 0960-1481, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.030>, 2016.

Renewables 2021 Global Status Report, Paris, REN21 Secretariat, Retrieved from: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf, 2021.

Rievaj, V., J. Gaňa, and F. Synák, *Is hydrogen the fuel of the future?*, *Transportation Research Procedia*, Volume 40, Pages 469-474, ISSN 2352-1465, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.068>, 2019.

Saadat, A., S. Islam, P. Fahmida, and A. Sultana, *Desalination Technologies for Developing Countries: A Review*, *Journal of Scientific Research*, Volume 10, No. 1, Pages 77-97, doi: <http://dx.doi.org/10.3329/jsr.v10i1.33179>, 2018.

Saldivia, D., C. Rosales, R. Barraza, and L. Cornejo, *Computational analysis for a multi-effect distillation (MED) plant driven by solar energy in Chile*, *Renewable Energy*, Volume 132, Pages 206-220, ISSN 0960-1481, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.139>, 2019.

Soukissian, T., N. Gizari, and M. Chatzinaki, *Wave potential of the Greek seas*, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, WIT Press, Volume 143, Pages 203-213, ISSN 1743-3541, doi: <https://doi.org/10.2495/ESUS110181>, 2011.

Taner, T., *Energy and exergy analyze of PEM fuel cell: A case study of modeling and simulations*, *Energy*, Volume 143, Pages 284-294, ISSN 0360-5442, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.102>, 2018.

Toth, A., *Modelling and Optimisation of Multi-Stage Flash Distillation and Reverse Osmosis for Desalination of Saline Process Wastewater Sources*, *Membranes*, Volume 10, No. 10, 265, doi: <https://doi.org/10.3390/membranes10100265>, 2020.

Wijayanta, A., T. Oda, C. Purnomo, T. Kashiwagi, and M. Aziz, *Liquid hydrogen, methylcyclohexane, and ammonia as potential hydrogen storage: Comparison review*, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 29, Pages 15026-15044, ISSN 0360-3199, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.112>, 2019.

Zeng, K., and D. Zhang, *Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications*, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 36, Issue 3, Pages 307-326, ISSN 0360-1285, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.002>, 2010.

Züttel, A., A. Borgschulte and Louis Schlapbach, *Hydrogen as a Future Energy Carrier*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3-527-30817-0, doi: <https://doi.org/10.1002/9783527622894>, 2008.

Διαδικτυακές διευθύνσεις

ΔΕΗ Ανανεώσιμες: <https://www.ppcr.gr/> (14/11/2021).

Δήμος Σκυρίων: <https://skyros.gr/> (02/09/2021).

Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ): <https://www.deddie.gr/> (05/09/2021).

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ): <http://www.hnms.gr/> (13/12/2021).

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ): <http://www.gsrt.gr/> (06/10/2021).

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ): <https://eletaen.gr/> (23/10/2021).

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ): <https://www.statistics.gr/> (18/09/2021).

Ευρετήριο Οικονομικών Όρων: <https://euretirio.com/> (07/12/2021).

Ιστότοπος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής: <https://ec.europa.eu/> (15/09/2021).

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ): <http://www.cres.gr/> (04/09/2021).

Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος: <https://www.grhotels.gr/> (08/10/2021).

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ): <https://www.oasp.gr/> (17/11/2021).

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ): <https://www.rae.gr/> (22/09/2021).

Σκύρος Ναυτική Εταιρία – Skyros Shipping Co.: <https://www.sne.gr/>

ΥΠΕΚΑ - Ειδική Γραμματεία Υδάτων: <http://astikalimata.ypeka.gr/> (09/09/2021).

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ): <https://ypen.gov.gr/> (12/11/2021).

ΦΙΛΟΤΗΣ - Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση: <https://filotis.itia.ntua.gr/> (05/10/2021).

Aqua-RET - Ανανεώσιμες Ενεργειακές Τεχνολογίες του Υδάτινου Στοιχείου: <https://aquaret.com/> (03/10/2021).

Enercon: <https://www.enercon.de/> (02/11/2021).

EU SCIENCE HUB - European Commission: <https://ec.europa.eu/jrc/> (22/09/2021).

European Environment Agency (EEA): <https://www.eea.europa.eu/> (24/09/2021).

