



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Ενσωμάτωση Συστημάτων Παραγωγής Πράσινου Υδρογόνου και Αποθήκευσης σε Έξυπνα Δίκτυα



Φοιτητής: Παναγιώτης Παπαδημητρίου
ΑΜ: 50347337

Επιβλέπων Καθηγητής
ΒΟΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Integration of Green Hydrogen Production and Storage into Smart Grid



Student: Panagiotis Papadimitriou
Registration Number: 50347337

Supervisor
VOKAS GEORGIOS
Professor

ATHENS-EGALEO, OKTOBER 2023

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

ΒΟΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Καθηγητής	ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Καθηγητής	ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Παναγιώτης Παπαδημητρίου,
Οκτώβριος, 2023**

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

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

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Παναγιώτης Παπαδημητρίου του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 50347337 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Ο Δηλών

(Ονοματεπώνυμο φοιτητή)



(Υπογραφή φοιτητή)

Περίληψη

Στις μέρες μας, όπου η ανάγκη για καθαρή και αιεφόρο ενέργεια βρίσκεται στην ιστορική της κορύφωση, πρέπει να αναπτυχθούν νέος εξοπλισμός, στρατηγικές και μέθοδοι προκειμένου να μειωθεί η περιβαλλοντική ρύπανση.

Έχουν ήδη ληφθεί δραστικά μέτρα και ενέργειες σε παγκόσμια κλίμακα. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκές μονάδες τοποθετούνται με αυξανόμενο ρυθμό στα δίκτυα τόσο στο επίπεδο της μετάδοσης όσο και στο επίπεδο της διανομής. Οι ΑΠΕ έχουν το πλεονέκτημα της σημαντικής μείωσης των εκπομπών άνθρακα, αλλά πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ο οικονομικός τους αντίκτυπος. Τέτοιες εγκαταστάσεις και λειτουργίες στα συστήματα ενέργειας πρέπει επίσης να είναι οικονομικά βιώσιμες στο μέλλον προκειμένου να προσελκύσουν περισσότερους επενδυτές, δημιουργώντας έτσι έναν κύκλο όπου η πράσινη ενέργεια θα είναι ταυτόχρονα φιλική προς το περιβάλλον και οικονομικά επωφελής.

Σε αυτή τη διπλωματική παρουσιάζεται μια μέθοδος για την αξιολόγηση συστημάτων ενέργειας αέρα-ηλίου-υδρογόνου (H₂). Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το μέγεθος των εξαρτημάτων και να υπολογιστούν οι δαπάνες για το H₂, η μέθοδος περιλαμβάνει χρονολογικές προσομοιώσεις και οικονομικούς υπολογισμούς. Το σύστημα αποτελείται από:

- Μια ανεμογεννήτρια (WT),
- Μια φωτοβολταϊκή μονάδα (PV),
- Έναν ηλεκτρολύτη,
- Έναν συμπιεστή,
- Ένα αποθηκευτικό δοχείο,
- Μια κυψέλη καυσίμου,
- Ένα όχημα υδρογόνου και
- Έναν μετατροπέα ενέργειας.

Η διπλωματική παρουσιάζει μια μελέτη περίπτωσης για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας υδρογόνου στη Σίφνο στην Ελλάδα μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (PV&WT), μαζί με ένα σενάριο όπου η κατανάλωση αυτοκινήτων και η παραγωγή ΑΠΕ είναι υψηλότερες κατά τους θερινούς μήνες. Ένα σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των WT, PV και όλου του προαναφερθέντος εξοπλισμού. Μια ανάλυση του κόστους περιλαμβάνεται επίσης σε αυτήν τη μελέτη λόγω των υψηλών δαπανών επενδύσεων.

Λέξεις – κλειδιά

Πράσινο υδρογόνο, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Κυψέλη καυσίμου, Ηλεκτρόλυση, Αποθήκευση, Μηδενικές εκπομπές, MATLAB, Προσομοίωση, Οικονομική μελέτη.

Abstract

Nowadays, where the need for clean and sustainable energy is at its historical peak, new equipment, strategies, and methods have to be developed in order to reduce environmental pollution.

Drastic steps and measures have already been taken in a global scale. Renewable Energy Sources (RES) such as wind power plants and photovoltaic units are being installed with growing rhythm in the grids both in transmission and in distribution level. RES have the advantage of significantly reducing carbon emissions, but their economic impact must also be taken into consideration. Such installations and operations in power systems must also be economically viable in the course of time in order to attract more investors, thus creating a cycle where green energy will be both environmentally friendly and economically beneficial.

It is presented in this paper a method for assessing wind-solar-hydrogen (H₂) energy systems. In order to optimize component sizing and calculate H₂ costs, the method includes chronological simulations and economic calculations. The system consists of:

- A Wind Turbine (WT),
- A Photovoltaic (PV) unit,
- An Electrolyser,
- A Compressor,
- A Storage Tank,
- A Fuel Cell and Power Converter.

In this thesis a case study of hydrogen solar energy production in Sifno in Greece through renewable energy sources (PV&WT) together with a scenario where vehicle consumption and RES production is higher during the summer months is presented. Hydrogen stations represent H₂ demand. A grid-connected system is used for the evaluation of WT, PV and all the aforementioned equipment. A cost analysis is also included in this study due to the high investment costs.

Keywords

Green hydrogen, Renewable Energy Source, Fuel Cell, Electrolysis, Storage, Zero emissions, MATLAB, Simulation, Cost analysis.

Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	14
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	15
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΧΡΩΜΑΤΑ ΤΟΥ.....	16
1.2.1 Πράσινο Υδρογόνο.....	17
1.2.2 Μπλε Υδρογόνο.....	17
1.2.3 Τυρκουάζ Υδρογόνο.....	18
1.2.4 Γκρι Υδρογόνο.....	18
1.2.5 Ροζ/Μοβ Υδρογόνο.....	18
1.2.6 Τρόποι χρήσης του Υδρογόνου.....	19
1.3 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	20
1.3.1 Είδη Ανεμογεννητριών.....	21
1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	22
1.4.1 Είδη Φωτοβολταϊκών Πλαισίων.....	24
1.5 ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ -ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ	24
1.6 ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	26
1.6.2 Ηλεκτρόλυση για την παραγωγή υδρογόνου.....	28
1.6.3 Αποθήκευση Υδρογόνου.....	30
1.6.4 Κυψέλες Καυσίμου.....	31
1.6.5 Υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού, ηλεκτρολύτη και κυψέλης καυσίμου.....	31
1.6.6 Πλεονεκτήματα και Εφαρμογές.....	35
1.6.7 Οι Προκλήσεις και οι μελλοντικές κατευθύνσεις.....	38
1.7 ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ.....	39
1.8 Το ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	40
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΈΡΕΥΝΑΣ.....	41
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	41
2.2 ΤΙ ΚΑΝΑΜΕ ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΡΟΥΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	41
2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.	44

3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	73
3.1	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	73
3.2	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	73
3.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	80
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΣΥΖΗΤΗΣΗ	82
4.1	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ)	82
4.2	ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ)	82
4.3	ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΕΡΓΑ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ)	82
4.4	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	83
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	91
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	96
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	98

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Πίνακας Δεδομένων.....	46
Πίνακας 3.1: Ονόματα μεταβλητών αποτελεσμάτων.....	73
Πίνακας 3.2: Οικονομικά δεδομένα	78
Πίνακας 3.3: Οικονομικά αποτελέσματα	79

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Τρόπος παραγωγής πράσινου υδρογόνου	17
Εικόνα 1.2: Τρόπος παραγωγής μπλε υδρογόνου	17
Εικόνα 1.3: Τρόπος παραγωγής τυρκουάζ υδρογόνου.....	18
Εικόνα 1.4: Τρόπος παραγωγής γκρι υδρογόνου	18
Εικόνα 1.5: Τρόπος παραγωγής ροζ/μοβ υδρογόνου	19
Εικόνα 1.6: Offshore ανεμογεννήτρια.....	21
Εικόνα 1.7: Onshore ανεμογεννήτρια	22
Εικόνα 1.8: Χαρακτηριστική ρεύματος τάσης	23
Εικόνα 1.9: Φωτοβολταϊκό πάρκο	24
Εικόνα 1.10: Αναπαράσταση ενός έξυπνου δικτύου	26
Εικόνα 2.1: Περιγραφή συστήματος	41
Εικόνα 2.2: Διάγραμμα Ροής.....	45
Εικόνα 2.3: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιανουάριο	46
Εικόνα 2.4: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Φεβρουάριο.....	47
Εικόνα 2.5: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Μάρτιο	47
Εικόνα 2.6: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Απρίλιο	48
Εικόνα 2.7: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Μάιο.....	48
Εικόνα 2.8: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιούνιο	49
Εικόνα 2.9: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιούλιο	49
Εικόνα 2.10: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Αύγουστο	50
Εικόνα 2.11: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Σεπτέμβριο.....	50
Εικόνα 2.12: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Οκτώβριο	51
Εικόνα 2.13: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Νοέμβριο.....	51

Εικόνα 2.14: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Δεκέμβριο	52
Εικόνα 2.15: Χαρακτηριστική της ανεμογεννήτριας	52
Εικόνα 2.16: Ετήσια κατανομή της ταχύτητας του αέρα	53
Εικόνα 2.17: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιανουάριο	53
Εικόνα 2.18: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Φεβρουάριο.....	54
Εικόνα 2.19: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Μάρτιο	54
Εικόνα 2.20: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Απρίλιο	55
Εικόνα 2.21: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Μάιο.....	55
Εικόνα 2.22: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιούνιο	56
Εικόνα 2.23: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιούλιο	56
Εικόνα 2.24: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Αύγουστο	57
Εικόνα 2.25: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Σεπτέμβριο.....	57
Εικόνα 2.26: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Οκτώβριο	58
Εικόνα 2.27: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Νοέμβριο	58
Εικόνα 2.28: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Δεκέμβριο	59
Εικόνα 2.29: Ετήσια παραγωγή Φωτοβολταϊκών	59
Εικόνα 2.30: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιανουάριο.....	60
Εικόνα 2.31: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Φεβρουάριο	60
Εικόνα 2.32: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Μάρτιο.....	61
Εικόνα 2.33: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Απρίλιο	61
Εικόνα 2.34: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Μάιο	62
Εικόνα 2.35: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιούνιο.....	62
Εικόνα 2.36: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιούλιο.....	63
Εικόνα 2.37: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Αύγουστο.....	63

Εικόνα 2.38: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Σεπτέμβριο	64
Εικόνα 2.39: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Οκτώβριο.....	64
Εικόνα 2.40: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Νοέμβριο	65
Εικόνα 2.41: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Δεκέμβριο.....	65
Εικόνα 2.42: Ετήσια κατανάλωση υδρογόνου	66
Εικόνα 2.43: Ζήτηση για το μήνα Ιανουάριο	66
Εικόνα 2.44: Ζήτηση για το μήνα Φεβρουάριο.....	67
Εικόνα 2.45: Ζήτηση για το μήνα Μάρτιο	67
Εικόνα 2.46: Ζήτηση για το μήνα Απρίλιο	68
Εικόνα 2.47: Ζήτηση για το μήνα Μάιο.....	68
Εικόνα 2.48: Ζήτηση για το μήνα Ιούνιο	69
Εικόνα 2.49: Ζήτηση για το μήνα Ιούλιο	69
Εικόνα 2.50: Ζήτηση για το μήνα Αύγουστο	70
Εικόνα 2.51: Ζήτηση για το μήνα Σεπτέμβριο.....	70
Εικόνα 2.52: Ζήτηση για το μήνα Οκτώβριο	71
Εικόνα 2.53: Ζήτηση για το μήνα Νοέμβριο.....	71
Εικόνα 2.54: Ζήτηση για το μήνα Δεκέμβριο	71
Εικόνα 2.55: Ετήσια ζήτηση	72
Εικόνα 3.1: Συνολική παραγωγή από ΑΠΕ	74
Εικόνα 3.2: Συνολική παραγωγή υδρογόνου σε ένα έτος	74
Εικόνα 3.3: Ετήσια ζήτηση από το δίκτυο	75
Εικόνα 3.4: Ετήσια παροχή ενέργειας προς το δίκτυο	75
Εικόνα 3.5: Ετήσια κατανάλωση υδρογόνου από το όχημα	76
Εικόνα 3.6: Ετήσια έλλειψη υδρογόνου.....	76

Εικόνα 3.7: Κατάσταση δοχείου υδρογόνου για ένα έτος	77
Εικόνα 3.8: Ετήσια παραγωγή ενέργειας από την κυψέλη καυσίμου	77
Εικόνα 3.9: Πτώση της τιμής το H ₂ και του LCOE για μείωση της τιμής του ηλεκτρολύτη από 5 έως 40%.....	80
Εικόνα 3.10: Πτώση της τιμής το H ₂ και του LCOE για μείωση του αρχικού κεφαλαιουχικού κεφαλαίου κατά 2% έως το 2050.	81
Εικόνα 3.11: Πτώση της τιμής το H ₂ και του LCOE για αύξηση του συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού.....	81

Αλφαβητικό Ευρετήριο

CO₂: Carbon dioxide

RES: Renewable Energy Sources

WT: Wind Turbine

PV: Photovoltaic

WECS: Wind Energy Conversions Systems

HyPS: Hybrid Power System

SE: Solar Energy

DC: Direct Current

AC: Alternating Current

IV: Initial Investment

ACS: Annualized Cost of System

LCOE: Levelized Cost of Electricity

A: Swept area of the rotor of wind turbine.

D: Diameter of the wind turbine.

Pr: Cut out turbine power.

EffAD: AD Converter efficiency of wind turbine.

V_r: Rated speed of wind turbine.

C_p: Maximum performance coefficient of wind turbine.

V_{ci}: Cut in speed of wind turbine.

ρ: Air density.

V_{co}: Cut out speed.

H: Height of the wind turbine.

CP: Capacity Factor

1 Κεφάλαιο 1^ο : Υπόβαθρο

1.1 Εισαγωγή

Όταν η προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από μη ρυπογόνες πηγές, το υδρογόνο από ηλεκτρόλυση που παράγεται από την διάσπαση του νερού αποτελεί μια καθαρή πηγή ενέργειας. Αν και τα παραδοσιακά θερμικά εργοστάσια μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε σχετικά χαμηλό κόστος, οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον αποτελούν ανησυχία. Ως αποτέλεσμα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια μπορούν να παρέχουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον.

Για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη διαδικασία παραγωγής υδρογόνου, οι ΑΠΕ αναγνωρίζονται ως εναλλακτικές λύσεις στα ορυκτά καύσιμα σε χώρες που είναι πλήρως εξαρτημένες και καθαροί εισαγωγείς ορυκτών καυσίμων. Για να καλυφθεί η ενεργειακή ζήτηση, χρησιμοποιούνται συστήματα μετατροπής αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Αυτό έγινε δυνατό λόγω των προηγμένων τεχνολογιών ενέργειας στα συστήματα διεσπαρμένης παραγωγής. Για να επιλυθεί αυτή η πρόκληση, απαιτείται ένα Υβριδικό Σύστημα Ενέργειας (HyPS), το οποίο χρησιμοποιεί υποσυστήματα αποθήκευσης και στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας.

Η χρήση της αιολικής ενέργειας (ΑΕ) για την παραγωγή ενέργειας είναι μια ελπιδοφόρα τεχνολογία, ειδικά σε απομονωμένες περιοχές όπως νησιά και απομονωμένα χωριά σε δάση και βουνά. Τα αιολικά πάρκα μπορούν να εκμεταλλευτούν αυτήν την πλούσια και ευρέως διανεμημένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας χωρίς να εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου. Τα τελευταία δέκα χρόνια έχουν σημειωθεί τεράστιοι πρόοδοι στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών με εμπορικά προϊόντα που κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες Watt έως 5 MW.

Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια (SE) είναι μια ανανεώσιμη και πράσινη πηγή ενέργειας που είναι φιλική προς το περιβάλλον. Για την επίτευξη βιώσιμων λύσεων στον τομέα της ενέργειας, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Ως αποτέλεσμα, η ηλιακή ενέργεια είναι μια πολύ ελκυστική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της μεγάλης ποσότητας διαθέσιμης ενέργειας που έχουμε κάθε μέρα. Ο κόσμος αντιμετωπίζει μια σημαντική ενεργειακή κρίση, και η εξάντληση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό συντελεστικό παράγοντα. Η αυξανόμενη ανάγκη για εναλλακτικές και βιώσιμες πηγές ενέργειας έχει οδηγήσει στην αυξημένη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Αν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των μη ανανεώσιμων πηγών, η στοχαστικότητά τους είναι μία από τις πιο σημαντικές προκλήσεις.

Στοχαστικότητα σημαίνει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορούν να παρέχουν συνεχή προσφορά ενέργειας, περιορίζοντας την ικανότητά τους να αντικαταστήσουν εξ ολοκλήρου τις

μη ανανεώσιμες πηγές. Αυτό το πρόβλημα της στοχαστικότητας οδήγησε στην ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας, τα οποία συνδυάζουν πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να παρέχουν μια πιο αξιόπιστη και σταθερή προσφορά ενέργειας.

Ένα πιθανό πεδίο εφαρμογής των υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας είναι η παραγωγή υδρογόνου μέσω της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης. Η ηλεκτρόλυση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για να διασπάσει τα μόρια του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, η παραγωγή υδρογόνου μπορεί να γίνει μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία.

Ωστόσο, η αποδοτικότητα της ηλεκτρόλυσης εξαρτάται από την ποιότητα και τη συνοχή της πηγής ενέργειας. Αυτή η εξάρτηση από την ποιότητα και τη συνοχή της πηγής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αναποτελεσματικότητες στη παραγωγή υδρογόνου. Ένα ηλεκτρολυτικό υβριδικό σύστημα αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας μπορεί να αντιμετωπίσει προκλήσεις που σχετίζονται με την στοχαστικότητα και να παρέχει έναν πιο αποδοτικό και αξιόπιστο τρόπο παραγωγής υδρογόνου.

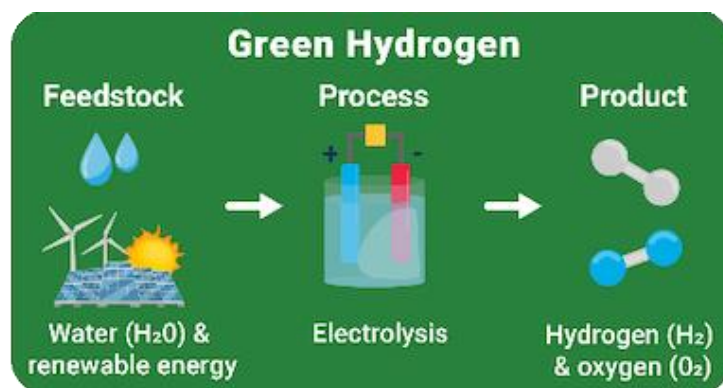
Η σημασία της ανάπτυξης ενός αποδοτικού και αξιόπιστου τρόπου παραγωγής υδρογόνου χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορεί να υπερτιμηθεί. Το υδρογόνο έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον τομέα της ενέργειας, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τη μεταφορά, τη θέρμανση και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα ηλεκτρολυτικό υβριδικό σύστημα αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας θα μπορούσε να παρέχει ένα βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο παραγωγής υδρογόνου, πράγμα που θα συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης του κόσμου από τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.2 Περιγραφή του Υδρογόνου και τα χρώματά του

Δεν υπάρχει στοιχείο στη γη πιο απλό από το υδρογόνο. Αυτή η ουσία αποτελείται μόνο από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο και δεν είναι πηγή ενέργειας, αλλά μάλλον μεταφορέας ενέργειας. Το άτομο του υδρογόνου είναι ικανό να αποθηκεύει και να παρέχει χρήσιμη ενέργεια, αλλά συνήθως δεν εμφανίζεται μόνο του στη φύση και πρέπει να παράγεται από ενώσεις που περιέχουν υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας διάφορους εγχώριους πόρους, όπως τα ορυκτά καύσιμα, η βιομάζα και η ηλεκτρόλυση. Ο τρόπος παραγωγής του υδρογόνου επηρεάζει την περιβαλλοντική του επίδραση και την ενεργειακή απόδοση. Για τη μείωση του κόστους παραγωγής του υδρογόνου, πραγματοποιούνται επί του παρόντος αρκετά έργα.

1.2.1 Πράσινο Υδρογόνο

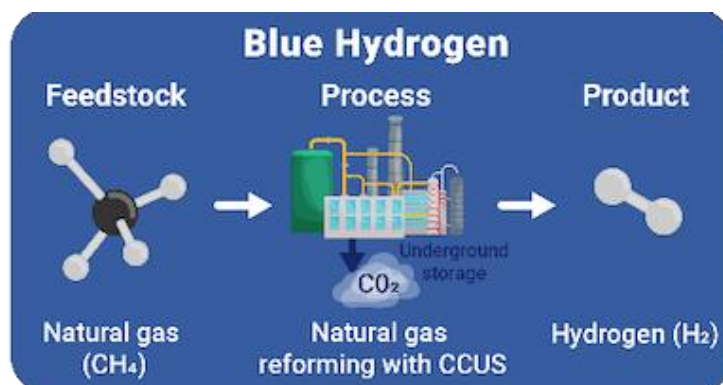
Το πράσινο υδρογόνο, που αλλιώς ονομάζεται και ως ανανεώσιμο υδρογόνο, είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε την παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης του νερού η οποία προέρχεται από μηδενικές εκπομπές CO₂. Με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διανέμουμε την ηλεκτρική ενέργεια για ηλεκτρόλυση. Έτσι διασπάμε το νερό σε οξυγόνο και υδρογόνο, ύστερα το αποθηκεύουμε για χρήση. Αυτή η διαδικασία δεν παράγει ρύπους και είναι φιλική προς το περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η αιολική, υδροηλεκτρική ή ηλιακή ενέργεια. Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και η βιομάζα.