HySchools: <https://www.hyschools.eu/> (07/10/2021).

International Energy Agency (IEA): <https://www.iea.org/> (21/09/2021).

Skyros Project: <https://skyrosproject.uniwa.gr/> (01/10/2021).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Στοιχεία Καλλιεργειών και Ζωικής παραγωγής

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται οι πίνακες οι οποίοι αφορούν τις καλλιέργειες και τη ζωική παραγωγή σύμφωνα με στοιχεία από τον ΟΠΕΚΕΠΕ.

Για τις καλλιέργειες για το έτος 2020 παρουσιάζονται στον Πίνακα Π-1 οι εκτάσεις εκφρασμένες σε ha, για κάθε ποικιλία.

Πίνακας Π-1 Έκταση καλλιεργειών διαφόρων ποικιλιών στη Σκύρο, για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).

Καλλιέργεια	Ποικιλία	Έκταση (ha)
Αγρανάπαυση	Έκταση Σε Καλή Γεωργική Κατάσταση	52,99
Αμπελώνες για παραγωγή οίνου	Αγιωργίτικο (Μαύρο Νεμέας)	0,24
	Αμπελώνες για Παραγωγή Οίνου-Λοιπές	2,94
	Ασύρτικο	0,74
	Γκρενάς Ρουζ (Grenache Rouge)	0,15
	Καμπερνέ Σωβινιόν (Cabernet Sauvignon)	0,25
	Λημιό (Καλαμπάκι, Ντουρού Καρά)	0,19
	Μαλαγουζιά	0,39
	Μερλό (Merlot)	0,4
	Μοσχοφίλερο	0,19
	Ροδίτης (Αλεπού)	0,37
	Σαββατιανό (Δουμπραίνα άσπρη, Κουντούρα άσπρη, Σακ)	1,73
	Σωβινιόν Μπλανκ (Sauvignon Blanc)	0,30
Αρωματικά φυτά	Θυμάρι	0,02
	Ρίγανη	0,14
	Σπαθόχορτο	0,10
	Τσάι του Βουνού	0,05
	Φασκόμηλο	0,30
	Χαμομήλι	0,04
Βοσκότοποι	Βοσκότοπος Παραγωγικός	4946,45
	Βοσκότοπος σε καλή κατάσταση	731,29
Γεώμηλα	Καλοκαιρινή	0,85
Ελαιώνες	Αμφίσσης (Βολιώτικη, Πηλίου, Στυλίδος, Αγρινίου), για παραγωγή ελαιόλαδου	0,45
	Βαλανολιά (Μυτιληνιά, Κολοβή, Βαλανά) για παραγωγή επιτραπέζιας	0,96
	Βαλανολιά (Μυτιληνιά, Κολοβή, Βαλανά)	99,99
	Βαλανολιά (Μυτιληνιά, Κολοβή, Βαλανά) για παραγωγή ελαιόλαδου	60,59
	Ελαιώνες για παραγωγή ελαιόλαδου – λοιπές για παραγωγή ελαιόλαδου	1,91
	Κορωνέικη (Κορώνη, Βάτισκη, Κρητικιά, Κορωνιά Κρη)	0,60