Εικόνα 1.1: Τρόπος παραγωγής πράσινου υδρογόνου

1.2.2 Μπλε Υδρογόνο

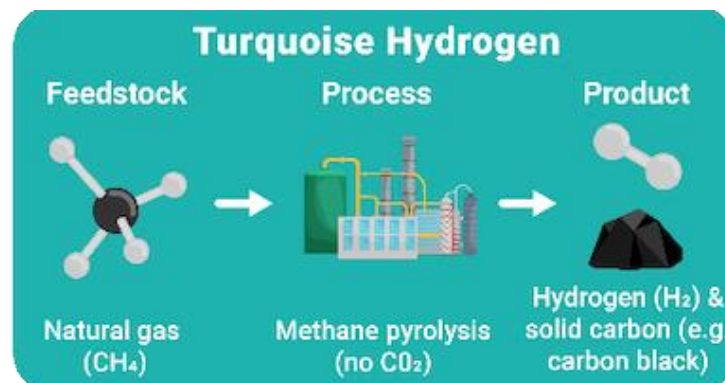
Το μπλε υδρογόνο παράγεται με την διαδικασία της αναμόρφωσης του φυσικού αερίου με την χρήση ατμού. Ο λόγος που το καθιστά μπλε είναι η αποθήκευση του CO₂ μετά την αναμόρφωση. Η διαδικασία ξεκινάει τοποθετώντας το φυσικό αέριο σε ένα δοχείο μαζί με ατμό, έτσι τα παράγωγα αυτής της διαδικασίας είναι το υδρογόνο και το CO₂ όπου ύστερα το αποθηκεύουμε. Αυτή η διαδικασία όμως μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις στο περιβάλλον μιας και διαρροές μπορούν να δημιουργηθούν.



Εικόνα 1.2: Τρόπος παραγωγής μπλε υδρογόνου

1.2.3 Τυρκουάζ Υδρογόνο

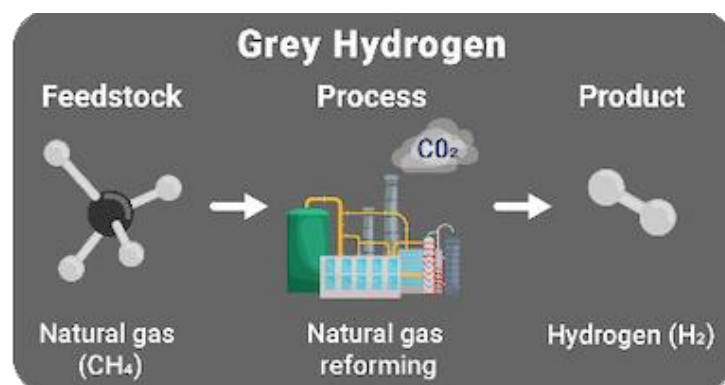
Το τυρκουάζ υδρογόνο παράγεται από την πυρόλυση μεθανίου. Είναι η μετατροπή του φυσικού αερίου, με χρήση υψηλών θερμοκρασιών, σε υδρογόνο και σε στερεό άνθρακα. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την παραγωγή υδρογόνου χωρίς να παράγονται εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Φυσικά αυτή η διαδικασία θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον μόνο στην περίπτωση που ο άνθρακας δεν καεί, δεν υποστεί δηλαδή περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 1.3: Τρόπος παραγωγής τυρκουάζ υδρογόνου

1.2.4 Γκρι Υδρογόνο

Το γκρι υδρογόνο είναι το ακριβώς αντίθετο από αυτό που θέλουμε να πετύχουμε με το πράσινο υδρογόνο. Η παραγωγή του γίνεται με την διαδικασία της αναμόρφωσης δηλαδή κάνοντας χρήση υδρατμού. Η πρώτη ύλη συνήθως είναι φυσικό αέριο ή άνθρακας. Έτσι, το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι υδρογόνο που αυτό επιδιώκουμε και διοξείδιο του άνθρακα κάτι που δεν επιθυμούμε. Επίσης, γκρι υδρογόνο μπορεί να ονομαστεί και η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης του νερού όταν το ηλεκτρικό ρεύμα δεν προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

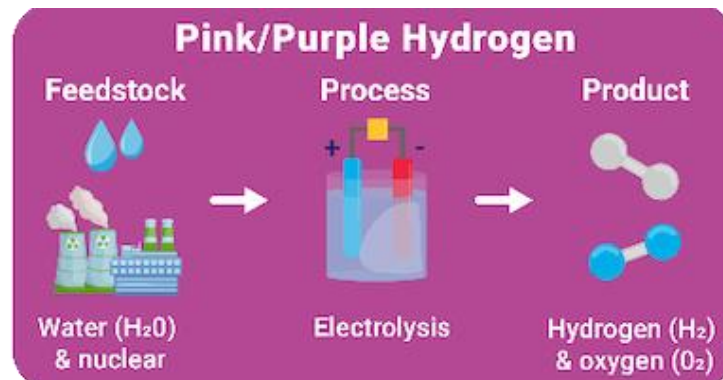


Εικόνα 1.4: Τρόπος παραγωγής γκρι υδρογόνου

1.2.5 Ροζ/Μοβ Υδρογόνο

Το ροζ ή μοβ υδρογόνο παράγεται με την μέθοδο της ηλεκτρόλυσης όπως ακριβώς παράγεται και το πράσινο υδρογόνο. Η μοναδική διαφορά είναι πως η ενέργεια προέρχεται από εργοστάσια ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Παναγιώτης Παπαδημητρίου

πυρηνικής ενέργειας. Άρα για να συνοψίσουμε, με την χρήση πυρηνικών εργοστασίων παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια αυτή την κατευθύνουμε στην μονάδα ηλεκτρόλυσης και έτσι παράγουμε υδρογόνο και οξυγόνο όπου το αποθηκεύουμε για χρήση.



Εικόνα 1.5: Τρόπος παραγωγής ροζ/μωβ υδρογόνου

1.2.6 Τρόποι χρήσης του Υδρογόνου

Ορισμένοι τρόποι χρήσης του υδρογόνου σε ένα ηλεκτρικό σύστημα παρουσιάζονται:

- Το σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σχεδιάζεται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με το Ulleberg, 2004, για να ληφθεί υπόψη η αποθήκευση H₂ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε απομονωμένα ηλεκτρικά συστήματα, χρειάζονται ξεχωριστά συστήματα που κινούνται από αιολική ενέργεια και εκείνα που κινούνται από άλλες πηγές ενέργειας, αλλά παρέχονται εν μέρει από την ανεμογεννήτρια. Η χρήση μιας γεννήτριας ντίζελ για τη διασφάλιση της ισορροπίας της ενέργειας και της σταθερότητας του δικτύου αποτελεί ένα παράδειγμα.
- Εδώ είναι η περίπτωση όπου η αιολική και η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου ως αντικατάσταση άλλων μορφών ενέργειας.
- Όταν η ηλεκτρική υποδομή δεν είναι διαθέσιμη για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας ή η ηλεκτρική ενέργεια δεν καταναλώνεται σε μια περιοχή, χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος. Ένα καλό παράδειγμα μπορεί να είναι η σύνδεση του συστήματος με έναν πρατήριο ανεφοδιασμού ή η χρήση σε οχήματα που λειτουργούν με υδρογόνο. Αυτή είναι η λύση σε περιοχές όπου η σύνδεση στο δίκτυο της ανεμογεννήτριας δεν είναι οικονομικά ή τεχνικά εφικτή. Η χρήση του υδρογόνου ως πηγής ενέργειας είναι πολύ καθαρή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, για να επιτευχθεί ένα αποτελεσματικό και βιώσιμο ενεργειακό σύστημα, το υδρογόνο πρέπει να παράγεται χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια. Σε αντίθεση με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια που είναι ασταθείς, το υδρογόνο αποτελεί εξαιρετικό μέσο αποθήκευσης ενέργειας και μεταφοράς. Συνεπώς, το υδρογόνο μπορεί να αντικαταστήσει αποτελεσματικά τα ορυκτά καύσιμα. Επομένως, οι τεχνολογίες παραγωγής, διανομής, ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Παναγιώτης Παπαδημητρίου

αποθήκευσης και χρήσης του υδρογόνου θα παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας στο μέλλον. Εκτός από την επεξεργασία καυσίμων, υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένου του υδρογόνου από το νερό και του υδρογόνου από μη-ανανεώσιμα καύσιμα. Προς το παρόν, η πιο διαδεδομένη τεχνολογία είναι ο ανασχηματισμός των ορυκτών καυσίμων με απόδοση έως και 85%, αλλά με το υψηλότερο επίπεδο ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ένα μεγάλο ποσοστό έρευνας και ανάπτυξης γίνεται σε άλλες τεχνολογίες παραγωγής υδρογόνου για να διευκολύνει τη μετάβαση σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών, δηλαδή διαδικασίες χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Προς το παρόν, η μόνη εμπορική μέθοδος παραγωγής υδρογόνου χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι μέσω της ηλεκτρολυτικής αντίδρασης του νερού, η οποία τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια.

1.3 Ανεμογεννήτριες

Η ακτινοβολία από τον Ήλιο θερμαίνει την ατμόσφαιρα της Γης ανομοιόμορφα. Έτσι, η θερμική διαφορά του ισημερινού με τους πόλους δημιουργεί μια διαφορά πίεσης η οποία παράγει μια ροή μεγάλων μαζών αέρα δηλαδή τον άνεμο. Έτσι, η κινητική ενέργεια του αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις ανεμογεννήτριες (ΑΓ) οι οποίες χρησιμοποιούν τον άνεμο για να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Μία ανεμογεννήτρια κινείται με τον άνεμο, που περιστρέφει τις λεπίδες της που είναι σαν προπέλες γύρω από ένα ρότορα, ο οποίος περιστρέφει μία γεννήτρια που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Τόσο η έννοια της αιολικής ενέργειας όσο και της αιολικής ισχύς αναφέρονται στη διαδικασία παραγωγής μηχανικής ενέργειας ή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τον άνεμο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η μηχανική ενέργεια για συγκεκριμένες εργασίες (για παράδειγμα, άλεση σιταριού ή άντληση νερού) ή να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας μία γεννήτρια. Με τη χρήση των αεροδυναμικών δυνάμεων που δημιουργείται από τις λεπίδες του ρότορα, η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η πίεση του αέρα πάνω στη λεπίδα μειώνεται όταν ο άνεμος περνά πάνω από αυτήν. Λόγω της διαφοράς στην πίεση μεταξύ των δύο πλευρών της λεπίδας, παράγονται τόση ανύψωση όσο και αντίσταση. Η περιστροφή του ρότορα οφείλεται στη δύναμη της ανύψωσης που είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση. Μία ηλεκτρική γεννήτρια αποτελείται από ένα ρότορα και έναν άξονα (στην περίπτωση μίας ανεμογεννήτριας με απευθείας μετάδοση) ή έναν άξονα με γρανάζια (στην περίπτωση ενός κιβωτίου ταχυτήτων), που επιτρέπει την περιστροφή της γεννήτριας σε μεγαλύτερες ταχύτητες και με μικρότερο μέγεθος. Αυτή η μετατροπή της αιολικής δύναμης σε περιστροφή της γεννήτριας δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή είναι μία από τις κύριες πηγές ενέργειας του συστήματος. Η ανεμογεννήτρια που λαμβάνεται υπόψη σε αυτήν τη μελέτη έχει χωρητικότητα 200 kW. Ο αγορά προσφέρει μια

ποικιλία μεγεθών ανεμογεννητριών, κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες watt έως περίπου πέντε μεγαβάτ. Αυτή η μελέτη δεν καθορίζει ένα ελάχιστο μέγεθος για την ανεμογεννήτρια, αφού η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να λαμβάνεται από το δίκτυο, όπου δεν μπορεί να παρέχεται από τον ανεμογεννήτρια.

1.3.1 Είδη Ανεμογεννητριών

Υπάρχει ένας μεγάλος διαχωρισμός αρχικά στις ανεμογεννήτριες οποίος είναι, η ανεμογεννήτρια αν βρίσκεται στην στεριά ή στην θάλασσα. Στα αγγλικά ονομάζονται onshore και offshore αντίστοιχα και έτσι είναι ευρέως διαδεδομένο να της αναφέρουμε.

1.3.1.1 *Offshore* Ανεμογεννήτριες

Οι offshore ανεμογεννήτριες είναι ανεμογεννήτριες οι οποίες τοποθετούνται στην θάλασσα. Δεν διαφέρουν από τις ανεμογεννήτριες στεριάς, παρά μόνο στην τοποθέτησή τους και στην αντοχή τους.



Εικόνα 1.6: Offshore ανεμογεννήτρια

1.3.1.2 *Onshore* Ανεμογεννήτριες

Οι onshore ανεμογεννήτριες είναι τοποθετημένες στην στεριά σε διάφορα υψόμετρα και διάφορα σχήματα. Όπως τις ανεμογεννήτριες με τρία πτερύγια, δύο πτερύγια και τις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα.

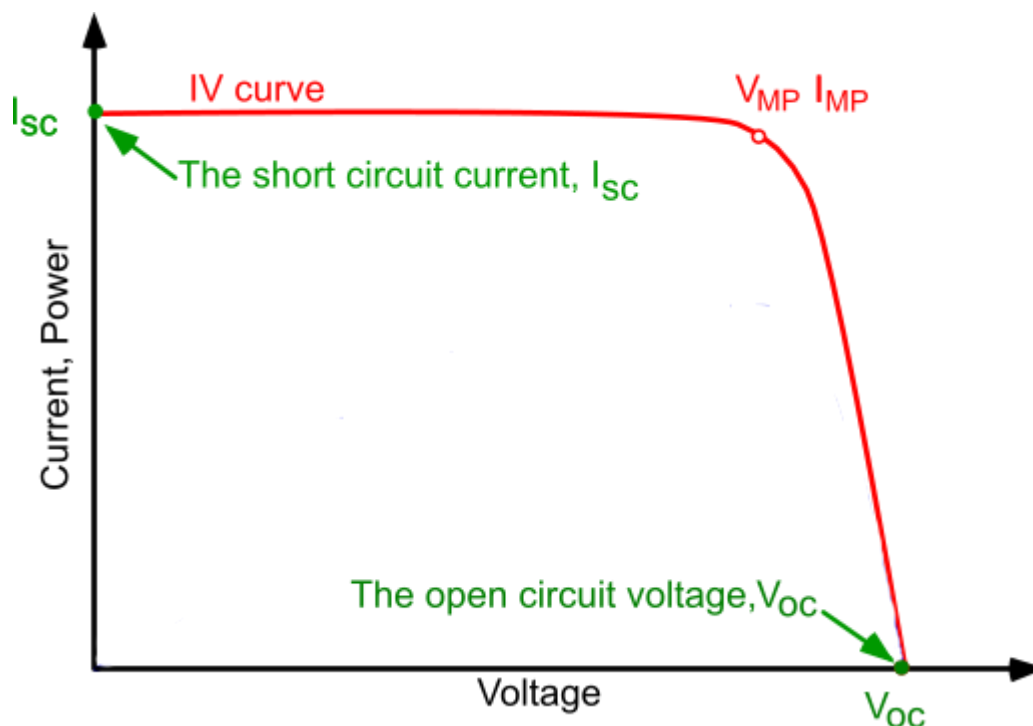


Εικόνα 1.7: Onshore ανεμογεννήτρια

1.4 Φωτοβολταϊκά

Η φωτοβολταϊκή ηλιακή ενέργεια παράγεται μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιώντας την τεχνολογία που βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό αποτέλεσμα. Πρόκειται για μια μορφή ανανεώσιμης, ανεξάντλητης και μη ρυπογόνου ενέργειας που μπορεί να παραχθεί σε διάφορες εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των μικροπαραγωγών για αυτοκατανάλωση ή των μεγάλων φωτοβολταϊκών σταθμών. Χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, η φωτοβολταϊκή ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Βασικά, βασίζεται στην ικανότητα ορισμένων υλικών να απορροφούν φωτόνια (φωτεινά σωματίδια) και να απελευθερώνουν ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία μπορούν να είναι κατασκευασμένα από μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό ή άμορφο πυρίτιο, ή άλλα υλικά ημιαγωγών λεπτών επιστρώσεων. Στην περίπτωση ενός μονοκρυσταλλικού πυριτίου, τα κύτταρα έχουν μέγιστη απόδοση μεταξύ 18% και 20%. Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο κατασκευάζεται από πολλά κρυστάλλια, πράγμα που τα καθιστά πιο αποδοτικά και φθηνότερα. Επιπλέον, αυτά που κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο έχουν ένα άτακτο κρυσταλλικό δίκτυο, με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλή απόδοση (μέση απόδοση μεταξύ 8% και 9%), αλλά και χαμηλότερο κόστος.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες είναι συνήθως μικρές και παράγουν μόνο έναν ή δύο watt ισχύος. Τα χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού περιγράφονται από την χαρακτηριστική ρεύματος προς τάση. Η γραφική διαμορφώνεται πειραματικά ξεκινώντας με δύο μετρήσεις, τη μέτρηση βραχυκύκλωσης που μας δίνει το μέγιστο ρεύμα και τη μέτρηση ανοιχτοκύκλωσης για να βρούμε τη μέγιστη τάση.



Εικόνα 1.8: Χαρακτηριστική ρεύματος τάσης

Τα πλαίσια ή πάνελ είναι μεγαλύτερες μονάδες που δημιουργούνται συνδέοντας φωτοβολταϊκές κυψέλες σε μορφή αλυσίδας για να αυξήσουν την ισχύ τους. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα αντικείμενα ανεξάρτητα ή να συνδεθούν αρκετά από αυτά για να δημιουργήσουν συστοιχίες. Ένας ή περισσότεροι σχηματισμοί συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο ως μέρος ενός πλήρους συστήματος φωτοβολταϊκών. Ως εκ τούτου, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για να καλύψουν σχεδόν κάθε απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας, ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλη ή μικρή είναι.

Τα αντικείμενα και οι συστοιχίες είναι μόνο ένα κομμάτι ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Τα συστήματα περιλαμβάνουν επίσης δομές στήριξης που κατευθύνουν τα πάνελ προς τον ήλιο, μαζί με τα στοιχεία που λαμβάνουν το ηλεκτρικό ρεύμα ήλιου (DC) που παράγεται από τα πλαίσια και το μετατρέπουν σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει όλες τις συσκευές σε ένα νοικοκυριό. Η Εικόνα 1 απεικονίζει τη δομή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Η δεύτερη κύρια πηγή ενέργειας του συστήματος είναι αυτή. Η διπλωματική λαμβάνει υπόψη ένα σύστημα φωτοβολταϊκών με συνολική χωρητικότητα 50 kW. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε αυτήν τη μελέτη δεν πρέπει να είναι ενός ελάχιστου μεγέθους, διότι η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να προέρχεται από το δίκτυο όπου δεν μπορεί να παρέχεται από τα φωτοβολταϊκά.

1.4.1 Είδη Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Υπάρχουν αρκετά είδη φωτοβολταϊκών όπως είναι:

- Μονοκρυσταλλικά
- Πολυκρυσταλλικά
- Λεπού υμένα
- Άμορφο



Εικόνα 1.9: Φωτοβολταϊκό πάρκο

1.5 Μικροδίκτυο -Έξυπνα Δίκτυα

Τα συμβατικά δίκτυα παρέχουν αξιόπιστη ισχύ, εξυπηρετώντας τα φορτία τον περισσότερο καιρό. Οι φυσικές καταστροφές όμως ή οι παραβιάσεις ασφαλείας απειλούν το δίκτυο και έτσι μπορούν να δημιουργηθούν μπλακ άουτ, τα οποία θα αποτελέσουν σε μεγάλες δαπάνες προς τον παραγωγό. Έτσι, στην προσπάθεια αντιμετώπισης αυτόν τον φαινομένων δημιουργήθηκαν τα μικροδίκτυα και αργότερα τα έξυπνα δίκτυα. Τα μικροδίκτυα, προσφέρουν συνεχόμενη εξυπηρέτηση χωρίς να υπάρχει κάποια διακοπή ως προς το φορτίο. Είναι αξιόπιστα διότι δεν στηρίζονται στο ακτινικό σχεδιασμό που είχε ένα παραδοσιακό δίκτυο και έτσι παρέχουν σταθερότητα σε κακές καιρικές συνθήκες και αυτό είναι σημαντικό ειδικά σε κτήρια τα οποία θεωρούνται σημαντικά όπως νοσοκομεία και στρατιωτικές βάσεις. Ένας λόγος ακόμη είναι η ασφάλεια που προσφέρουν. Τα μικροδίκτυα μιας και είναι μικρά σε μέγεθος, όπως αναφέρεται και στο όνομά τους, τα καθιστούν εύκολα προς παρακολούθηση από κυβερνοαπειλές αλλά και από φυσικές απειλές. Επιπρόσθετα, μπορούν να αποθηκεύσουν ενέργεια και να χρησιμοποιήσουν ενέργεια η οποία προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μειώνοντας έτσι το αποτύπωμα άνθρακα του δικτύου. Τέλος, βάση των προηγούμενων αλλά και με τη χρήση προγραμμάτων βελτιστοποίησης μπορεί να επιτευχθεί

και μια οικονομία μιας και το δίκτυο έτσι ελέγχεται και τα κόστη λειτουργίας μπορούν να ελαχιστοποιηθούν.

Τα μικροδίκτυα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα αυτόνομα ή απομονωμένα μικροδίκτυα και στα διασυνδεδεμένα.

Αυτόνομα ή απομονωμένα λέμε τα μικροδίκτυα τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο. Έχουν, τις δικιές τους πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και παρέχουν συστήματα αποθήκευσης ενέργειας έχοντας έναν βοηθητικό ρόλο στο δίκτυο. Ένας σύνηθες λόγος ο οποίος χρησιμοποιούνται είναι σε μέρη όπου η διασύνδεση με το δίκτυο είναι δύσκολη ή οικονομικά ασύμφορη.

Αντιθέτως, διασυνδεδεμένα δίκτυα ονομάζουμε τα μικροδίκτυα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο. Έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν αυτόνομα είτε να λειτουργήσουν με τη βοήθεια του δικτύου. Στη περίπτωση που το μικροδίκτυο απομονωθεί μπορεί να εξυπηρετήσει το φορτίο έχοντας μια ακτινική μορφή και ταυτόχρονα να παρέχει την οικονομικότερη διαχείριση του.

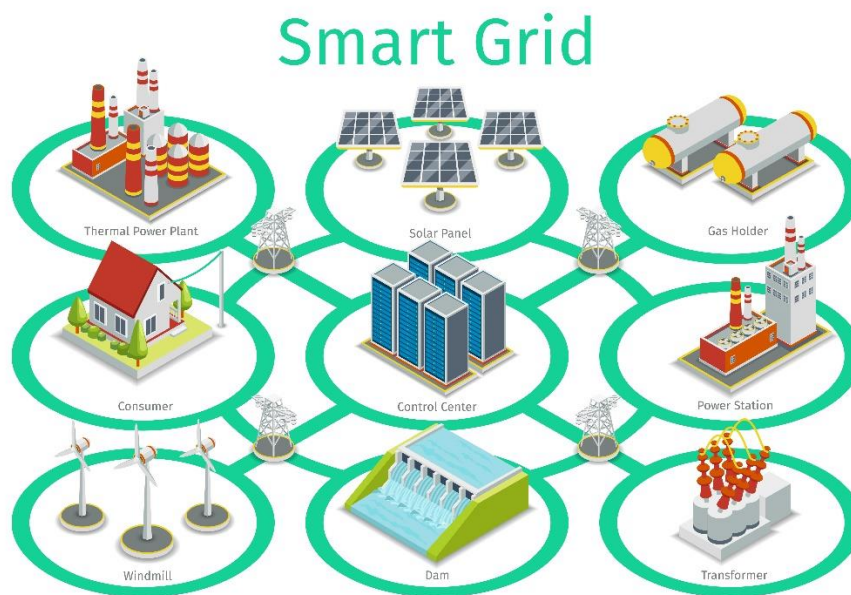
Ένα μικροδίκτυο κάνει χρήση του δικτύου, τον μονάδων σταθερής παραγωγής που μπορεί να έχει όπως εργοστάσια βιομάζας, φυσικού αερίου και κυψελών καυσίμου. Επιπλέον, χρησιμοποιεί στοχαστικές πηγές ενέργειας όπως οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά. Όλα αυτά μαζί συνδυάζονται και με την χρήση μπαταριών ή μονάδων ηλεκτρόλυσης που μπορούν να αποθηκεύουν υδρογόνο δημιουργούν ένα δίκτυο εξυπηρέτησης του φορτίου με σταθερότητα.

Έξυπνο τώρα, κατά κύριο λόγο το καθιστά η δυνατότητα που έχει να συγχρονίζονται όλες οι μονάδες παραγωγής μεταξύ τους. Αυτό ανοίγει το δρόμο σε διάφορες νέες διαχειρίσεις του δικτύου και νέους τρόπους μέτρησης του δικτύου όπως:

- Η εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες και μονάδες ηλεκτρόλυσης.
- Αναβαθμισμένοι τρόποι μέτρησης των φορτίων όπως το «smart metering» που επιτρέπει την διαχείριση όλων των φορτίων σε μια εγκατάσταση αλλά και την καταγραφή της άεργους ισχύς κάτι που δεν γινόταν μέχρι τώρα.
- Την διαχείριση των επιμέρους φορτίων μιας εγκατάστασης μέσω έξυπνων διακοπών και ασφαλειών αυξάνοντας έτσι την οικονομική απόδοση του συστήματος.

Μαζί με αυτές τις δυνατότητες δημιουργήθηκαν και δύο πολιτικές. Η πολιτική του καλού πολίτη όπου η βελτιστοποίηση γίνεται ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος παραγωγής ενέργειας χωρίς

να υπάρχει ανταλλαγή με το δίκτυο και η πολιτική του ιδανικού πολίτη που σκοπό έχει τη βελτιστοποίηση των κερδών δηλαδή την μεγιστοποίησή τους από την μεριά του διαχειριστή.



Εικόνα 1.10: Αναπαράσταση ενός έξυπνου δικτύου

1.6 Υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού, ηλεκτρόλυσης και κυψέλης καυσίμου

1.6.1.1 Περιγραφή και αρχή λειτουργίας

Ένα υβριδικό σύστημα αιολικής και φωτοβολταϊκής (PV) ενέργειας είναι ένα ανανεώσιμο σύστημα ενέργειας που συνδυάζει ανεμογεννήτριες και ηλιακά πάνελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα σχεδιάστηκε για να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την στοχαστικότητα, παρέχοντας μια πιο αξιόπιστη και σταθερή πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η βασική αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι η εξής:

- Η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για να κινήσει μια γεννήτρια που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Ο φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν την ενέργεια του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποθηκεύονται σε μονάδα αποθήκευσης μπαταριών ή στέλνεται σε έναν αντιστροφέα για να το μετατρέψει σε εναλλασσόμενο ρεύμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εφοδιασμό σπιτιών, επιχειρήσεων και άλλων ηλεκτρικών φορτίων.
- Το σύστημα μπορεί να σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε διάφορα μοντέλα, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα της αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Για παράδειγμα, όταν ο άνεμος είναι δυνατός

και ο ήλιος δεν λάμπει, το σύστημα μπορεί να εξαρτηθεί περισσότερο από την ανεμογεννήτρια, ενώ όταν ο ήλιος λάμπει και ο άνεμος είναι ήρεμος, το σύστημα μπορεί να εξαρτηθεί περισσότερο από τον φωτοβολταϊκό πίνακα.

1.6.1.2 Τα πλεονεκτήματα χρήσης υβριδικού συστήματος ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκού.

Οι πλεονεκτήματα της χρήσης ενός υβριδικού συστήματος αιολικής και φωτοβολταϊκής περιλαμβάνουν:

- Αυξημένη παραγωγή ενέργειας: Με τον συνδυασμό της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, το σύστημα μπορεί να παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι θα μπορούσε καθαυτή την τεχνολογία να παράγει μόνη της.
- Βελτιωμένη αξιοπιστία: Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε μια ευρύτερη ποικιλία καιρικών συνθηκών, μειώνοντας τον κίνδυνο διακοπών ή διακοπών του ρεύματος.
- Μειωμένη περιβαλλοντική επίπτωση: Το σύστημα παράγει καθαρή ενέργεια χωρίς την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου ή άλλων ρυπαντών.
- Εξοικονόμηση κόστους: Το σύστημα μπορεί να είναι πιο οικονομικό από τη χρήση είτε της αιολικής ενέργειας είτε της ηλιακής ενέργειας μόνης της, καθώς ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών μπορεί να μειώσει την ανάγκη για εφεδρικές πηγές ενέργειας.

1.6.1.3 Προκλήσεις και περιορισμοί του συστήματος.

Οι προκλήσεις και περιορισμοί που σχετίζονται με τη χρήση ενός υβριδικού συστήματος αιολικής και φωτοβολταϊκής περιλαμβάνουν:

- Πολύπλοκος σχεδιασμός: Το σύστημα απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, για τη σωστή συγχώνευση της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αποθηκευτικής διάταξης και των συστημάτων ελέγχου, που μπορεί να είναι πολύπλοκος και δαπανηρός.
- Απαιτήση γης: Το σύστημα απαιτεί μεγάλη ποσότητα γης για την εγκατάστασή του, ιδιαίτερα για μεγάλες εγκαταστάσεις, πράγμα που μπορεί να αποτελέσει πρόκληση σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Στοχαστικότητα: Παρόλο που το υβριδικό σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει κάποια στοχαστικότητα σε αιολική και ηλιακή ενέργεια, εξαρτάται ακόμα από τη διαθεσιμότητα του ανέμου και του ηλιακού φωτός, που μπορεί να είναι απρόβλεπτη.
- Συντήρηση και επισκευές: Το σύστημα απαιτεί τακτική συντήρηση και επισκευές για να λειτουργεί αποτελεσματικά και αξιόπιστα.
- Περιορισμένη επεκτασιμότητα: Το σύστημα ενδέχεται να μην είναι κατάλληλο για παραγωγή ενέργειας σε πολύ μεγάλη κλίμακα, καθώς η συγχώνευση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας μπορεί να γίνει πιο πολύπλοκη και δαπανηρή σε μεγαλύτερες κλίμακες.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα πλεονεκτήματα και προκλήσεις, η διπλωματική μπορεί να παρέχει μια πιο πλήρη κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών της χρήσης ενός υβριδικού συστήματος αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.

1.6.2 Ηλεκτρόλυση για την παραγωγή υδρογόνου

1.6.2.1 Τα βασικά της ηλεκτρόλυσης

Η ηλεκτρόλυση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για να διαχωρίσει τα μόρια του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε έναν ηλεκτρολυτικό χώρο, ο οποίος αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια (μια άνοδο και μια κάθοδο) που χωρίζονται από μία μεμβράνη. Όταν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από το νερό, τα ιόντα υδρογόνου (H⁺) προσελκύονται από την κάθοδο, ενώ τα ιόντα οξυγόνου (O²⁻) προσελκύονται την άνοδο. Τα ιόντα αντιδρούν με τα ηλεκτρόδια για να δημιουργήσουν υδρογόνο και οξυγόνο σε αέρια μορφή.



1.6.2.2 Τύποι ηλεκτρολυτών

Υπάρχουν τρία βασικά είδη ηλεκτρολυτικών συσκευών:

- Αλκαλικοί ηλεκτρολύτες: Οι αλκαλικοί ηλεκτρολύτες χρησιμοποιούν μια λύση υδροξειδίου του καλίου (KOH) ή υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) ως ηλεκτρολύτη. Είναι η παλαιότερη και πλέον ώριμη τεχνολογία για την ηλεκτρόλυση και χρησιμοποιούνται συχνά για τη βιομηχανική παραγωγή υδρογόνου.
- Ηλεκτρολύτες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEM): Οι ηλεκτρολύτες PEM χρησιμοποιούν μια στερεή πολυμερή μεμβράνη ως ηλεκτρολύτη. Είναι μια πιο νεότερη τεχνολογία που κερδίζει δημοτικότητα λόγω της υψηλής απόδοσής της, του γρήγορου χρόνου απόκρισης και του συμπαγούς μεγέθους της. Συχνά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου σε μικρή κλίμακα, όπως για οχήματα με κυψέλες καυσίμου.
- Ηλεκτρολύτες στερών οξειδίων: Οι συσκευές ηλεκτρόλυσης με στερεό ηλεκτρολύτη χρησιμοποιούν κεραμικό ηλεκτρολύτη που προσελκύει ιόντα οξυγόνου. Λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες (800-1000°C) και μπορούν να επιτύχουν πολύ υψηλές αποδόσεις, αλλά εξακολουθούν να βρίσκονται στο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης.

1.6.2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της ηλεκτρόλυσης

Η αποδοτικότητα της ηλεκτρόλυσης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων:

Εισροή ενέργειας: Σύμφωνα με μελέτη του R. L. Borup κ.ά. (2007), η τάση και το ρεύμα που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρόλυση μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την αποδοτικότητά της. Η υψηλότερη τάση και ρεύμα μπορούν να αυξήσουν το ρυθμό παραγωγής υδρογόνου, αλλά

απαιτούν επίσης μεγαλύτερη παροχή ενέργειας και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερα λειτουργικά κόστη.

Συγκέντρωση ηλεκτρολύτη: Η συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα της ηλεκτρόλυσης, όπως αναφέρεται σε μελέτη του J. P. O'Connell και R. G. Compton (1997). Υψηλότερες συγκεντρώσεις ηλεκτρολύτη μπορούν να αυξήσουν τον ρυθμό παραγωγής υδρογόνου, αλλά μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε υψηλότερα λειτουργικά κόστη και τεχνικές προκλήσεις, όπως τη διάβρωση των ηλεκτροδίων.

Θερμοκρασία: Σύμφωνα με μελέτη του R. Narayan κ.ά. (2017), η λειτουργική θερμοκρασία της ηλεκτρολυτικής συσκευής μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα της ηλεκτρόλυσης. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες συνήθως οδηγούν σε υψηλότερη απόδοση, καθώς αυξάνουν την κινητικότητα των ιόντων στον ηλεκτρολύτη και ενισχύουν τον ρυθμό των χημικών αντιδράσεων στα ηλεκτρόδια.

Καταλύτες: Η χρήση καταλυτών μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα της ηλεκτρόλυσης αυξάνοντας τον ρυθμό των χημικών αντιδράσεων στα ηλεκτρόδια. Σύμφωνα με μελέτη του S. P. S. Badwal κ.ά. (2014), μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι καταλυτών ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρολυτικής συσκευής και τις λειτουργικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η πλατίνα συνήθως χρησιμοποιείται ως καταλύτης σε ηλεκτρολυτικές συσκευές με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων, ενώ το νικέλιο και ο σίδηρος χρησιμοποιούνται σε αλκαλικούς ηλεκτρολύτες.

1.6.2.4 Σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών ηλεκτρόλυσης

Οι διάφοροι τύποι ηλεκτρολυτικών συσκευών έχουν διάφορα πλεονεκτήματα και περιορισμούς, και η επιλογή της ηλεκτρολυτικής συσκευής εξαρτάται από την συγκεκριμένη εφαρμογή και τις συνθήκες λειτουργίας. Παρακάτω αναφέρονται μερικές κύριες διαφορές μεταξύ των τριών κύριων τύπων ηλεκτρολυτικών συσκευών:

- Οι αλκαλικές ηλεκτρολυτικές συσκευές είναι η πιο ώριμη τεχνολογία και μπορούν να επιτύχουν υψηλές αποδόσεις σε μεγάλες κλίμακες, αλλά είναι σχετικά μεγάλες και έχουν περιορισμούς όσον αφορά τον χρόνο απόκρισης και τη θερμοκρασιακή περιοχή.
- Οι ηλεκτρολυτικές συσκευές με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) είναι πιο συμπαγείς και αποδοτικές από τις αλκαλικές ηλεκτρολυτικές συσκευές, αλλά εξακολουθούν να είναι σχετικά ακριβές και έχουν περιορισμούς όσον αφορά την πυκνότητα ρεύματος και την ανθεκτικότητα.
- Οι συσκευές ηλεκτρόλυσης με στερεό ηλεκτρολύτη έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν πολύ υψηλές αποδόσεις, αλλά εξακολουθούν να βρίσκονται στο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης και έχουν περιορισμούς όσον αφορά την θερμοκρασιακή περιοχή και τα κόστη κατασκευής.

1.6.3 Αποθήκευση Υδρογόνου

Χωρίζουμε την αποθήκευση του υδρογόνου σε τρεις κατηγορίες κάθε κατηγορία παίρνει το όνομά της από την κατάσταση του υδρογόνου, δηλαδή αν το υδρογόνο είναι αέριο, υγρό ή σε στερεά μορφή. Η αποθήκευση του υδρογόνου είναι αναγκαία μιας και δεν μπορούμε πάντα να εκμεταλλευτούμε το υδρογόνο απευθείας. Ταυτόχρονα μπορούμε και με την αποθήκευσή του να εκμεταλλευτούμε αργότερα οπότε να θεωρήσουμε το υδρογόνο και ως μια μονάδα αποθήκευσης.

1.6.3.1 Αέριο Υδρογόνο

Το υδρογόνο στην έξοδό του από κάθε μονάδα βρίσκεται σε αέρια μορφή. Συνήθως εξέρχεται με πίεση 20bar και ύστερα από εκεί αποθηκεύτε σε δοχεία υψηλής πίεσης μιας και πρώτα εισέρχεται σε μια αντλία. Αυτό γίνεται διότι το υδρογόνο είναι το μικρότερο στοιχείο στη φύση με αποτέλεσμα να έχει πολύ χαμηλή ογκομετρική ενέργεια η οποία ανέρχεται στα 0,09kg/m³ για την μία ατμόσφαιρα. Γι' αυτό το λόγο προτιμούμε να αποθηκεύουμε το υδρογόνο στα 350bar όπου η ογκομετρική του ενέργεια βρίσκεται στα 26,1kg/m³. Τα τελευταία χρόνια με της τεχνολογικές εξελίξεις έχουμε καταφέρει να φτάσουμε και τα 700bar όπου η ογκομετρική ενέργεια του υδρογόνου φτάνει τα 42kg/m³.

1.6.3.2 Υγρό Υδρογόνο

Μια άλλη μορφή αποθήκευσης του υδρογόνου είναι σε υγρή μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται οδηγώντας το υδρογόνο στους -252,87 °C όπου εκεί βρίσκεται και το σημείο υγροποίησης του. Αυτό απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας για την οδήγησή του σε τέτοιες θερμοκρασίες καθώς και για την διατήρησή του. Αυτού του είδους η αποθήκευση μας επιτρέπει να αποθηκεύουμε μεγάλα ποσά ενέργειας σε μικρό χώρο μιας και η ογκομετρική ενέργεια του υγρού υδρογόνου είναι 71kg/m³. Με το κάθε κιλό να περιέχει από 33,3 έως 39,4kWh έτσι μπορούμε σε ένα κυβικό να έχουμε από 2364,3 έως 2797,4 kWh.

1.6.3.3 Στερεό Υδρογόνο

Ο τρόπος με τον οποίο αποθηκεύουμε το υδρογόνο σε στερεά μορφή είναι σχηματίζοντας υδρίδια μετάλλων. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας στο αέριο υδρογόνο να αντιδράσει με μέταλλα. Αυτού του είδους η αποθήκευση θεωρείτε ο ασφαλέστερος τρόπος. Έτσι το κόστος αποθήκευσης μηδενίζεται και απαιτείται μόνο μετά το υδρογόνο να έρθει πάλι στην αέρια μορφή όπου αυτό το καταφέρνουμε θερμαίνοντας τα μέταλλα.

1.6.4 Κυψέλες Καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια απλή κατασκευή που αποτελείται από ελάχιστα κινούμενα μέρη. Σκοπός της είναι να κάνει ακριβώς το αντίθετο από μια μονάδα ηλεκτρόλυσης, δηλαδή να μετατρέπει το υδρογόνο σε ηλεκτρικό ρεύμα. Μια βασική μορφή είναι μεμβράνη ή ένας ηλεκτρολύτης, τα ηλεκτρόδια, τα στρώματα διάχυσης των αερίων και οι διπολικές πλάκες.

Υπάρχουν αρκετά είδη κυψελών καυσίμου, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

- Αλκαλικές Κυψέλες Καυσίμου (AFC)
- Κυψέλες Καυσίμου Τήγματος Ανθρακικών Αλάτων (MCFC)
- Κυψέλες Καυσίμου Φωσφορικού Οξέος (PAFC)
- Κυψέλες Καυσίμου Μεμβράνης Ανταλλαγής Πρωτονίων (PEMFC)
- Κυψέλες Καυσίμου Στερεών Οξειδίων (SOFC)
- Κυψέλες Καυσίμου Άμεσης Μεθανόλης (DMFC)

Οι πιο γνωστές τεχνολογίες αυτή τη στιγμή είναι οι αλκαλικές κυψέλες καυσίμου, οι κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων και οι κυψέλες καυσίμου στερεών οξειδίων. Ο λόγος που επιλέγονται κιόλας αυτές οι κυψέλες είναι διότι δεν παράγουν διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι καθίστανται και φιλικές προς το περιβάλλον.

1.6.5 Υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού, ηλεκτρολύτη και κυψέλης καυσίμου

1.6.5.1 Διαμόρφωση και σχεδιασμός συστήματος

Ο σχεδιασμός ενός υβριδικού συστήματος ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού και μιας μονάδας ηλεκτρόλυσης εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τις απαιτήσεις για την παραγωγή υδρογόνου. Γενικά, το σύστημα θα αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Ανεμογεννήτρια και συστοιχία φωτοβολταϊκών πάνελ: Το υβριδικό σύστημα παράγει ηλεκτρισμό από τον άνεμο και την ηλιακή ενέργεια.