	Κορωνέικη (Κορώνη, Βάτσηκη, Κρητικιά, Κορωνιά Κρη), για παραγωγή ελαιόλαδου	0,24
	Μεγαρείτικη (Περαχωρίτικη, Βοιβοδίτικη, Βοβώδη) για παραγωγή ελαιόλαδου	0,20
Κηπευτικά	Αγγούρι υπαίθρου	0,03
	Βλίτα	0,02
	Καρπούζι Obla	0,03
	Καρπούζι υπαίθριο	0,20
	Κολοκυθάκι υπαίθριο	0,02
	Κολοκύθι - Ρετζέλια	0,02
	Κρεμμύδι κοκκάρι	0,03
	Κρεμμύδι Ξερό	0,05
	Μαϊντανός	0,02
	Μαρούλι	0,02
	Μελιτζάνα υπαίθρια	0,08
	Πεπόνι	0,02
	Σπανάκι	0,03
	Τεύτλα - Παντζάρια	0,02
	Τομάτα - Τοματάκι Ξηρικό	0,02
	Τομάτες	0,12
	Φασολάκια υπαίθρια	0,06
Κτηνοτροφικά φυτά για ζωτροφές	Βίκος Alexandros	67,51
	Βρώμη διάφορα	15,11
	Κουκί κτηνοτροφικό Tanagra	0,36
	Κουκιά διάφορα	1,18
	Κοφτολίβαδα	344,03
	Κριθάρι διάφορα	105,69
	Λαθούρι κτηνοτροφικό Argos	5,48
	Λαθούρι κτηνοτροφικό Chios	0,62
	Μπιζέλι / Πισο κτηνοτροφικό Dodoni	2,30
	Ρεβίθι Κτηνοτροφικό	0,48
	Σανός Κριθαριού, Βρώμης, Βίκου, Άλλοι Σανοί	56,65
	Τριφύλλι-Ζωτροφές	10,18
Λοιπά σιτηρά	Βρώμη διάφορα	10,03
	Κριθάρι διάφορα	162,73
Λοιπές δενδρώδεις καλλιέργειες	Μουριές - Εξαίρεση	0,13
	Συκιές Νωπές Β	0,05
Όσπρια βρώσιμα	Λαθούρι Βρώσιμο / Φάβα Καρυάς	0,75
	Λαθούρι Βρώσιμο / Φάβα Σαντορίνης	0,93
	Ρεβίθια Amorgos	0,17
	Φακές Dimitra	0,23
Σύνολο		6690,46

Για τη ζωική παραγωγή για το έτος 2020 παρουσιάζεται στον Πίνακα Π-2 το πλήθος των ζώων για κάθε είδος.

Πίνακας Π-2 Πλήθος ζώων με βάση το είδος και την κατηγορία για το έτος 2020 (ΟΠΕΚΕΠΕ).

Είδος	Κατηγορία	Πλήθος Ζώων
Αιγοπρόβατα	Αιγές, λοιπή αιγοειδή (< 30 kg)	13460
	Αιγές, λοιπή αιγοειδή (> 30 kg)	95
	Αμνοί αρσενικοί, λοιπή	148
	Αμνοί θηλυκοί, λοιπή	1440
	Ερίφια αρσενικά, λοιπή	5
	Ερίφια θηλυκά λοιπά	1326
	Κριοί, λοιπή προβατοειδή (< 45 kg)	791
	Προβατίνες, λοιπή προβατοειδή (< 45 kg)	13412
	Προβατίνες, λοιπή προβατοειδή (> 45 kg)	2
	Τράγοι, λοιπή αιγοειδή (<30kg)	735
Βοοειδή	Βοοειδή, αρσενικά, 2 - 6 ετών, κρεοπαραγωγής, λοιπή (<400 kg)	1
	Βοοειδή, αρσενικά, > 6 ετών, κρεοπαραγωγής, λοιπή (< 400 kg)	1
	Βοοειδή, θηλυκά, 2 - 6 ετών, κρεοπαραγωγής, λοιπή (< 400 kg)	2
	Βοοειδή, θηλυκά, > 6 ετών, κρεοπαραγωγής, λοιπή (< 400 kg)	8
	Βοοειδή, θηλυκά, > 6 ετών, μικτή, λοιπή	1
Ιπποειδή	Ίπποι, αρσενικοί, > 6 μηνών, Αυτόχθονη	1
	Ίπποι, αρσενικοί, > 6 μηνών, Σκύρου	61
	Ίπποι, θηλυκοί, < 6 μηνών, Σκύρου	4
	Ίπποι, θηλυκοί, > 6 μηνών, Σκύρου	90
Κυψέλες Μελισσών - Μελισσοσμήνη	Κυψέλες Μελισσών - Μελισσοσμήνη	1906
Χοίροι	Χοιρομητέρες, Αυτόχθονη	5
Σύνολο		33494

2. Στοιχεία Ηλεκτρικής Ενέργειας για τη Σκύρο

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται οι πίνακες οι οποίοι αφορούν στατιστικά στοιχεία για τις ΑΠΕ και την ηλεκτροπαραγωγή στο Ηλεκτρικό Σύστημα ΜΔΝ Σκύρου. Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα Π-3, ακολουθούν στοιχεία τα οποία προέρχονται από τα Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, σύμφωνα με το ΔΕΔΔΗΕ. Για τα Φ/Β παρατηρείται ότι η εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε από 0,08 MW το 2012 σε 0,32 MW για τα έτη 2013–2020. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλεται με τους μήνες του έτους παρουσιάζοντας υψηλότερες τιμές τους θερινούς μήνες και χαμηλότερες του χειμερινούς.