Η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελα αποτελούν τις κύριες πηγές ηλεκτρισμού για το υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού και μονάδας ηλεκτρόλυσης. Η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα φωτοβολταϊκά πάνελα μετατρέπουν το φως του ηλίου σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτές οι δύο πηγές ανανεώσιμης ενέργειας είναι συμπληρωματικές και μπορούν να παρέχουν μια πιο σταθερή παροχή ηλεκτρισμού από το να βασίζονται μόνο σε μία.

- Ηλεκτρολυτική συσκευή: Η ηλεκτρολυτική συσκευή παράγει υδρογόνο διαχωρίζοντας μόρια νερού χρησιμοποιώντας ηλεκτρισμό.

Η ηλεκτρολυτική συσκευή αποτελεί κρίσιμο στοιχείο του υβριδικού συστήματος. Χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελα για να διαχωρίσει τα μόρια του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Ο τύπος της ηλεκτρολυτικής συσκευής που χρησιμοποιείται θα εξαρτηθεί από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τον απαιτούμενο ρυθμό παραγωγής υδρογόνου.

- **Σύστημα αποθήκευσης:** Το σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει ένα σύστημα αποθήκευσης, όπως μια ένα δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου, για να αποθηκεύει την περισσότερη ενέργεια σε μορφή υδρογόνου, για χρήση όταν η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι εκτός λειτουργίας.
- **Κυψέλη Κουσίμου:** Η κυψέλη κουσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψουμε το αποθηκευμένο υδρογόνο που έχουμε στο δοχείο, σε ηλεκτρικό ρεύμα πάλι. Σκοπός της κυψέλης είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια όταν η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι εκτός λειτουργίας.
- **Ηλεκτρονικά ισχύος:** Τα ηλεκτρονικά ισχύος, όπως αντιστροφείς και ανορθωτές, χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν τη ροή της ισχύος μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων του συστήματος.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος χρησιμοποιούνται για να μετατρέπουν και να ελέγχουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων του συστήματος. Οι αντιστροφείς μετατρέπουν την DC ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ και την ανεμογεννήτρια σε AC ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την ηλεκτρολυτική συσκευή και άλλα ηλεκτρικά φορτία. Οι ανορθωτές μετατρέπουν την AC ενέργεια από την ηλεκτρολυτική συσκευή σε DC ενέργεια για αποθήκευση στην τράπεζα μπαταριών.

- **Σύστημα ελέγχου:** Το σύστημα περιλαμβάνει ένα σύστημα ελέγχου που διαχειρίζεται τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάνελ και της ηλεκτρολυτικής συσκευής για τη βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου.

Το σύστημα ελέγχου διαχειρίζεται τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάνελ και της ηλεκτρολυτικής συσκευής για τη βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου. Ρυθμίζει την έξοδο της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών πάνελ για να ταιριάζουν με το ρυθμό παραγωγής υδρογόνου που απαιτείται από το σύστημα και εξασφαλίζει ότι η περισσότερη ενέργεια αποθηκεύεται στην τράπεζα μπαταριών για μεταγενέστερη χρήση. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί επίσης την απόδοση του συστήματος και παρέχει ανατροφοδότηση στον χειριστή.

1.6.5.2 Σύνδεση του ηλεκτρολύτη με το υβριδικό σύστημα

- Η συγχώνευση του ηλεκτρολυτικού συστήματος με το υβριδικό σύστημα απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και έλεγχο για να διασφαλιστεί ότι το σύστημα λειτουργεί αποτελεσματικά και αποδοτικά. Ορισμένες βασικές σκέψεις για τη συγχώνευση του ηλεκτρολυτικού συστήματος με το υβριδικό σύστημα περιλαμβάνουν:

- Διαχείριση ισχύος: Το σύστημα πρέπει να διαχειρίζεται τη ροή της ισχύος μεταξύ της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάρκου και της ηλεκτρολυτικής συσκευής για να διασφαλίσει τη βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου.

Η διαχείριση της ισχύος του υβριδικού συστήματος ηλεκτρολυτικού ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκού πάρκου είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική λειτουργία. Η ροή της ισχύος πρέπει να διαχειρίζεται προσεκτικά μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων για να διασφαλιστεί η βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί τη ροή της ισχύος και προσαρμόζει την έξοδο της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών πάνελ για να ταιριάζουν με τον ρυθμό παραγωγής υδρογόνου που απαιτείται από το σύστημα.

- Αποθήκευση ενέργειας: Το σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, όπως ένα δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου, για να αποθηκεύσει την περισσότερη ενέργεια για χρήση όταν η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν είναι διαθέσιμα.

Έτσι ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, όπως ένα δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσει την περισσότερη ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν είναι διαθέσιμα, εξασφαλίζοντας μια συνεχή προμήθεια ηλεκτρισμού στο φορτίο. Το σύστημα ελέγχου διαχειρίζεται την αποθήκευση και τη χρήση της ενέργειας για να διασφαλίσει ότι η κυψέλη καυσίμου δουλεύει ώστε να εξυπηρετεί το φορτίο όποτε υπάρχει υδρογόνο στο δοχείο.

- Διαχείριση φορτίου: Η διαχείριση του φορτίου στην ηλεκτρολυτική συσκευή είναι σημαντική για να διασφαλιστεί ότι λειτουργεί συνεχώς. Η ηλεκτρολυτική συσκευή πρέπει να σχεδιαστεί για να αντιμετωπίζει το φορτίο από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ, και το σύστημα ελέγχου πρέπει να διαχειρίζεται το φορτίο για να διασφαλίσει την αποτελεσματική λειτουργία της ηλεκτρολυτικής συσκευής. Το φορτίο στην ηλεκτρολυτική συσκευή μπορεί να διαχειρίζεται με την προσαρμογή της εξόδου της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών πάνελ.

- Έλεγχος και παρακολούθηση: Το σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης που παρακολουθεί την κατάσταση της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάρκου, της ηλεκτρολυτικής συσκευής και να προσαρμόζει τη λειτουργία τους όπως απαιτείται για τη βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου καθώς και την εξυπηρέτηση του φορτίου με την χρήση της κυψέλης καυσίμου. Το σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης είναι απαραίτητο για την αποτελεσματική λειτουργία του υβριδικού συστήματος ηλεκτρόλυσης, κυψέλης καυσίμου ανεμογεννήτριας, και φωτοβολταϊκού πάρκου. Το σύστημα πρέπει να παρακολουθεί την κατάσταση της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάρκου, της ηλεκτρολυτικής συσκευής και να προσαρμόζει την λειτουργία τους όπως απαιτείται για τη βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου. Το

σύστημα ελέγχου πρέπει επίσης να παρέχει ανατροφοδότηση στον χειριστή σχετικά με την απόδοση του συστήματος και οποιαδήποτε προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν.

1.6.5.3 Έλεγχος και διαχείριση στρατηγικών για την βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου.

Για να βελτιστοποιηθεί η παραγωγή υδρογόνου σε ένα υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικής ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκού πάνελ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες στρατηγικές ελέγχου και διαχείρισης, συμπεριλαμβανομένων:

- Προηγμένοι αλγόριθμοι ελέγχου: Προηγμένοι αλγόριθμοι ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση της ροής ισχύος μεταξύ της ανεμογεννήτριας, του φωτοβολταϊκού πάνελ και της ηλεκτρολυτικής συσκευής, και για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής υδρογόνου βάσει της διαθεσιμότητας αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Οι προηγμένοι αλγόριθμοι ελέγχου μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα του υβριδικού συστήματος ηλεκτρολυτικής ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκού πάνελ με τη διαχείριση της ροής ισχύος μεταξύ των διάφορων συστατικών. Αυτοί οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν πραγματικά δεδομένα για τη διαθεσιμότητα αιολικής και ηλιακής ενέργειας για να προσαρμόσουν την έξοδο της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών πάνελ και να βελτιστοποιήσουν την παραγωγή υδρογόνου.

- Αποθήκευση ενέργειας: Ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, όπως ένα δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της υπερβολικής ενέργειας που παράγεται υπό την προϋπόθεση ότι η αιολικής και η ηλιακή ενέργεια δεν είναι διαθέσιμες, ώστε να ξανά χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η αποθήκευση ενέργειας είναι μια ουσιαστική στρατηγική για τη διασφάλιση συνεχούς προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο φορτίο. Αυτό διασφαλίζει ότι το φορτίο μπορεί να εξυπηρετείται συνεχώς.

- Κυψέλη Καυσίμου: Ένα σύστημα κυψέλης καυσίμου θα μας βοηθήσει στη συνεχή εξυπηρέτηση του φορτίου σε συνδυασμό με το δοχείο έτσι ώστε να μειώσουμε τη χρήση του δικτύου και να μειώσουμε και τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από το δίκτυο.

- Διαχείριση φορτίου: Το φορτίο στην ηλεκτρολυτική συσκευή μπορεί να διαχειριστεί ώστε να λειτουργεί μέσα στο εύρος της βέλτιστης απόδοσης της.

Οι στρατηγικές διαχείρισης φορτίου μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της ηλεκτρολυτικής συσκευής και να διασφαλίσουν ότι λειτουργεί μέσα στο εύρος της βέλτιστης απόδοσης της. Το φορτίο στην ηλεκτρολυτική συσκευή μπορεί να διαχειριστεί με τον προσαρμογή της εξόδου της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών πάνελ, τη χρήση αποθήκευσης ενέργειας

και τον έλεγχο του ρυθμού παραγωγής υδρογόνου βάσει της διαθεσιμότητας αιολικής και ηλιακής ενέργειας.

Συντήρηση και επισκευή: Ο ηλεκτρολυτικός χρειάζεται τακτική συντήρηση και επισκευή για να διασφαλίσει την αποδοτική και αξιόπιστη λειτουργία του.

Η τακτική συντήρηση και επισκευή του ηλεκτρολυτικού είναι ουσιαστική για την βέλτιστη παραγωγή υδρογόνου. Αυτό περιλαμβάνει τον καθαρισμό του ηλεκτρολυτικού, την αντικατάσταση φθαρμένων ή κατεστραμμένων εξαρτημάτων και την παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος. Η τακτική συντήρηση και επισκευή μπορεί να διασφαλίσουν ότι το ηλεκτρολυτικό λειτουργεί αποδοτικά και αξιόπιστα κατά τη διάρκεια της διάρκειάς του.

1.6.6 Πλεονεκτήματα και Εφαρμογές

1.6.6.1 Πλεονεκτήματα χρήσης του Υβριδικού Αιολικού Φωτοβολταϊκού συστήματος με ηλεκτρολύτη.

Το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα για την παραγωγή υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένων:

- **Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας:** Το σύστημα χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου μειώνει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και συμβάλλει στη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη χρήση τους. Το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά χρησιμοποιεί αιολικής και ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή υδρογόνου, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

- **Υψηλή απόδοση:** Το σύστημα μπορεί να επιτύχει υψηλά επίπεδα απόδοσης, ιδίως όταν λειτουργεί σε βέλτιστες συνθήκες, και μπορεί να παράγει υδρογόνο σε χαμηλότερο κόστος από άλλες μεθόδους παραγωγής.

Το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να επιτύχει υψηλά επίπεδα απόδοσης όταν λειτουργεί σε βέλτιστες συνθήκες. Η χρήση προηγμένων αλγορίθμων ελέγχου, της αποθήκευσης ενέργειας και των στρατηγικών διαχείρισης φορτίου μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του συστήματος, καθιστώντας το πιο κόστο-αποτελεσματικό από άλλες μεθόδους παραγωγής υδρογόνου.

- **Αποθήκευση ενέργειας:** Το σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει ένα στοιχείο αποθήκευσης ενέργειας, όπως ένα δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου, που επιτρέπει την αποθήκευση περισσεύουσας ενέργειας για μεταγενέστερη χρήση, αυξάνοντας την αξιοπιστία και την ευελιξία του συστήματος.

Η συμπερίληψη ενός στοιχείου αποθήκευσης ενέργειας στο υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά επιτρέπει την αποθήκευση περισσεύουσας ενέργειας για μεταγενέστερη χρήση όταν η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά δεν είναι διαθέσιμα. Αυτό βελτιώνει την αξιοπιστία και την ευελιξία του συστήματος, εξασφαλίζοντας μια συνεχή προσφορά ηλεκτρισμού στο φορτίο.

- **Επεκτασιμότητα:** Το σύστημα μπορεί να αυξηθεί σε κλίμακα για να καλύψει διάφορες απαιτήσεις ενέργειας, από εφαρμογές μικρής κλίμακας έως μεγάλης βιομηχανικής παραγωγής. Το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να αυξηθεί σε κλίμακα για να καλύψει διάφορες απαιτήσεις ενέργειας, καθιστώντας το κατάλληλο για μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές μικρής κλίμακας, όπως η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε απομονωμένες τοποθεσίες, ή για τη μεγάλη βιομηχανική παραγωγή υδρογόνου ή για την εξυπηρέτηση του φορτίου σε ώρες που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι εκτός λειτουργίας.

1.6.6.2 Πιθανές εφαρμογές παραγωγής υδρογόνου

Το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά έχει αρκετές προοπτικές εφαρμογές για την παραγωγή υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένων:

- **Οχήματα κυψέλης καυσίμου:** Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για οχήματα κυψέλης καυσίμου, προσφέροντας μια καθαρή και αποδοτική εναλλακτική λύση στη βενζίνη και το πετρέλαιο.

Το υδρογόνο που παράγεται από το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για οχήματα κυψέλης καυσίμου. Τα οχήματα κυψέλης καυσίμου κινούνται με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την αντίδραση μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου στην κυψέλη καυσίμου, με το νερό να είναι το μόνο παραπροϊόν. Αυτό προσφέρει μια καθαρή και αποδοτική εναλλακτική λύση σε οχήματα με βενζίνη και πετρέλαιο.

- **Ενεργειακή αποθήκευση:** Το υδρογόνο μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί για την παροχή εφεδρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής ζήτησης ή αστάθειας στο δίκτυο. Το υδρογόνο που παράγεται από το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί για την παροχή εφεδρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής ζήτησης ή αστάθειας στο δίκτυο. Αυτό προσφέρει μια αξιόπιστη και ευέλικτη πηγή ενεργειακής αποθήκευσης, ιδίως όταν συνδυάζεται με προηγμένους αλγόριθμους ελέγχου και συστήματα διαχείρισης ενέργειας.

- **Βιομηχανική παραγωγή:** Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τη χημική παραγωγή, όπως στην παραγωγή λιπασμάτων και πλαστικών.

Το υδρογόνο που παράγεται από το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για χημικές παραγωγές, όπως στην παραγωγή λιπασμάτων και πλαστικών. Το υδρογόνο αποτελεί σημαντικό βασικό στοιχείο για πολλές βιομηχανικές διαδικασίες και μπορεί να παραχθεί με βιώσιμο και περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

- Ολοκλήρωση ανανεώσιμης ενέργειας: Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση υπερβολικής ανανεώσιμης ενέργειας, την οποία στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής αιολικής και φωτοβολταϊκής ισχύος.

Το υδρογόνο που παράγεται από το υβριδικό σύστημα ηλεκτρολυτικού από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση υπερβολικής ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής αιολικής και φωτοβολταϊκής ισχύος, βελτιώνοντας την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.6.6.3 Οικονομικά και περιβαλλοντικά κέρδη του συστήματος

Ο συνδυασμός του ηλεκτρολυτικού συστήματος με το υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από άνεμο και φωτοβολταϊκά προσφέρει αρκετά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων:

- Δημιουργία θέσεων εργασίας: Η ανάπτυξη και η εφαρμογή της τεχνολογίας μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας και της παραγωγής υδρογόνου.
- Ενεργειακή ασφάλεια: Το σύστημα μπορεί να αυξήσει την ενεργειακή ασφάλεια με τη μείωση της εξάρτησης από ξένο πετρέλαιο και φυσικό αέριο.
- Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: Το σύστημα παράγει υδρογόνο χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και βοηθώντας στη μείωση της κλιματικής αλλαγής.
- Εξοικονόμηση κόστους: Το σύστημα μπορεί να παράγει υδρογόνο με χαμηλότερο κόστος από άλλες μεθόδους παραγωγής, ιδίως σε περιοχές με υψηλό δυναμικό ανέμου και ηλιακής ενέργειας.
- Αυξημένη αξιοπιστία: Το σύστημα μπορεί να παρέχει μια αξιόπιστη και ευέλικτη πηγή υδρογόνου, μειώνοντας τον κίνδυνο διακοπών ηλεκτροδότησης και άλλων διακυμάνσεων.

Μέσω της συζήτησης των πλεονεκτημάτων, των δυνητικών εφαρμογών και των οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών του ηλεκτρολυτικού συστήματος υβριδικού ανέμου και φωτοβολταϊκών, το άρθρο μπορεί να βοηθήσει τους αναγνώστες να κατανοήσουν το δυναμικό της τεχνολογίας να μετασχηματίσει τον ενεργειακό τομέα και να παρέχει μια πιο καθαρή και

βιώσιμη πηγή ενέργειας για διάφορες εφαρμογές. Παρακαλούμε προσθέστε αναφορές για κάθε παράγραφο.

Η παραπάνω παράγραφος αναφέρει γενικά τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη του ηλεκτρολυτικού συστήματος υβριδικού ανέμου και φωτοβολταϊκών. Παρόλο που δεν αναφέρονται συγκεκριμένες πηγές, οι παρακάτω αναφορές μπορούν να παρέχουν επιπλέον πληροφορίες σχετικά με το θέμα:

1.6.7 Οι Προκλήσεις και οι μελλοντικές κατευθύνσεις

1.6.7.1 Περιορισμοί και προκλήσεις του συστήματος

Παρά τα δυνητικά οφέλη του ηλεκτρολυτικού συστήματος υβριδικού ανέμου και φωτοβολταϊκών, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να διευκολυνθεί η ευρύτερη υιοθέτηση και εφαρμογή της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων:

- **Κόστος:** Οι αρχικές επενδύσεις και οι λειτουργικές δαπάνες της τεχνολογίας μπορεί να είναι υψηλές, ιδίως για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.
- **Αποδοτικότητα:** Η αποδοτικότητα του συστήματος μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας των ανεμο-ηλιακών πόρων, της θερμοκρασίας λειτουργίας του ηλεκτρολυτικού, και της ποιότητας του ηλεκτρολύτη.
- **Αποθήκευση:** Η αποθήκευση και μεταφορά του υδρογόνου μπορεί να προκαλέσει τεχνικές προκλήσεις και προκλήσεις ασφάλειας και να προσθέσει στο συνολικό κόστος του συστήματος.
- **Πολιτικοί και κανονιστικοί φραγμοί:** Οι πολιτικές και οι κανονισμοί μπορούν να αποτελέσουν φραγμούς για την υιοθέτηση της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων πολιτικών που ευνοούν τα ορυκτά καύσιμα ή δεν παρέχουν επαρκή υποστήριξη για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και υδρογόνου.

1.6.7.2 Πιθανές λύσεις και μελλοντική ανάπτυξη

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, μπορούν να ληφθούν υπόψη αρκετές πιθανές λύσεις και μελλοντικές εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένων:

- **Καινοτομία στην τεχνολογία:** Η συνεχιζόμενη καινοτομία στον σχεδιασμό και την κατασκευή του ηλεκτρολυτικού υβριδικού συστήματος ανέμου και φωτοβολταϊκών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο κόστος και αυξημένη αποδοτικότητα.
- **Υποστήριξη πολιτικής και κανονιστικής πολιτικής:** Πολιτικές και κανονιστικές ρυθμίσεις που υποστηρίζουν την ανανεώσιμη ενέργεια και την παραγωγή υδρογόνου, όπως φορολογικά κίνητρα και επιδοτήσεις, μπορούν να βοηθήσουν στην προαγωγή της υιοθέτησης και της εφαρμογής της τεχνολογίας.

- Βελτιωμένη αποθήκευση και μεταφορά του υδρογόνου: Η έρευνα και η ανάπτυξη στην τεχνολογία αποθήκευσης και μεταφοράς του υδρογόνου μπορούν να οδηγήσουν σε πιο ασφαλείς και αποδοτικές μεθόδους αποθήκευσης και μεταφοράς του υδρογόνου.
- Βελτιστοποίηση του συστήματος: Η βελτιστοποίηση του συστήματος μέσω βελτιωμένων στρατηγικών ελέγχου και διαχείρισης μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη αποδοτικότητα και μειωμένο κόστος.

1.6.7.3 Ο ρόλος των υβριδικών συστημάτων στη μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ο ηλεκτρολυτικός υβριδικός συνδυασμός της ανεμογεννήτριας και των φωτοβολταϊκών μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη μετάβαση στην ανανεώσιμη ενέργεια, παρέχοντας μια ευέλικτη και αποδοτική πηγή υδρογόνου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει τα καύσιμα κυψέλες, να παράγει ηλεκτρισμό και να υποστηρίξει την ολοκλήρωση της ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο. Οι υβριδικές συσκευές μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση ορισμένων τεχνικών και οικονομικών προκλήσεων που σχετίζονται με την ανανεώσιμη ενέργεια, όπως η αστάθεια, παρέχοντας μια αξιόπιστη πηγή ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί κατά την ανάγκη. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή του ηλεκτρολυτικού υβριδικού συστήματος ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών μπορεί επίσης να δημιουργήσει θέσεις εργασίας, να διεγείρει την οικονομική ανάπτυξη και να συμβάλει στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Μέσω της συζήτησης των περιορισμών και των προκλήσεων του ηλεκτρολυτικού υβριδικού συστήματος ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών, καθώς και των δυνητικών λύσεων και μελλοντικών εξελίξεων, το άρθρο μπορεί να παρέχει στους αναγνώστες μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης και του δυνητικού μέλλοντος της τεχνολογίας. Το άρθρο μπορεί επίσης να βοηθήσει στο να θέσει το ηλεκτρολυτικό υβριδικό σύστημα ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών στον μεγαλύτερο πλαίσιο της μετάβασης στην ανανεώσιμη ενέργεια και του ευρύτερου τομέα της ενέργειας.