Πίνακας Π-3 Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, για την περίοδο 01/2012–08/2021 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).

Μήνας/Έτος	Φωτοβολταϊκά (Μονάδες ΑΠΕ)		Στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγής στο Ηλεκτρικό Σύστημα ΜΔΝ Σκύρου						
	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Παραγωγή ενέργειας (MWh)	Εγκατεστημένη ισχύς θερμικών μονάδων προηγούμενου έτους (MW)	Μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης προηγούμενου έτους (MW)	Ενέργεια μονάδων ΑΠΕ (MWh)	Ενέργεια θερμικών μονάδων (MWh)	Μέσο Πλήρες Κόστος Παραγωγής Συμβατικών Μονάδων στα ΜΔΝ (€/MWh)	Μέσο Μεταβλητό Κόστος Παραγωγής Συμβατικών Μονάδων στα ΜΔΝ (€/MWh)	Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή
01/2012	0,08	4,00	-	-	-	-	-	-	-
02/2012	0,08	6,32	-	-	-	-	-	-	-
03/2012	0,08	8,00	-	-	-	-	-	-	-
04/2012	0,08	14,08	-	-	-	-	-	-	-
05/2012	0,08	11,31	-	-	-	-	-	-	-
06/2012	0,08	14,30	-	-	-	-	-	-	-
07/2012	0,08	13,97	-	-	-	-	-	-	-
08/2012	0,08	14,31	-	-	-	-	-	-	-
09/2012	0,08	8,43	-	-	-	-	-	-	-
10/2012	0,08	1,76	-	-	-	-	-	-	-
11/2012	0,08	5,25	-	-	-	-	-	-	-
12/2012	0,08	3,78	-	-	-	-	-	-	-

01/2013	0,08	4,98	-	-	-	-	-	-	-
02/2013	0,24	5,61		-	-	-	-	-	-
03/2013	0,32	30,57		-	-	-	-	-	-
04/2013	0,32	45,42		-	-	-	-	-	-
05/2013	0,32	47,98		-	-	-	-	-	-
06/2013	0,32	49,90		-	-	-	-	-	-
07/2013	0,32	58,48		-	-	-	-	-	-
08/2013	0,32	50,73		-	-	-	-	-	-
09/2013	0,32	70,53		-	-	-	-	-	-
10/2013	0,32	36,18		-	-	-	-	-	-
11/2013	0,32	23,84		-	-	-	-	-	-
12/2013	0,32	14,88		-	-	-	-	-	-
01/2014	0,32	19,50	6,90	4,18	21,05	1.157,69	332,48	237,85	-
02/2014	0,32	27,12			28,52	1.083,87	435,25	258,77	-
03/2014	0,32	39,90			42,36	1.147,66	378,01	259,53	-
04/2014	0,32	42,21			45,35	1.041,59	381,09	267,73	-
05/2014	0,32	55,64			58,88	982,26	398,02	263,40	-
06/2014	0,32	51,83			54,97	1.186,37	426,82	257,34	-
07/2014	0,32	59,54			62,72	1.651,87	312,64	253,58	-
08/2014	0,32	52,53			55,56	1.965,59	307,87	255,18	2,60%
09/2014	0,32	42,99			45,92	1.125,39	353,06	254,43	3,68%
10/2014	0,32	31,15			34,18	993,13	385,67	266,51	3,04%
11/2014	0,32	16,88			19,30	1.096,48	357,13	249,68	1,52%
12/2014	0,32	17,85			19,76	1.183,58	375,21	263,37	1,49%
01/2015	0,32	18,44	6,90	4,45	18,44	1.301,17	326,93	232,29	1,40%
02/2015	0,32	19,29			19,29	1.325,47	364,42	264,29	1,43%
03/2015	0,32	27,08			27,08	1.298,10	322,69	234,67	2,04%
04/2015	0,32	51,34			51,34	1.135,78	390,56	242,89	4,32%
05/2015	0,32	53,56			53,56	1.056,36	401,50	243,70	4,83%
06/2015	0,32	44,72			40,72	1.160,29	348,95	250,48	3,71%
07/2015	0,32	57,16			57,16	1.632,16	268,73	228,04	3,38%
08/2015	0,32	56,64			56,64	2.065,78	273,78	201,79	2,67%
09/2015	0,32	37,44			37,44	1.271,58	494,52	204,58	2,86%
10/2015	0,32	29,84			29,84	1.006,30	154,92	217,05	2,88%
11/2015	0,32	28,92			28,92	1.030,61	332,42	214,57	2,73%
12/2015	0,32	20,24			22,15	1.221,37	323,28	183,69	1,78%
01/2016	0,32	15,72	6,90	4,68	17,63	1.284,67	418,62	195,62	1,35%
02/2016	0,32	28,68			30,33	1.054,39	349,15	200,13	2,64%
03/2016	0,32	37,08			39,00	1.259,77	292,98	184,27	3,00%
04/2016	0,32	48,00			51,44	928,44	264,44	196,39	5,25%
05/2016	0,32	57,80			61,35	1.022,44	356,66	193,90	5,66%
06/2016	0,32	54,48			57,97	1.272,14	219,25	182,13	4,36%
07/2016	0,32	56,12			60,42	1.802,07	328,63	198,99	3,24%
08/2016	0,32	53,32			56,77	2.010,05	293,56	182,94	2,19%
09/2016	0,32	44,72			48,06	1.150,15	337,25	190,77	4,01%
10/2016	0,32	33,92			37,32	992,55	388,35	184,00	3,62%
11/2016	0,32	23,04			26,68	1.062,47	367,06	194,67	2,45%
12/2016	0,32	19,12			20,88	1.351,48	327,41	189,60	1,52%
01/2017	0,32	16,72	6,90	4,65	18,48	1.474,62	305,11	179,76	1,24%
02/2017	0,32	23,40			24,85	1.327,88	326,78	206,61	1,84%