1.7 Σκοποί και στόχοι

Ο στόχος αυτού του έργου είναι διπλός. Πρώτον, να αξιοποιήσει την παραγωγή ΑΠΕ από και τους ανεμογεννήτριες (WT) και τα φωτοβολταϊκά (PV) γεννήτρια, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την παραγωγή υδρογόνου από μονάδες ΑΠΕ χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος. Δεύτερον, να διασφαλίσει την ασφαλή λειτουργία του υδρογονάνθρακα, λειτουργώντας τη συσκευή στα επιτρεπόμενα επίπεδα της ανά πάσα στιγμή, χωρίς να την ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί.

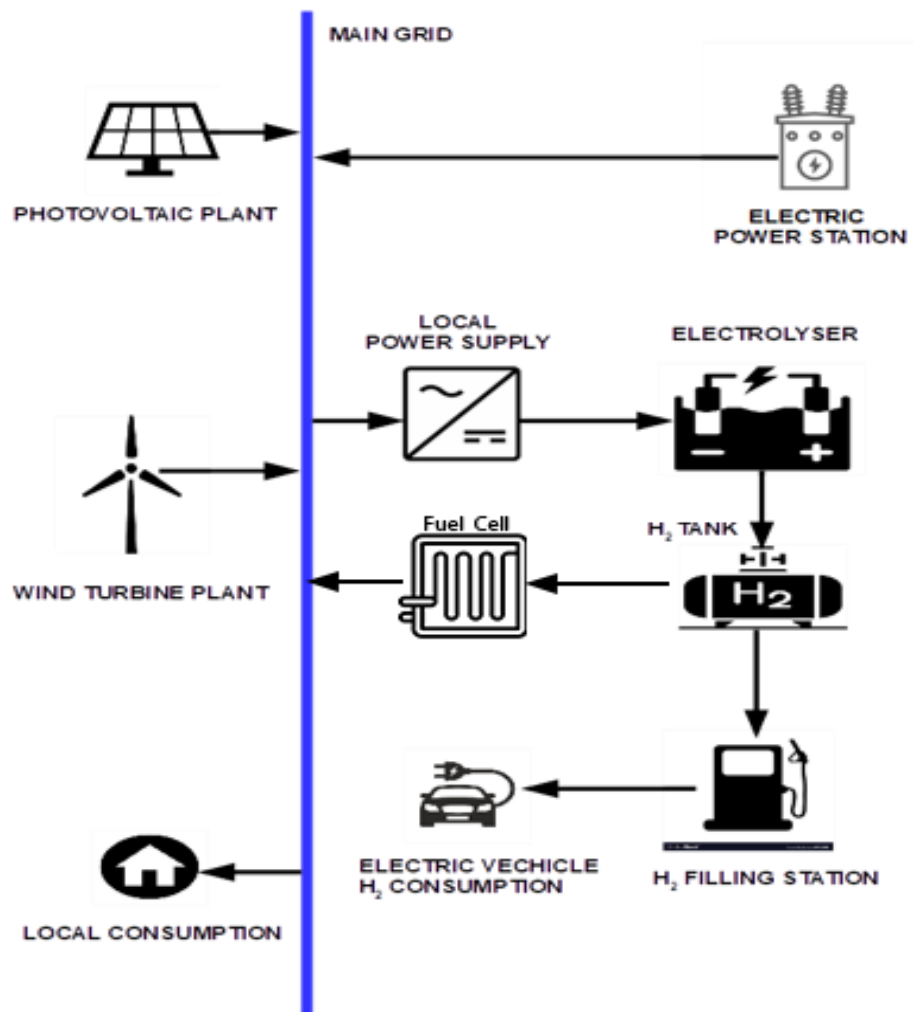
1.8 Το Θεωρητικό πρόβλημα

Το σύστημα που πρόκειται να αξιολογηθεί είναι ένας συνδυασμός ανεμογεννήτριας, φωτοβολταϊκού, εγκατάσταση παραγωγής υδρογόνου, κυψέλης καυσίμου και τοπική κατανάλωση που συνδέονται σε ένα δίκτυο (Σχήμα 2.1). Υποθέτετε ότι το δίκτυο έχει τη δυνατότητα να καλύψει τις ανάγκες της τοπικής κατανάλωσης σε περίπτωση που η παραγωγή αιολικής και ηλιακής ενέργειας δεν είναι επαρκής. Σε περίπτωση υπερβολικής παραγωγής από τις μονάδες ΑΠΕ, η ενέργεια εξάγεται στο δίκτυο. Σε όλες τις περιπτώσεις, το δοχείο ελέγχεται εάν είναι γεμάτος ή όχι, προκειμένου να παραχθεί το απαραίτητο υδρογόνο ή όχι. Το υδρογόνο που παράγεται χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να φορτίσει τα ηλεκτρικά οχήματα σε ένα τοπικό σταθμό και να βοηθήσει το φορτίο όπου δεν μπορούν οι ΑΠΕ πριν καταφτάσουμε στην χρήση του δικτύου. Εάν δεν υπάρχει αρκετό υδρογόνο για να καλύψει τις ανάγκες των οχημάτων, τότε αυτό το έλλειμμα υδρογόνου καταγράφεται. Η μελέτη πραγματοποιείται για έναν ολόκληρο χρόνο. Μετά την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων, πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση για κάθε στοιχείο του συστήματος και, πιο συγκεκριμένα, για το κόστος εγκατάστασης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και, τελικά, το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

2 Κεφάλαιο 2^ο : Μεθοδολογία Έρευνας

2.1 Περιγραφή του Συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από μία ανεμογεννήτρια, ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, μια εγκατάσταση παραγωγής υδρογόνου και την τοπική κατανάλωση φορτίου. Όλα αυτά τα στοιχεία συνδέονται με ένα δίκτυο, το οποίο υποθέτετε ότι μπορεί να καλύψει τις ανάγκες που οι μονάδες ανανεώσιμης ενέργειας δεν μπορούν να καλύψουν με την παραγωγή τους. Ολόκληρο το σύστημα απεικονίζεται στο εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Περιγραφή συστήματος

2.2 Τι κάναμε για να πάρουμε τα δεδομένα

Για τον σκοπό αυτής της μελέτης, με το δεδομένο σύστημα, το πρώτο πράγμα που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι η απόκτηση των απαραίτητων δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα είναι:

- Ισχύς της ανεμογεννήτριας
- Ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου
- Ισχύς της τοπικής κατανάλωσης
- Μάζα υδρογόνου για την κατανάλωση σε ηλεκτρικό όχημα

Για την ισχύ της ανεμογεννήτριας, ανακτώνται τα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου για κάθε ώρα του έτους. Ο πίνακας 2.1 δείχνει τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ισχύς του ανεμογεννήτριας.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας

Παράμετροι Ανεμογεννήτριας	
Περιοχή Σάρωσης (m ²) - A	491
Διάμετρος Τουρμπίνας (m) - d	25,0
Μέγιστη Ισχύ (kW) - P _r	200
Απόδοση μετατροπέα - Eff _{AD}	0,98
Ονομαστική Ταχύτητα (m/s) - V _r	13,8
Μέγιστος συντελεστής ισχύος - C _p	0,59
Ταχύτητα Εκκίνησης (m/s) - V _{ci}	3,8
Πυκνότητα Αέρα (kg/m ³) - ρ	1,225
Ταχύτητα Αποκοπής (m/s) - V _{co}	25
Ύψος Ανεμογεννήτριας (m) - H	30

Οι εξισώσεις 2.1 και 2.2 δίνουν την ισχύ της ανεμογεννήτριας που παράγεται κάθε χρονικό διάστημα χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους του Πίνακα 2.1:

$$P_{wind}(t) = \frac{1}{2} * \rho * A * V(t)^3 * C_p * Eff_{AD} \quad 2.1$$

$$P_{wind}(t) = \begin{cases} 0, & V < V_{ci} \\ \frac{1}{2} * \rho * A * V(t)^3 * C_p * Eff_{AD}, & V_{ci} < V < V_r \\ P_r, & V_r < V < V_{co} \\ 0, & V > V_{co} \end{cases} \quad 2.2$$

Όλα είναι γνωστά εκτός από την ταχύτητα ανέμου. Η ταχύτητα ανακτάται από ένα αρχείο Excel όπου ύστερα αναγάγετε στα 30 μέτρα μιας το Excel μας δίνει τιμές στα 10 μέτρα. Αυτή η αναγωγή περιγράφεται από τον τύπο 2.3.

$$WS_{30m} = WS_{10m} * \frac{\log_{10}(\frac{h_{30}}{z})}{\log_{10}(\frac{h_{10}}{z})} \quad 2.3$$

Όπου h₃₀ είναι το ύψος της ανεμογεννήτριας στα 30 μέτρα, h₁₀ είναι το ύψος της μέτρησης και z είναι η τραχύτητα του εδάφους, όπου την θεωρούμε 0,2.

Η παραγωγή των φωτοβολταϊκών, η φόρτιση και η κατανάλωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου ανακτώνται μέσω ενός αρχείου Excel για χρήση στον κύριο αλγόριθμο.

Σύμφωνα με την εξίσωση 2.4, η ισχύς του Ηλεκτρολυτικού σχετίζεται με το ρυθμό μάζας του υδρογόνου.

$$P_{ely}(t) = SPC_{ely} * \dot{m}_{h,ely}(t) \quad 2.4$$

Σύμφωνα με την εξίσωση 2.5, η ισορροπία αποθήκευσης H₂ είναι ως εξής:

$$mh(t) = mh(t - 1) + \dot{m}_{h,ely}(t) \quad 2.5$$

Η αποθήκευση H₂ περιορίζεται από τα ελάχιστα και μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα, εξίσωση 2.6.

$$mh_{ely,min} \leq mh(t) \leq mh_{ely,max} \quad 2.6$$

Συνεπώς, το SPC_{ely} (kWh/kg) θεωρείται ως άθροισμα των ατομικών καταναλώσεων ισχύος του Ηλεκτρολύτη και του συμπιεστή.

Η παραγωγή 1 kg H₂ στους 25 βαθμούς Κελσίου απαιτεί 39,40 kWh δια τον βαθμό απόδοσης του ηλεκτρολύτη. Συνεπώς, απαιτούνται 56,29 kW για τον Ηλεκτρολυτικό.

Η κατανάλωση ενός συμπιεστή είναι 2,38 kWh/kg H₂ για να καταφέρουμε να φτάσουμε τα 700bar όπου και εκεί έχουμε καταλήξει να δουλεύουμε.

Η ανάλυση του κόστους του συστήματος διεξάγεται εκτός του προγράμματος MATLAB (MathWorks, n.d.) που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του καθώς και όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί. Για αυτόν τον λόγο, η επιλογή μεταξύ της ηλεκτροδότησης από αιολική και ηλιακή ενέργεια ή από το δίκτυο βασίστηκε στις απαιτήσεις ισχύος και όχι στο κόστος. Όταν η διαθεσιμότητα ανανεώσιμης ενέργειας είναι χαμηλή, είναι δυνατή η χρήση της ηλεκτροδότησης από το δίκτυο, και την ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές μπορούσε να την πουλήσουμε στον τρέχον διαχειριστή του δικτύου όταν η παραγωγή της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού υπερβούν τη ζήτηση του ηλεκτρολύτη και του ηλεκτρικού φορτίου.

Στη συνέχεια, ορίσαμε το επιτόκιο προεξόφλησης (r) στο 7% και τον πληθωρισμό (inf) στο 2%.

Ο χρόνος ζωής της επένδυσης ορίστηκε στα είκοσι χρόνια. Έτσι, μετά από αυτές τις βασικές μεταβλητές ορίσαμε το αρχικό κόστος κάθε εξαρτήματος καθώς και την ισχύς τους. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσουμε το αρχικό κόστος ήταν ο 2.8.

$$\text{Total_It} = It * \text{Rated} \quad 2.8$$

Όπου το συνολικό κόστος (Total_It) είναι το κόστος σε ευρώ ανά κιλοβάτ ή ανά κιλό (It) επί την ισχύ (Rated). Έπειτα, για τον υπολογισμό της συντήρησης και λειτουργίας του κάθε εξαρτήματος κάναμε χρήση του τύπου 2.9.

$$\text{Camaint} = (It * Per) * \text{Rated} \quad 2.9$$

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας (Camaint) είναι το ποσοστό της αρχικής τιμής (It * Per) ανά κιλοβάτ ή ανά κιλό επί την ισχύς (Rated).

Έπειτα, θέσαμε το χρόνο στα οποία κάθε εξάρτημα θα χρειαστεί αντικατάσταση και υπολογίσαμε πόσες φορές θα χρειαστεί το καθένα αντικατάσταση. Το κόστος αντικατάστασης υπολογίστηκε αρχικά στο μέλλον και μετά το αναγάγαμε στο παρόν. Αυτό έγινε από τον τύπο 2.10 και από τον τύπο 2.11 αντίστοιχα.

$$Prep_future = It * (1 + inf)^{nrep} \quad 2.10$$

Το κόστος αντικατάστασης στο μέλλον ($Prep_future$) είναι ίσο με το κόστος ανά κιλοβατώρα ή ανά κιλό (It) επί το ένα συν το πληθωρισμό (inf) και όλο εις τον χρόνο ζωής ($nrep$).

$$Prep = Prep_future * (1 + r)^{nrep} \quad 2.11$$

Τώρα το κόστος αντικατάστασης στο παρόν ($Prep$) είναι ίσο με το κόστος αντικατάστασης στο μέλλον ($Prep_future$) επί το ένα συν το επιτόκιο προεξόφλησης (r) εις τον χρόνο ζωής ($nrep$). Έτσι, το συνολικό κόστος αντικατάστασης ενός εξαρτήματος βρίσκεται από τον τύπο 2.12.

$$Parep = n_rep * Prep * Rated \quad 2.12$$

Όπου, το συνολικό κόστος αντικατάστασης μιας συσκευής ($Parep$) είναι ο αριθμός αντικατάστασης (n_rep) επί το κόστος αντικατάστασης στο παρόν ($Prep$) επί την ισχύ ή τη μάζα κάθε εξαρτήματος ($Rated$).

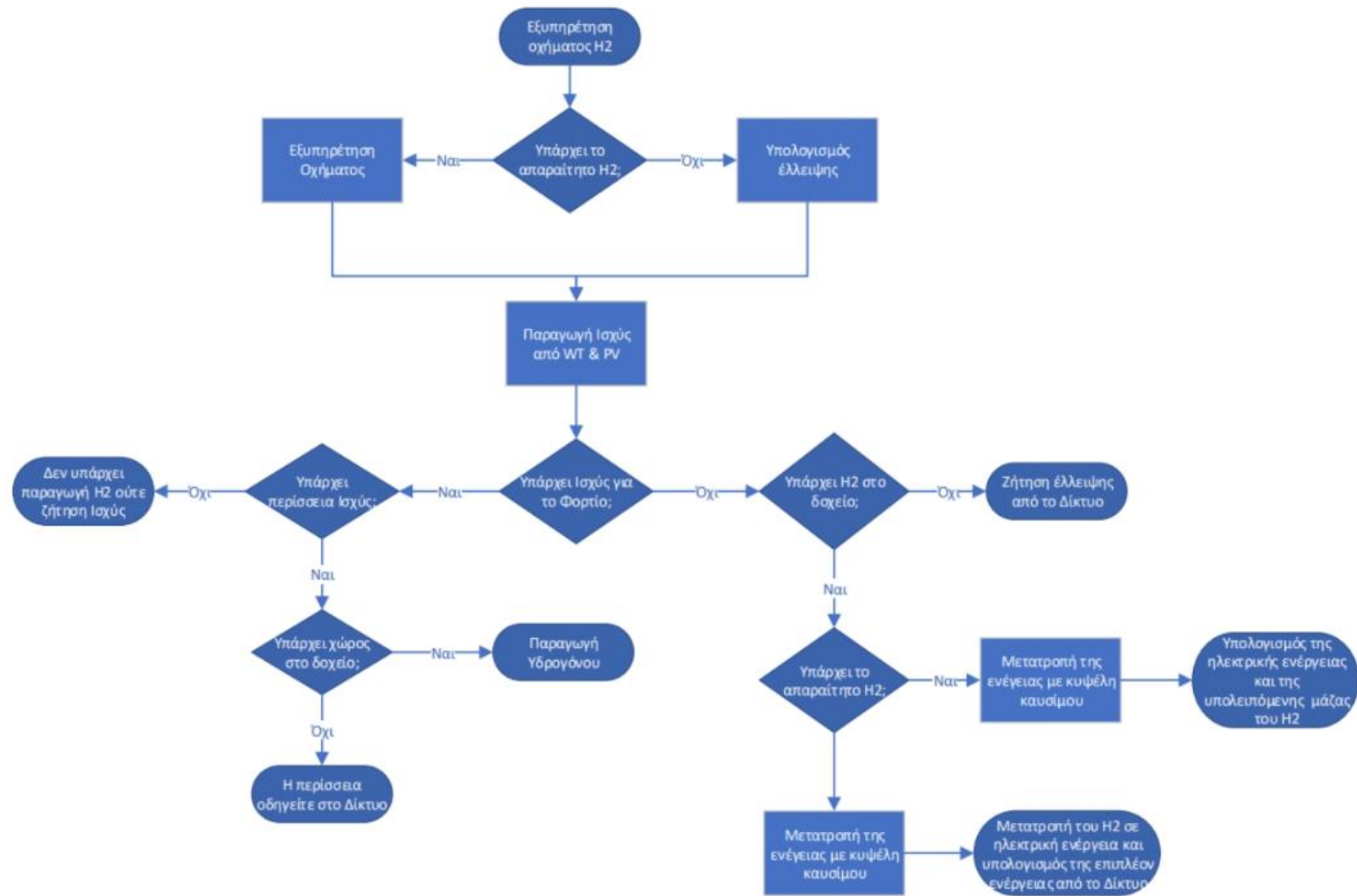
Άρα για να βρούμε το συνολικό κόστος σε ευρώ ανά κιλοβατώρα ακολουθούμε τον τύπο 2.13.

$$LCOE = \frac{\sum Total_It + \sum_1^n \frac{Maintenance+Replacement}{(1+r)^n}}{\sum_1^n \frac{Total_Energy}{(1+r)^n}} \quad 2.13$$

Για να υπολογιστεί το ισοπεδωμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ($LCOE$) θα πρέπει να προσθέσουμε όλα τα αρχικά κόστη ($Total_It$) συν όλα τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας ($Maintenance$) συν τα κόστη αντικατάστασης ($Replacement$) ως προς το ένα συν το επιτόκιο προεξόφλησης (r) και όλο εις το χρόνο ζωής του έργου. Αυτό το τέλος, το διαιρούμε με το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας ($Total_Energy$) ως προς το ένα συν το επιτόκιο προεξόφλησης (r) και όλο εις το χρόνο ζωής του έργου.

2.3 Τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Για την υλοποίηση του αλγορίθμου και την επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού MATLAB. Το διάγραμμα ροής που περιγράφει τον κώδικα φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 2.2. Αρχικά, η ταχύτητα του ανέμου για κάθε χρονική στιγμή ανακτάται μέσω ενός αρχείου Excel, ώστε να υπολογίζεται η ισχύς του ανέμου. Στη συνέχεια, η κατανάλωση φορτίου, η παραγωγή φωτοβολταϊκών και η κατανάλωση ηλεκτρικού αυτοκινήτου ανακτώνται ξανά μέσω αρχείου Excel. Όλα αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κατάλληλες μεταβλητές MATLAB (πίνακες) όπως φαίνεται στον πίνακα 2.2 και έχουν προέρθει από το νησί Σίφνος για το έτος 2020.