03/2017	0,32	37,80			39,49	1.186,92	383,62	207,78	3,22%		
04/2017	0,32	51,92			55,99	1.091,42	364,18	210,97	4,88%		
05/2017	0,32	56,08			64,50	1.023,71	384,04	211,01	5,93%		
06/2017	0,32	51,96			60,18	1.263,52	345,16	200,88	4,55%		
07/2017	0,32	51,60			55,93	1.806,96	290,00	202,42	3,00%		
08/2017	0,32	64,28			67,81	2.073,73	269,62	202,34	3,17%		
09/2017	0,32	49,40			52,82	1.248,79	319,08	208,39	4,06%		
10/2017	0,32	40,40			43,92	980,16	502,41	222,95	4,29%		
11/2017	0,32	25,20			28,91	1.071,22	337,59	214,80	2,63%		
12/2017	0,32	22,88			24,35	1.157,29	343,68	210,98	2,06%		
01/2018	0,32	20,88			8,45	4,62	22,35	1.232,10	340,72	221,34	1,78%
02/2018	0,32	20,96					22,41	1.242,66	360,74	216,11	1,77%
03/2018	0,32	36,72	39,19	1.070,45			397,78	226,33	3,53%		
04/2018	0,32	46,16	50,29	1.000,49			407,07	234,90	4,79%		
05/2018	0,32	52,40	56,67	999,85			410,28	231,86	5,36%		
06/2018	0,32	52,28	56,29	1.199,65			376,24	220,48	4,48%		
07/2018	0,32	49,92	53,93	1.831,17			371,31	241,04	2,86%		
08/2018	0,32	57,36	60,91	2.002,71			319,89	235,55	2,95%		
09/2018	0,32	44,16	47,60	1.268,22			512,14	249,70	3,62%		
10/2018	0,32	25,56	29,15	982,32			470,37	250,43	2,88%		
11/2018	0,32	22,64	26,18	1.076,67			418,65	241,31	2,37%		
12/2018	0,32	15,80	18,12	1.314,76			374,17	241,85	1,36%		
01/2019	0,32	11,40	7,65	4,25	13,72	1.400,64	389,82	245,12	0,97%		
02/2019	0,32	20,92			22,80	1.256,23	539,26	245,34	1,78%		
03/2019	0,32	26,80			28,52	1.287,95	383,33	243,47	2,17%		
04/2019	0,32	35,40			39,17	1.201,23	381,19	239,68	3,16%		
05/2019	0,32	51,80			59,59	1.010,07	510,50	291,80	5,57%		
06/2019	0,32	47,32			54,88	1.350,00	345,91	200,41	3,91%		
07/2019	0,32	39,96			43,66	1.744,61	350,70	237,72	2,44%		
08/2019	0,32	63,32			66,75	2.049,50	335,79	237,55	3,15%		
09/2019	0,32	55,24			58,56	1.237,27	472,67	247,15	4,52%		
10/2019	0,32	37,60			41,22	977,49	473,13	247,90	4,05%		
11/2019	0,32	29,24			33,32	975,22	453,76	244,51	3,30%		
12/2019	0,32	13,08			14,62	1.203,83	830,73	243,62	1,20%		
01/2020	0,32	12,60	7,65	4,20	14,06	1.317,06	443,72	240,77	1,06%		
02/2020	0,32	29,36			31,24	1.233,57	457,91	241,23	2,47%		
03/2020	0,32	36,56			38,39	1.247,97	430,73	243,39	2,98%		
04/2020	0,32	44,40			47,95	1.097,65	408,33	243,69	4,19%		
05/2020	0,32	53,52			57,89	887,39	450,20	221,15	6,12%		
06/2020	0,32	47,88			51,44	1.045,07	381,71	210,11	4,69%		
07/2020	0,32	63,80			67,60	1.571,76	301,00	188,91	4,12%		
08/2020	0,32	49,24			53,54	1.865,45	291,11	189,81	2,79%		
09/2020	0,32	51,12			54,14	1.219,39	373,35	192,87	4,25%		
10/2020	0,32	33,32			36,51	998,86	404,01	198,38	3,53%		
11/2020	0,32	27,76			31,36	1.136,32	356,94	187,55	2,69%		
12/2020	0,32	17,48			17,90	1.241,60	326,98	187,72	1,42%		
01/2021	0,32	24,20	7,65	3,91	25,66	1.277,10	345,46	187,62	1,97%		
02/2021	0,32	25,68			26,28	1.183,23	351,47	181,10	2,17%		
03/2021	0,32	35,80			35,80	1.280,56	359,29	196,81	2,72%		
04/2021	0,32	36,68			38,56	1.081,19	391,29	204,84	3,44%		

05/2021	0,32	59,04			63,41	956,14	356,60	205,36	6,22%
06/2021	0,32	55,24			58,79	1.245,64	363,02	218,92	4,51%
07/2021	0,32	66,68			70,20	1.915,80	114,74	8,74	3,53%
08/2021	0,32	40,60			44,90	2.218,93	310,63	224,44	1,98%

Στη συνέχεια, στον Πίνακα Π-4, ακολουθούν στοιχεία τα οποία προέρχονται από τα Στατιστικά Στοιχεία Ηλεκτρικών Συστημάτων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, σύμφωνα με το ΔΕΔΔΗΕ, για κάθε έτος από το 2014 μέχρι και το 2018. Τα στοιχεία αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σταθερών φωτοβολταϊκών και φωτοβολταϊκών στεγών.

Πίνακας Π-4 Στατιστικά Στοιχεία Ηλεκτρικών Συστημάτων στα ΜΔΝ και πιο συγκεκριμένα τη Σκύρο, για την περίοδο 2014–2018 (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ).

	Παραγωγή Ενέργειας Σταθερών Φωτοβολταϊκών			Παραγωγή Ενέργειας Φωτοβολταϊκών Στεγών		
	Πλήθος Φωτοβολταϊκών	Εγκατεστημένη Ισχύς (kWh)	Παραγωγή Ενέργειας (kWh)	Πλήθος Φωτοβολταϊκών	Εγκατεστημένη Ισχύς (kWh)	Παραγωγή Ενέργειας (kWh)
2014	4	317,52	457.130,90	0	0	0
2015	4	317,52	444.672,80	0	0	0
2016	4	317,52	472.000,00	0	0	0
2017	4	317,52	491.640,00	5	24,56	37.269,09
2018	4	317,52	444.840,00	5	24,56	38.217,36