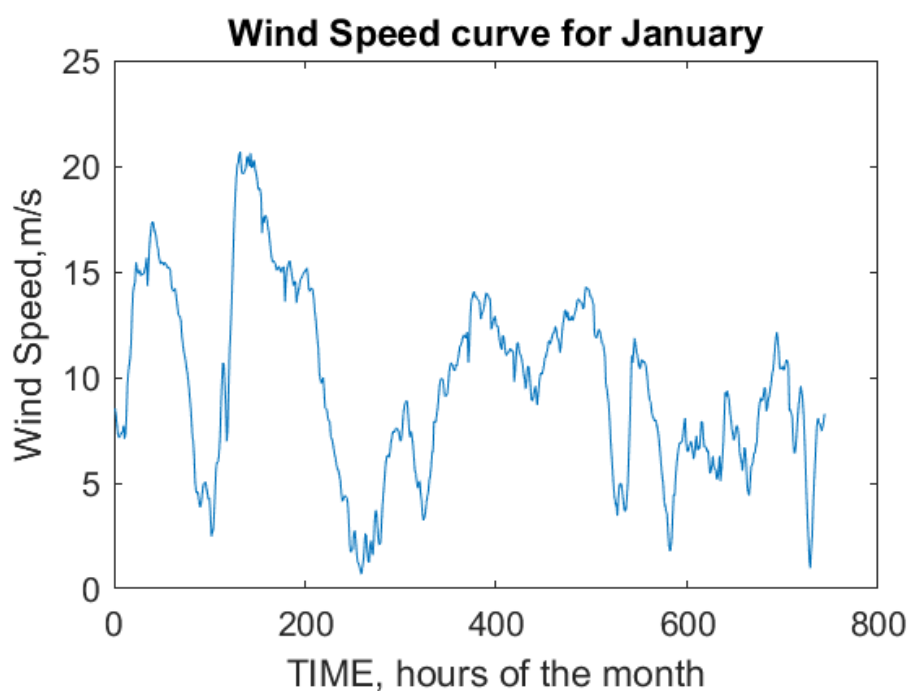


Εικόνα 2.2: Διάγραμμα Ροής

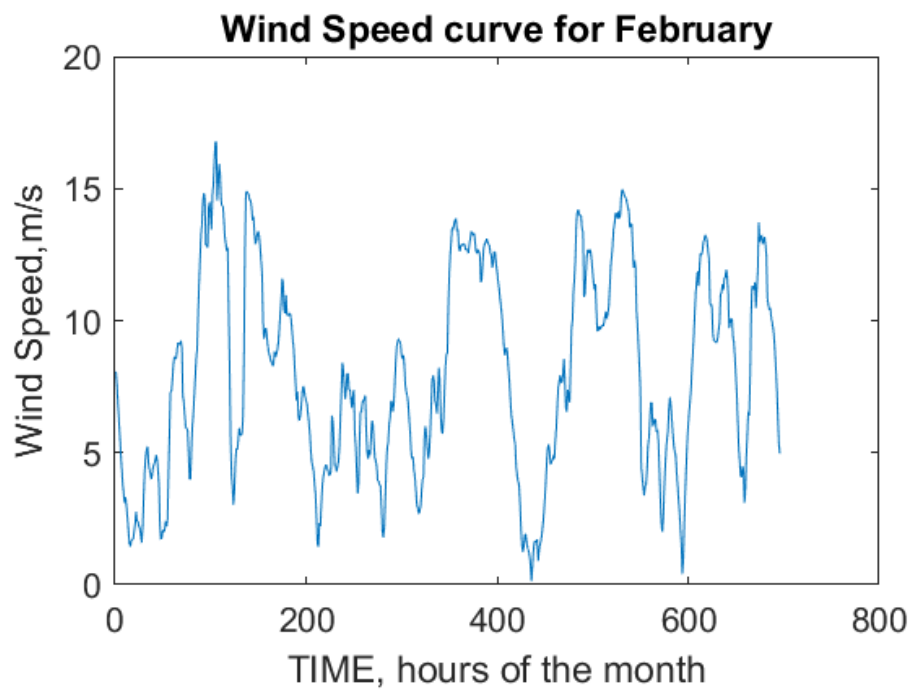
Πίνακας 2.1: Πίνακας Δεδομένων

Μεταβλητές MATLAB	
Παραγωγή Ανεμογεννήτριας (kW)	Pwg
Κατανάλωση Φορτίου (kW)	PLoad
Παραγωγή Φωτοβολταϊκού (kW)	Ppv
Κατανάλωση οχήματος υδρογόνου (kg)	MH2_Consumption
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Κυψέλη Καυσίμου (kW)	FC

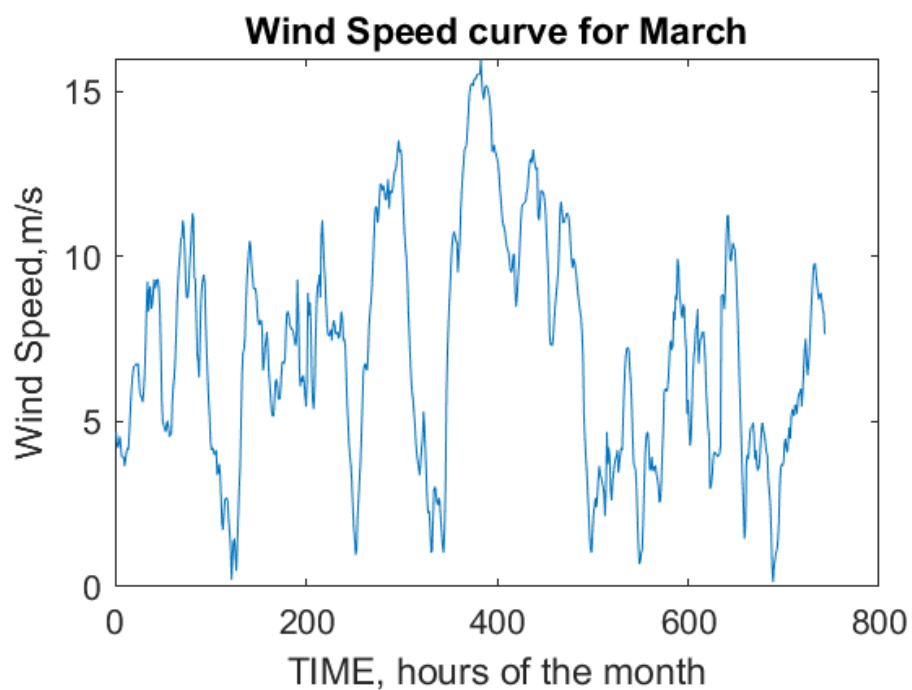
Η συλλογή των δεδομένων έγινε από δύο πηγές, το PVGIS και το Excel. Από το PVGIS συλλέχθηκαν οι ταχύτητες ανέμου για το έτος 2020 από το νησί της Σίφνου και η ισχύς για το Φωτοβολταϊκό πάρκο. Από Excel αρχεία συλλέχθηκε η κατανομή του φορτίου και η κατανάλωση του αυτοκινήτου με χρήση υδρογόνου, τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί για εξαγωγή δημοσιεύσεων[5],[6],[7],[8],[9]. Τα δεδομένα από τα Excel αρχεία ήταν σε εικοσιτετράωρη μορφή για κάθε μήνα παρουσιάζοντας τον μέσο όρο. Επειδή, τα δεδομένα που ανακτήσαμε από το PVGIS ήταν για όλες τις ώρες του χρόνου (8784), μετατρέψαμε και τα δεδομένα από το Excel σε 8784 ώρες προσθέτοντας και αφαιρώντας τυχαία ένα 10% δημιουργώντας έτσι 8784 ώρες που έχει ο χρόνος για το 2020. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω γραφικές.



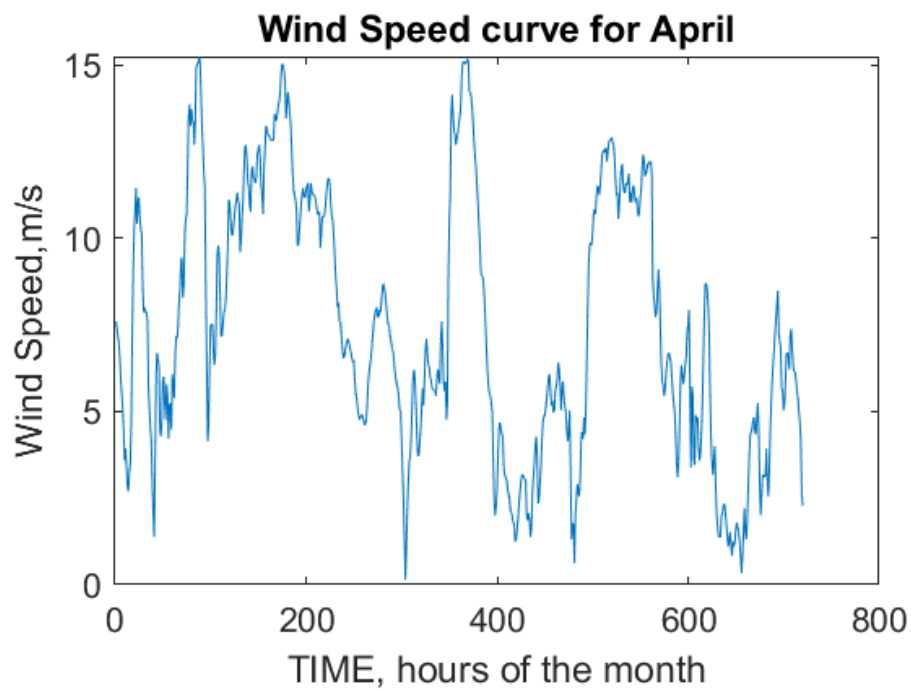
Εικόνα 2.3: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιανουάριο



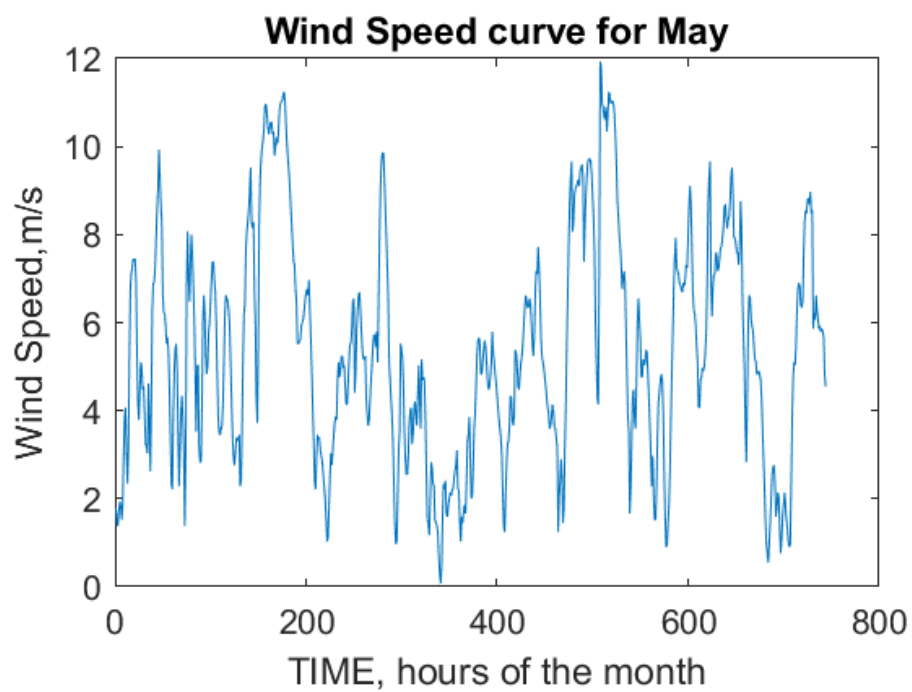
Εικόνα 2.4: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Φεβρουάριο



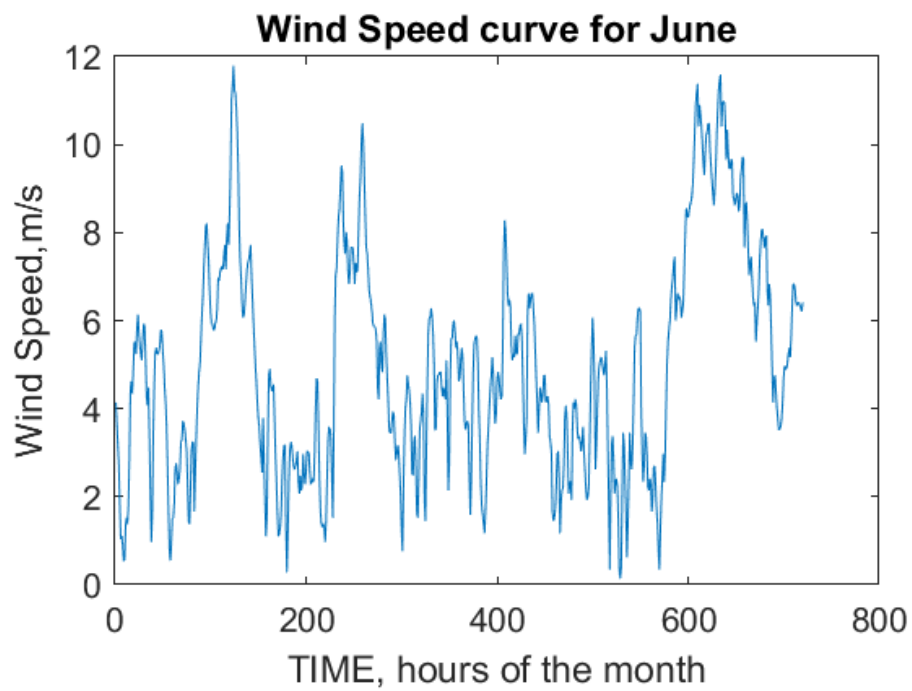
Εικόνα 2.5: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Μάρτιο



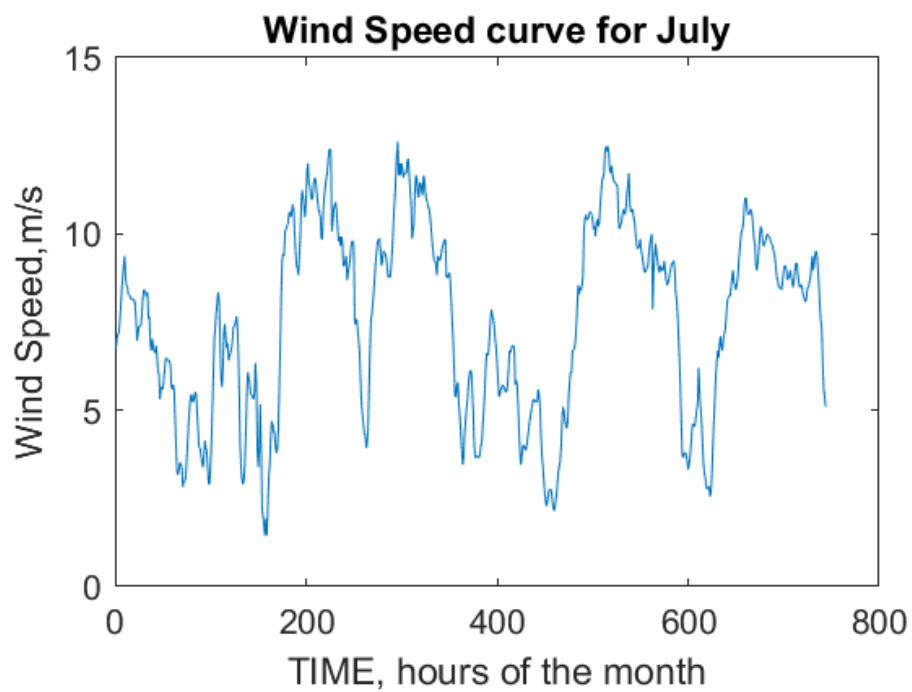
Εικόνα 2.6: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Απρίλιο



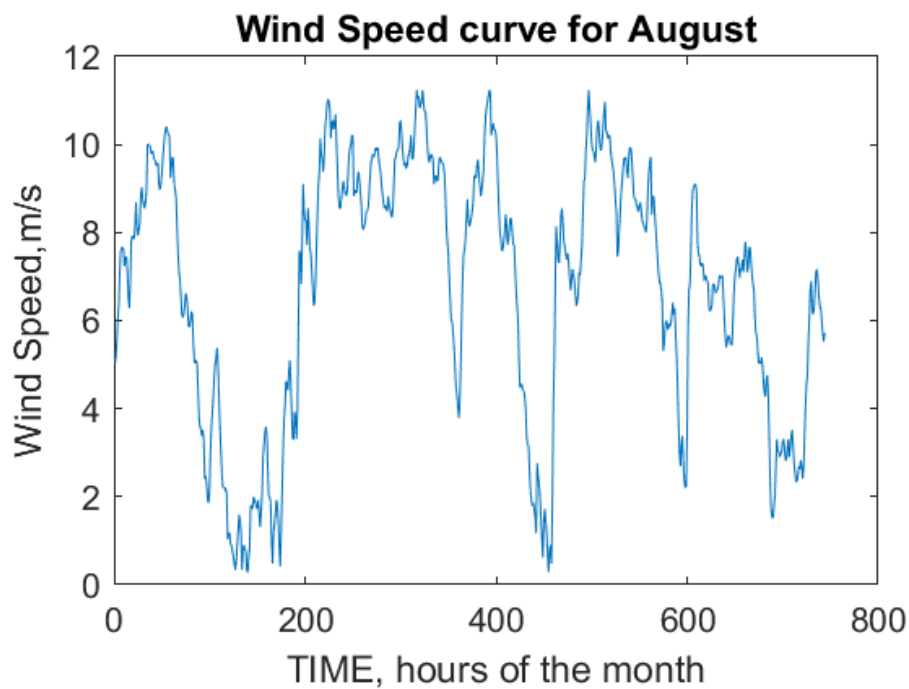
Εικόνα 2.7: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Μάιο



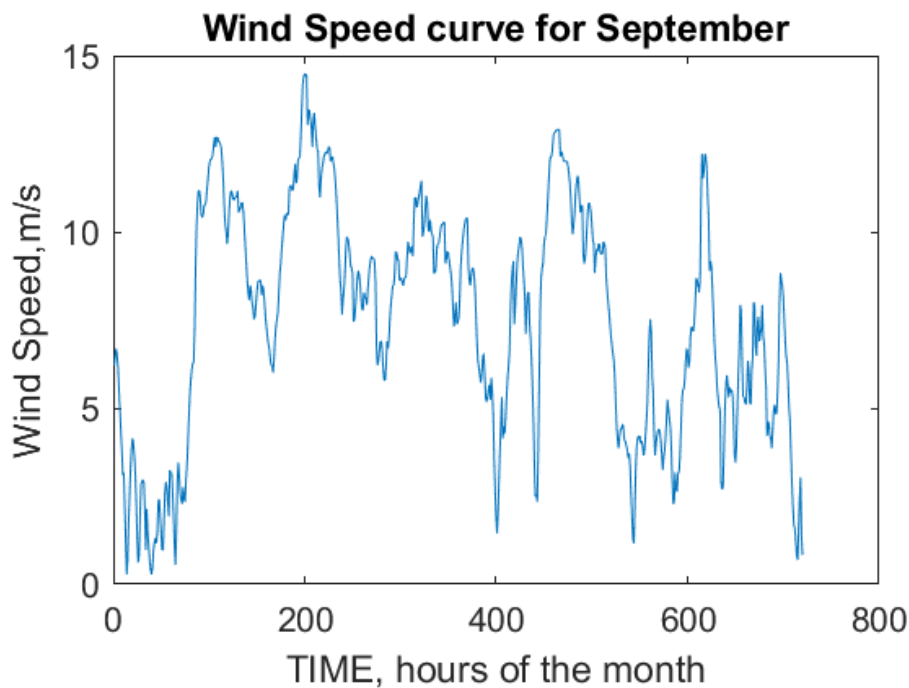
Εικόνα 2.8: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιούνιο



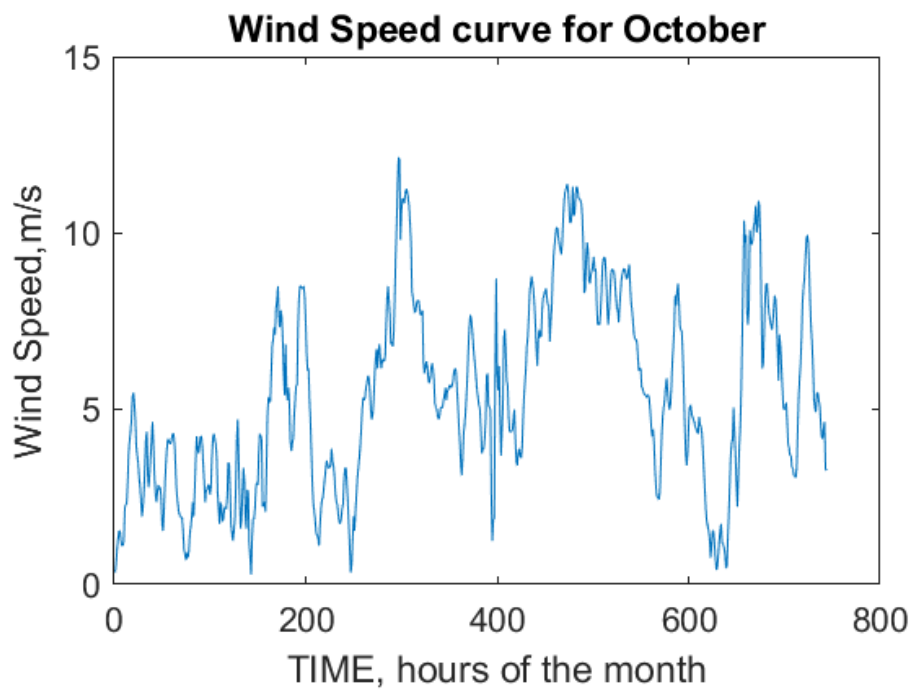
Εικόνα 2.9: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Ιούλιο



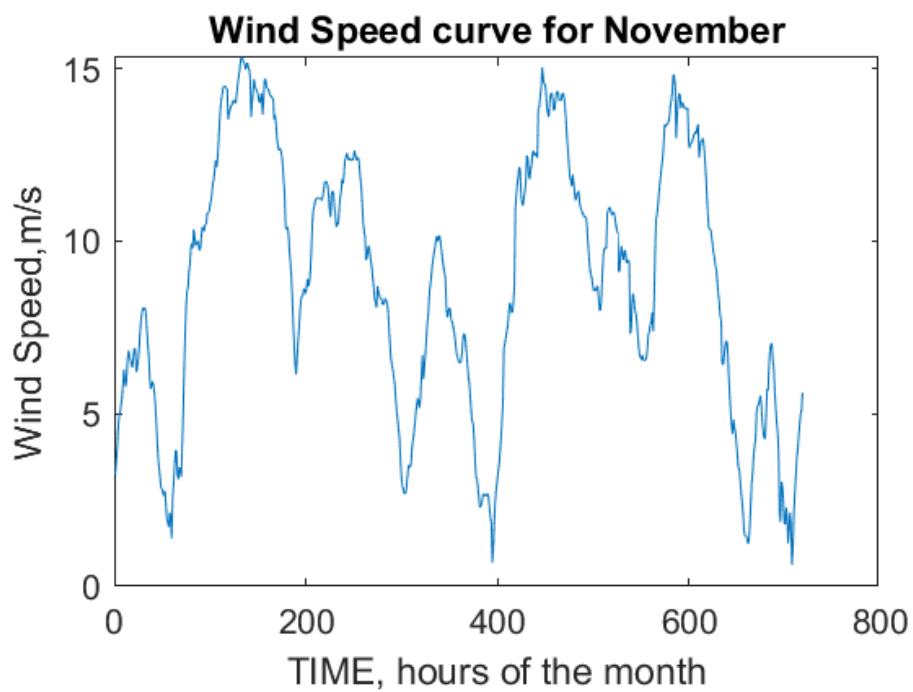
Εικόνα 2.10: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Αύγουστο



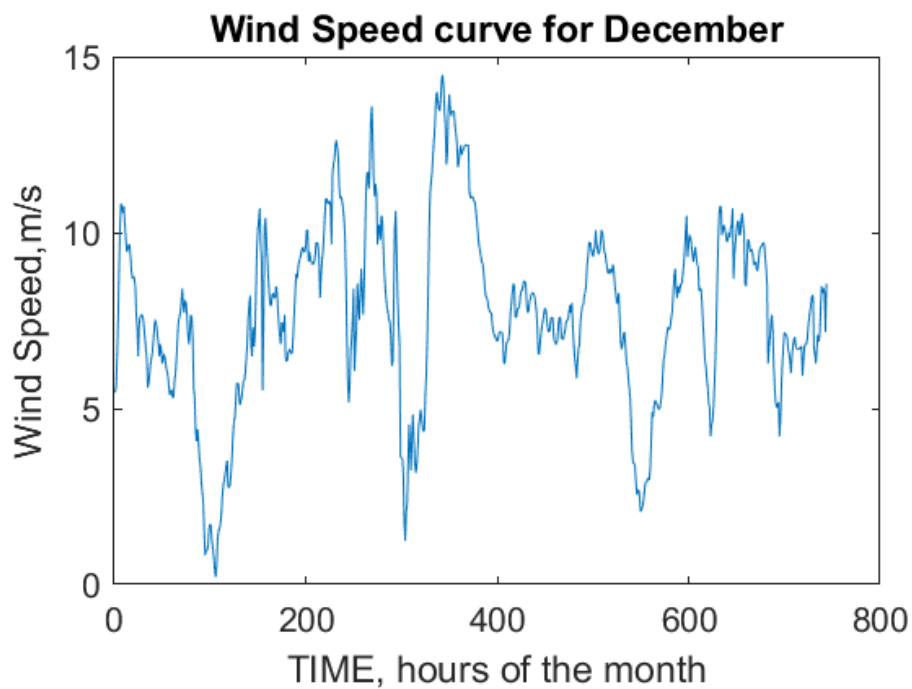
Εικόνα 2.11: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Σεπτέμβριο



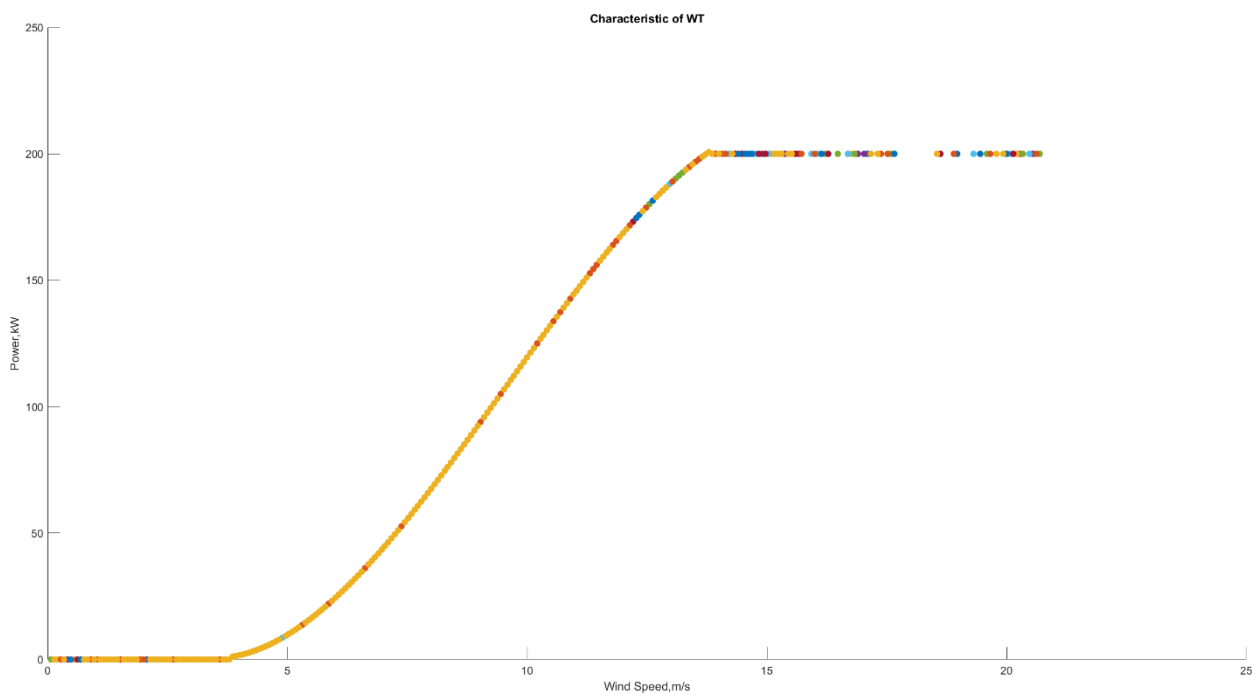
Εικόνα 2.12: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Οκτώβριο



Εικόνα 2.13: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Νοέμβριο

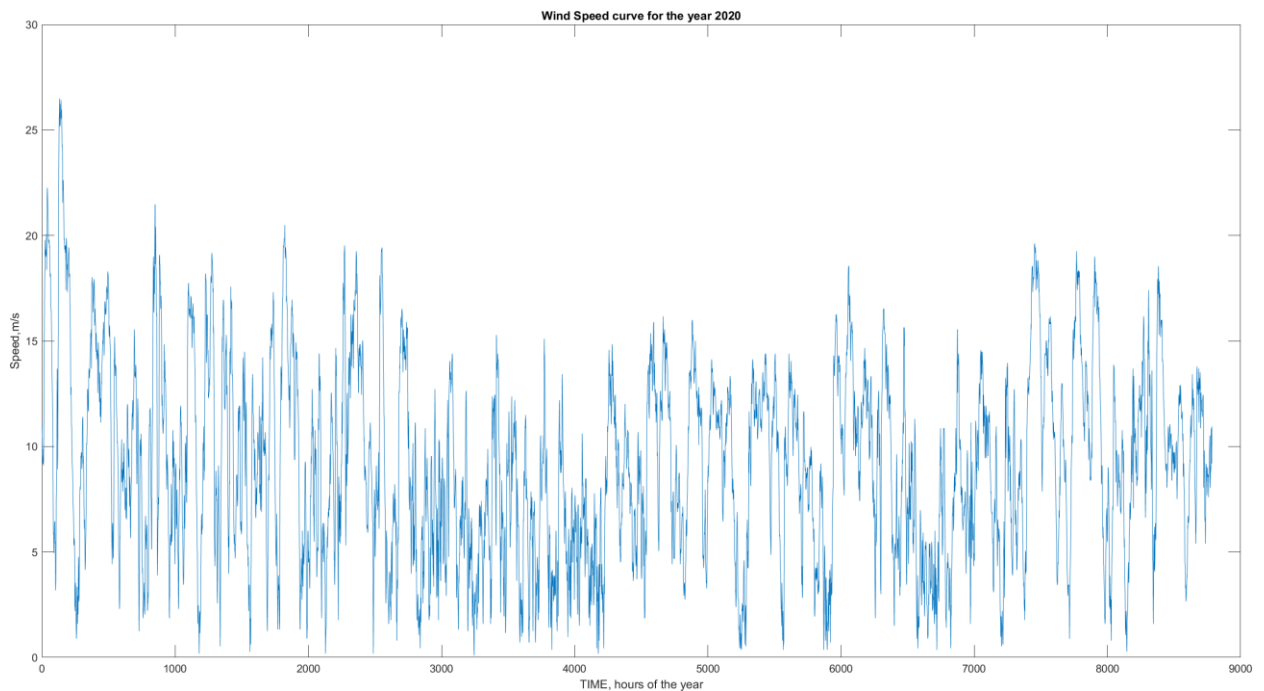


Εικόνα 2.14: Ταχύτητα ανέμου για το μήνα Δεκέμβριο

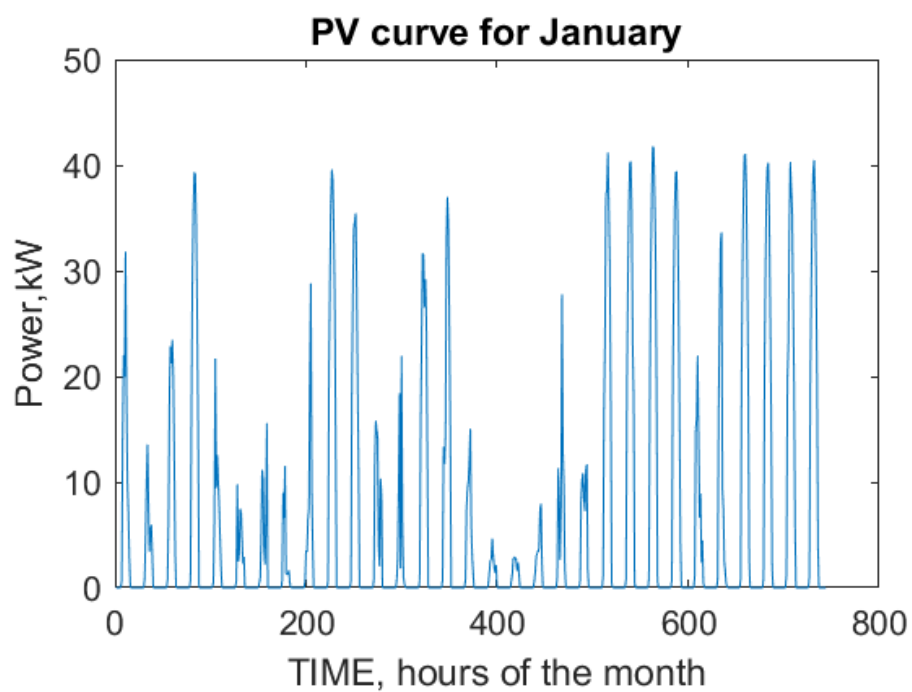


Εικόνα 2.15: Χαρακτηριστική της ανεμογεννήτριας

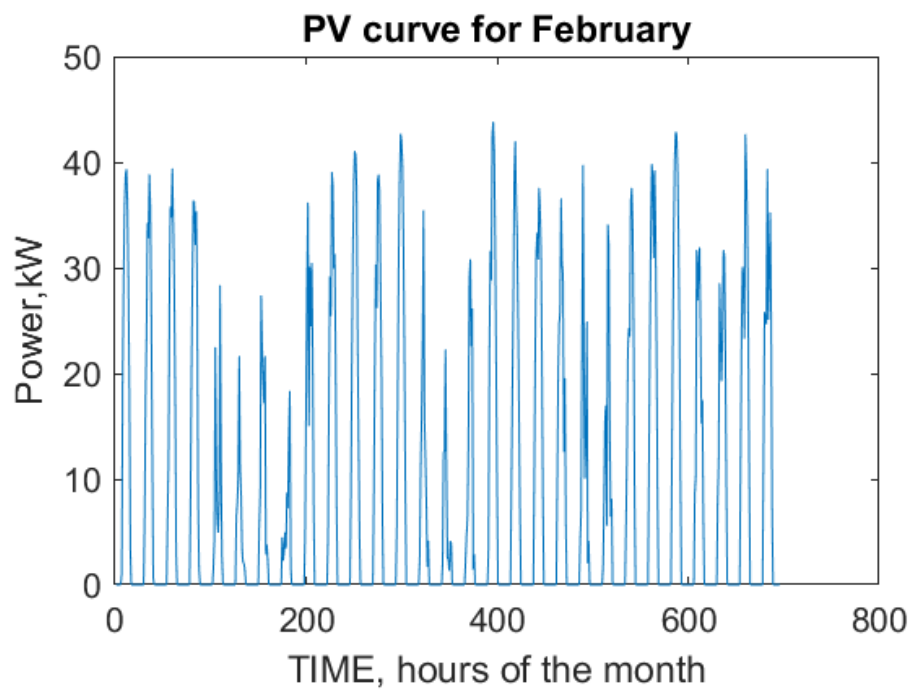
Η χαρακτηριστική εξίσωση προέκυψε από το φύλλο δεδομένων (Datasheet) του κατασκευαστή. Όπου με την βοήθεια ενός Excel παράχθηκε η εξίσωση της ανεμογεννήτριας.



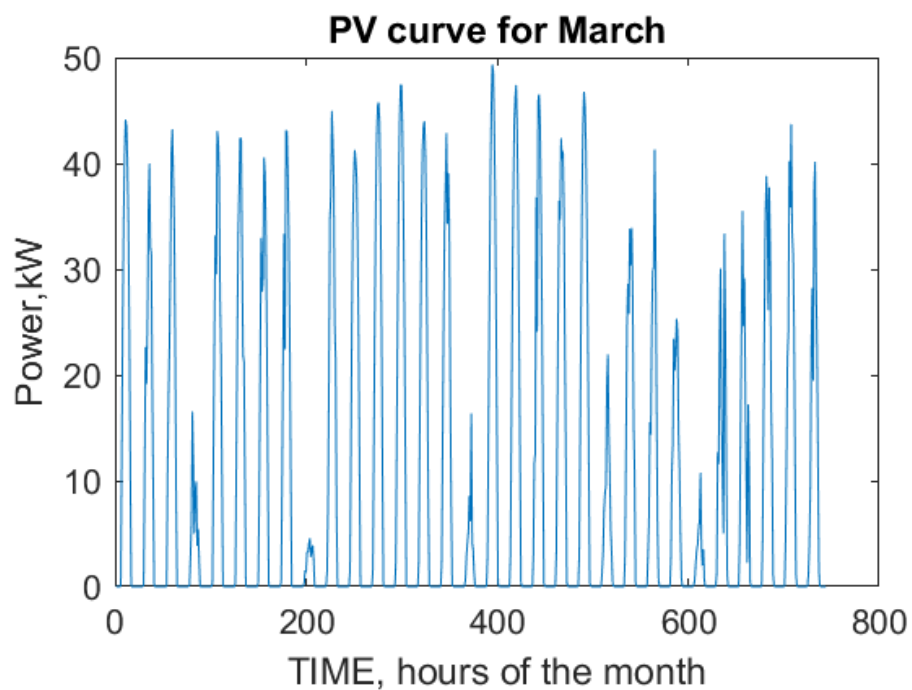
Εικόνα 2.16: Ετήσια κατανομή της ταχύτητας του αέρα



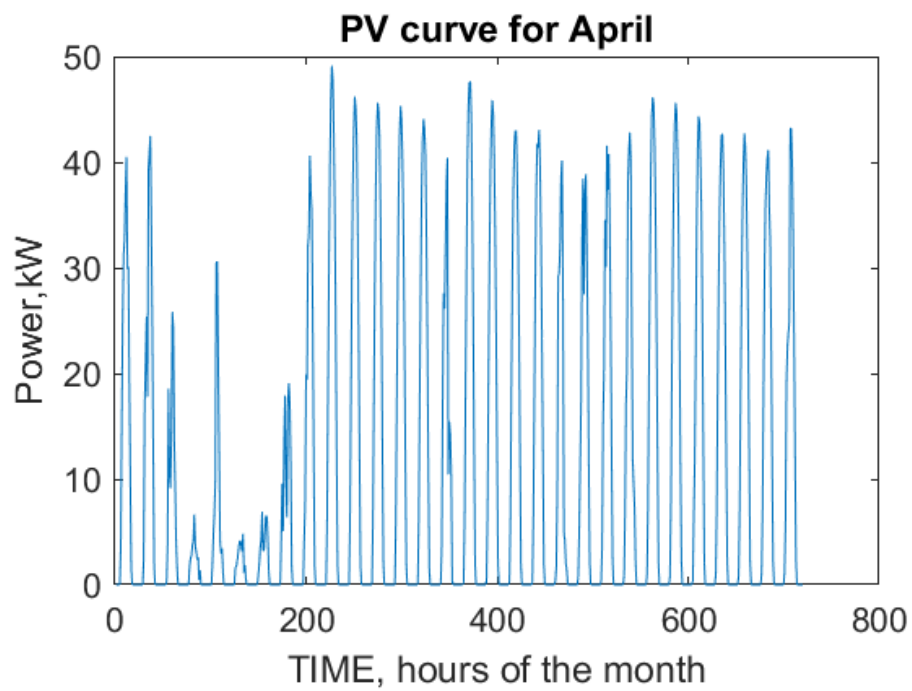
Εικόνα 2.17: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιανουάριο



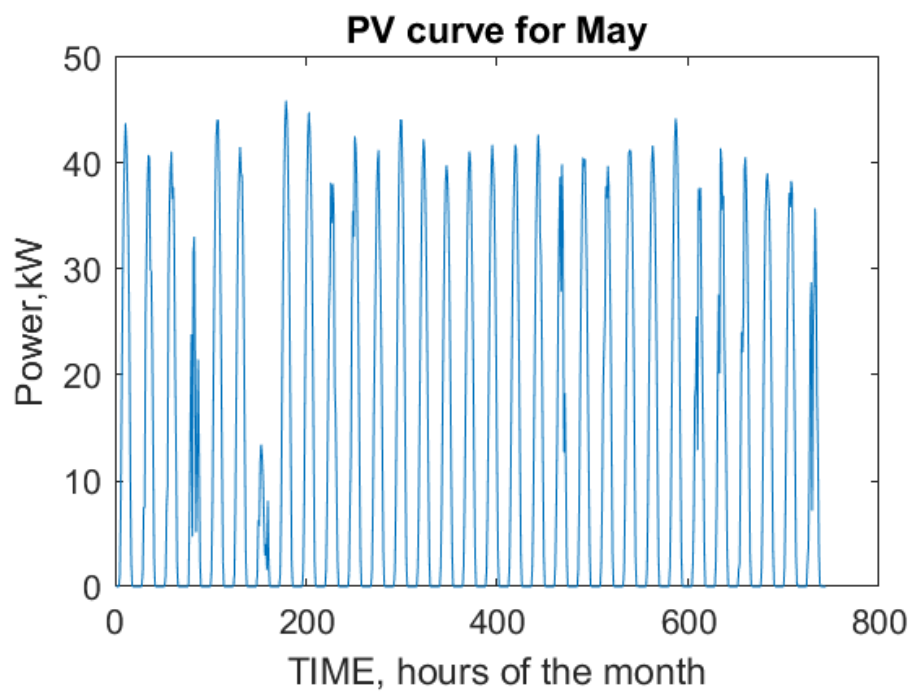
Εικόνα 2.18: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Φεβρουάριο



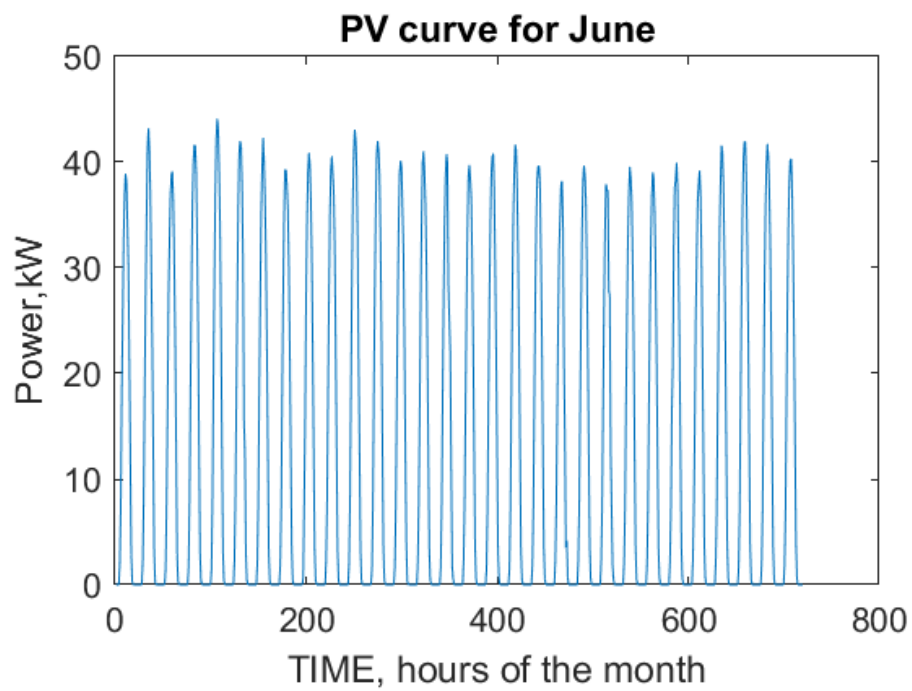
Εικόνα 2.19: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Μάρτιο



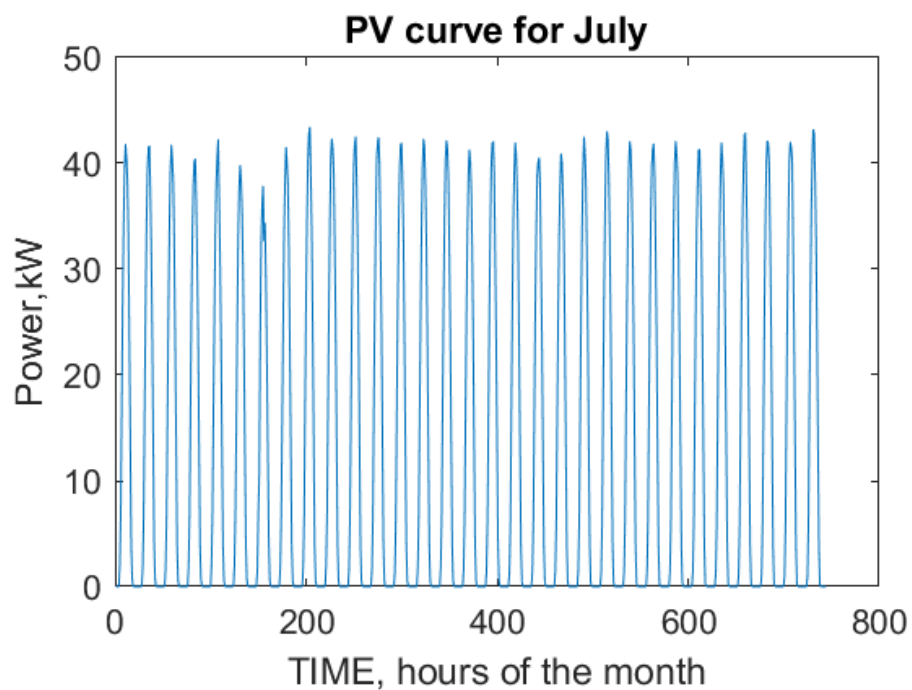
Εικόνα 2.20: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Απρίλιο



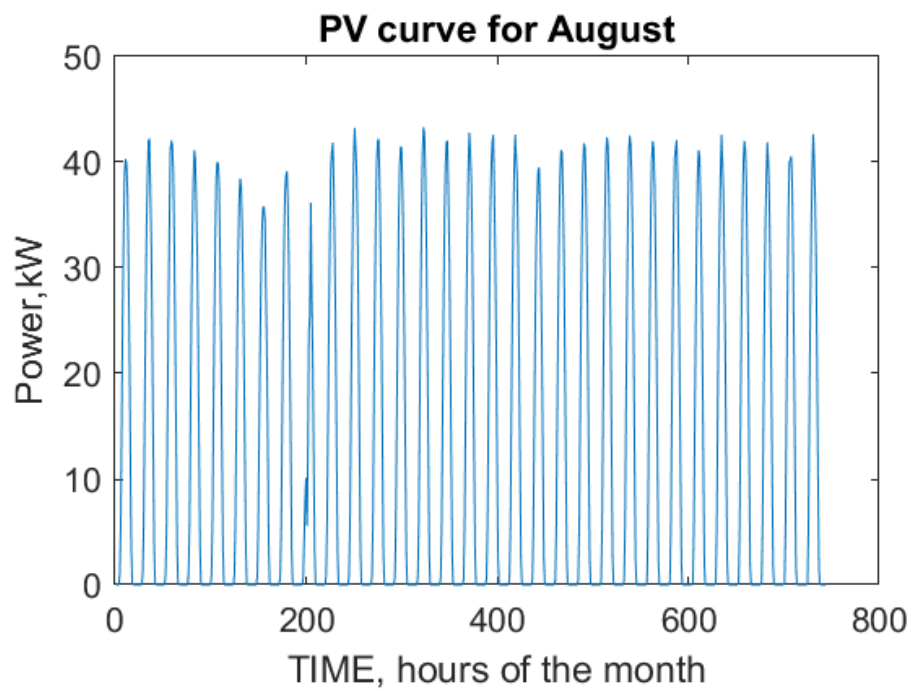
Εικόνα 2.21: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Μάιο



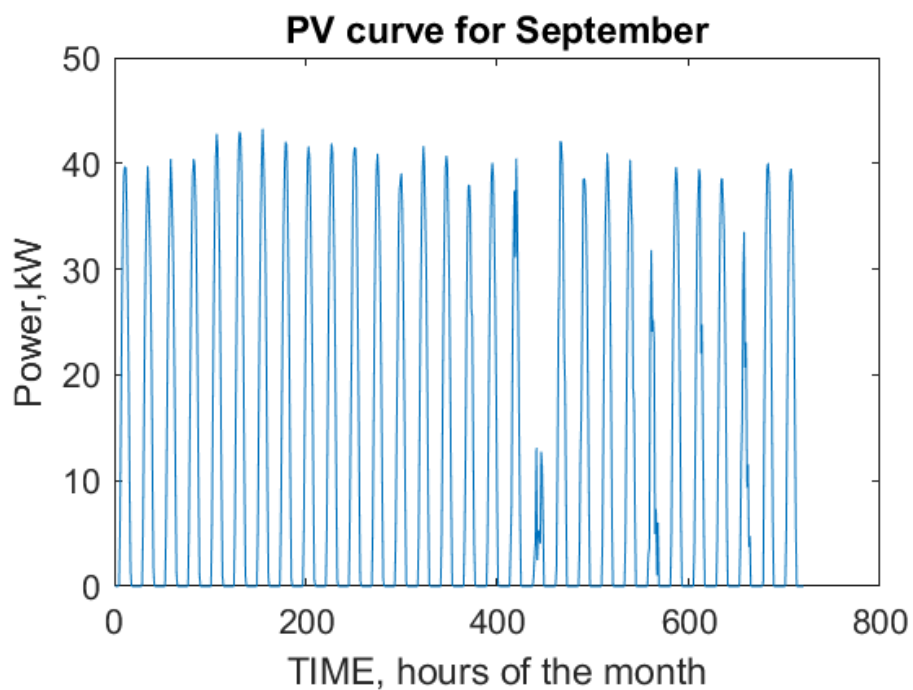
Εικόνα 2.22: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιούνιο



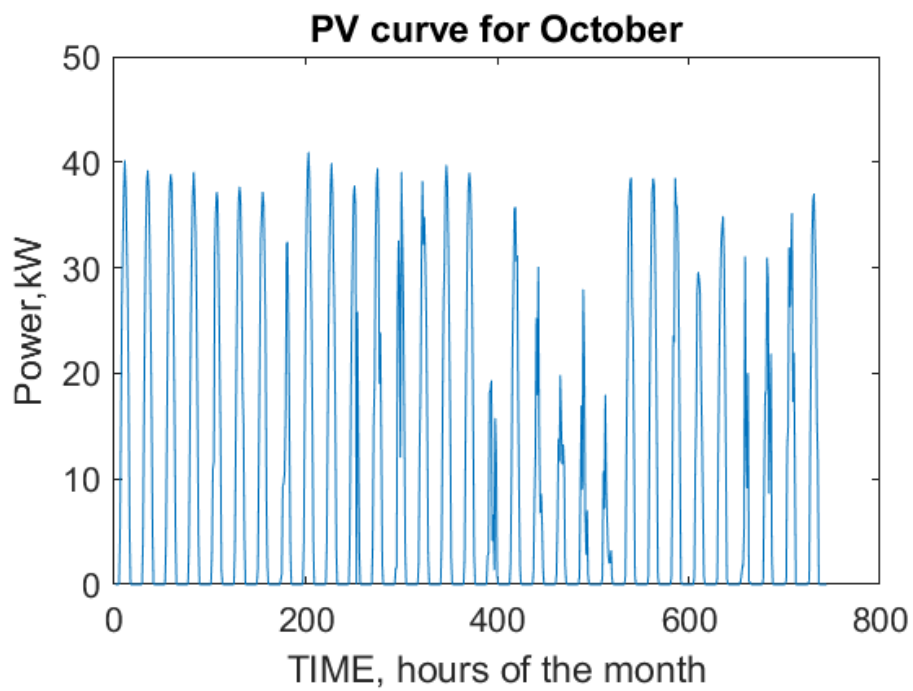
Εικόνα 2.23: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Ιούλιο



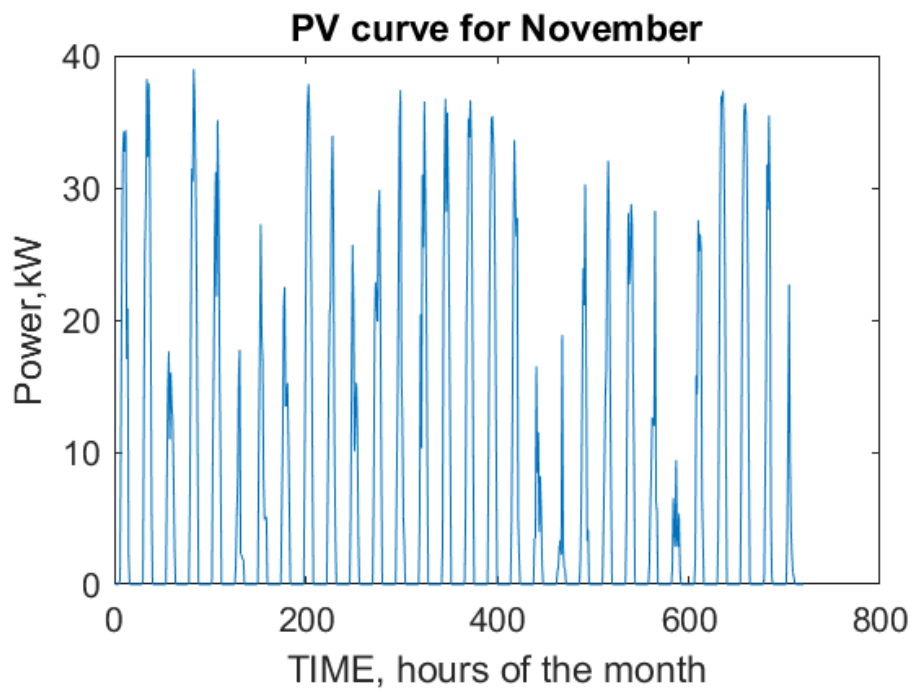
Εικόνα 2.24: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Αύγουστο



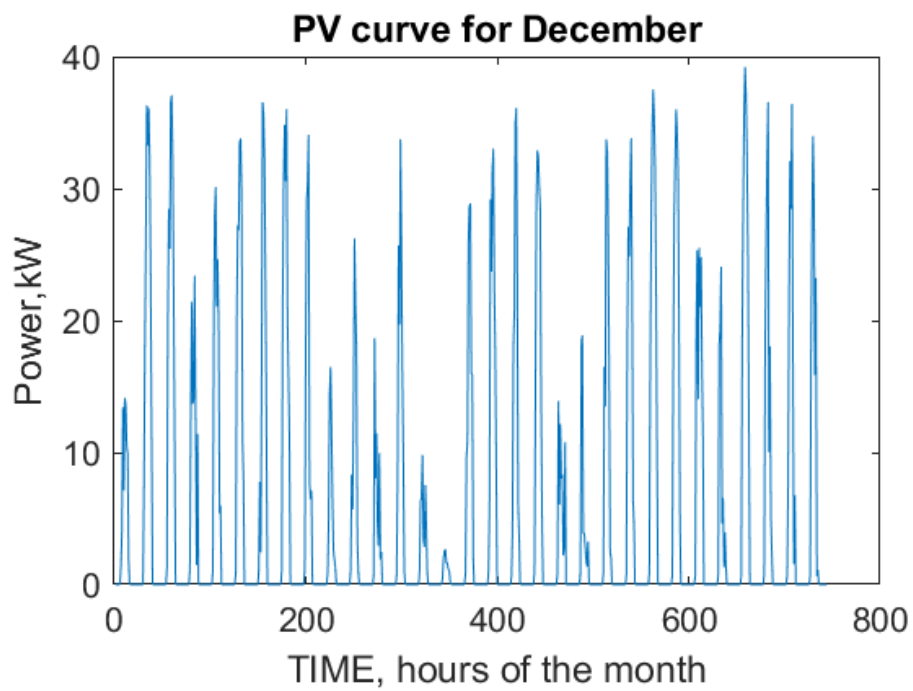
Εικόνα 2.25: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Σεπτέμβριο



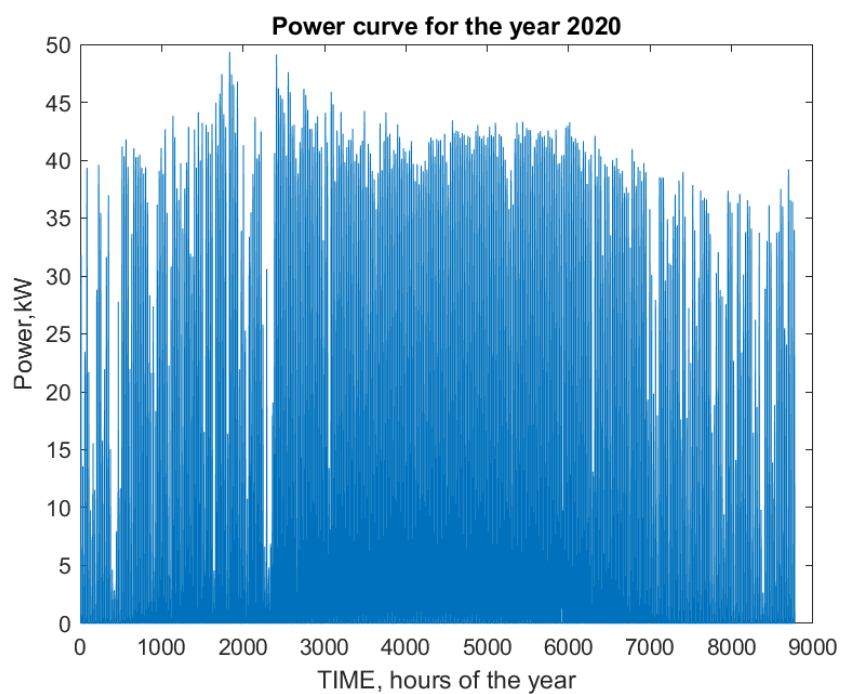
Εικόνα 2.26: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Οκτώβριο



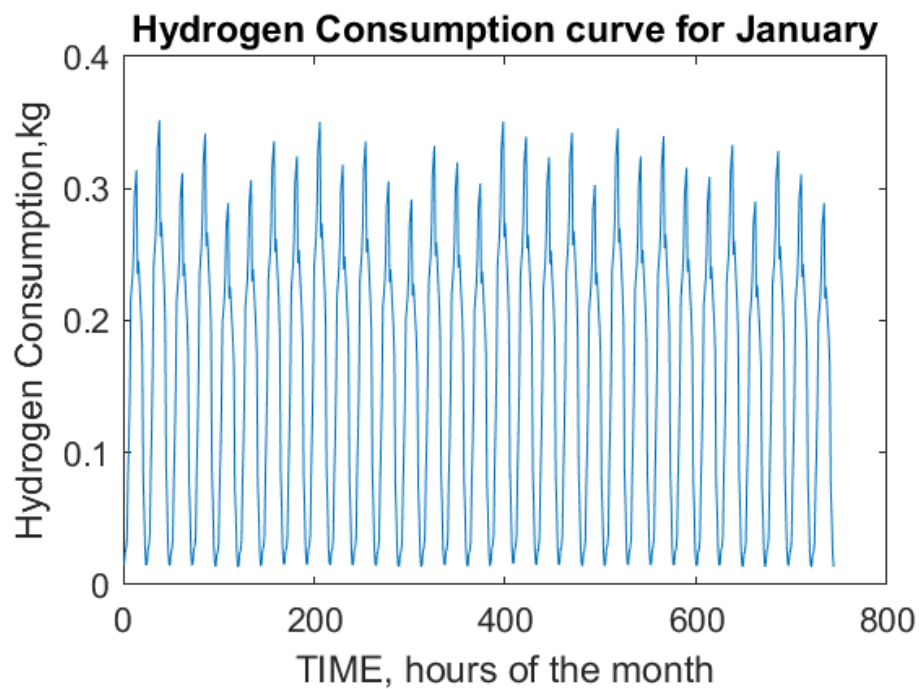
Εικόνα 2.27: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Νοέμβριο



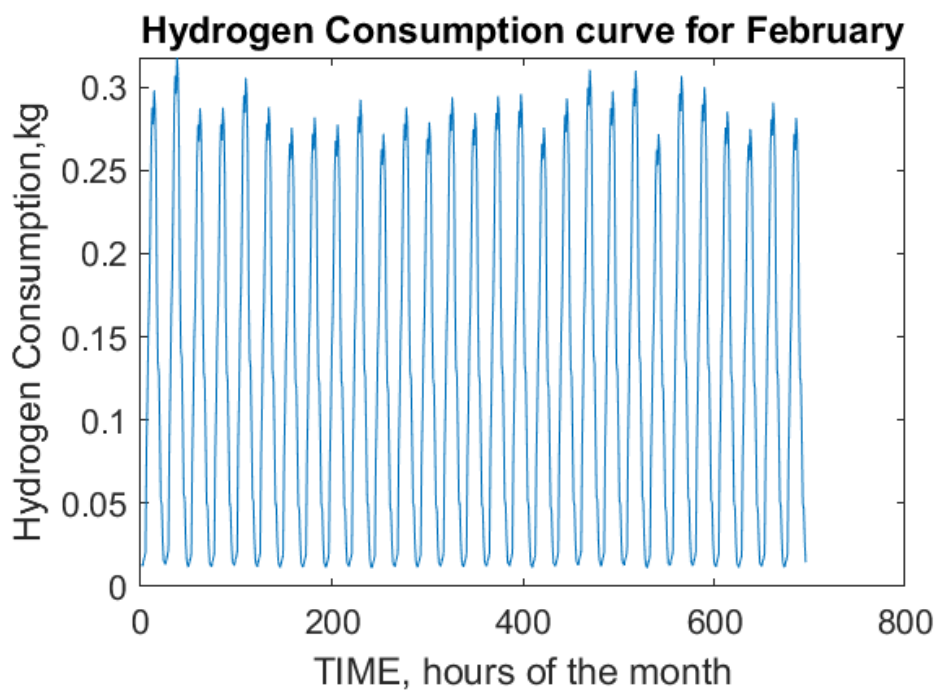
Εικόνα 2.28: Φωτοβολταϊκή παραγωγή για το μήνα Δεκέμβριο



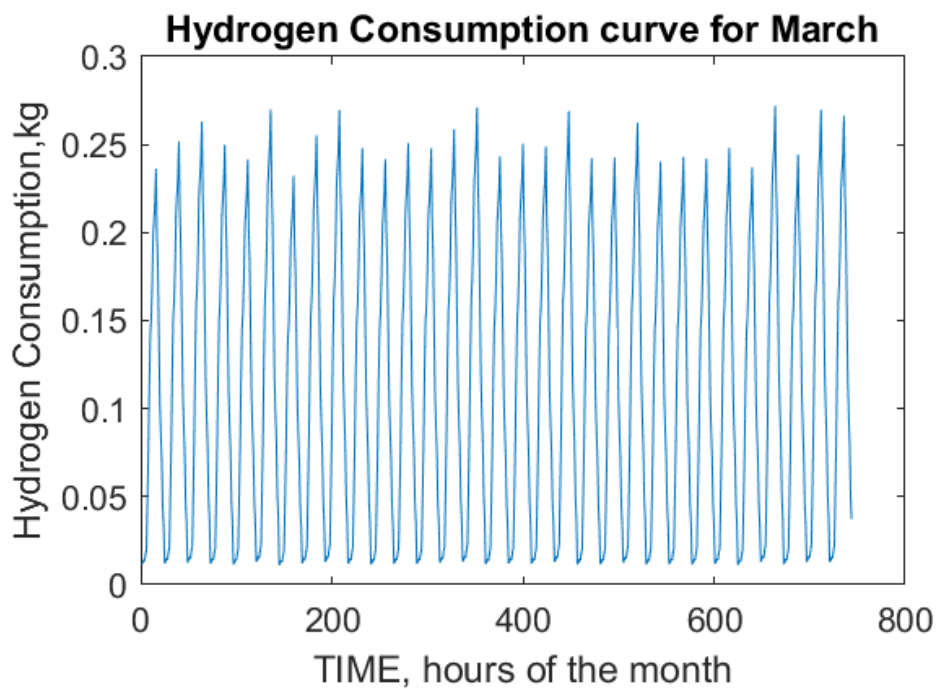
Εικόνα 2.29: Ετήσια παραγωγή Φωτοβολταϊκών



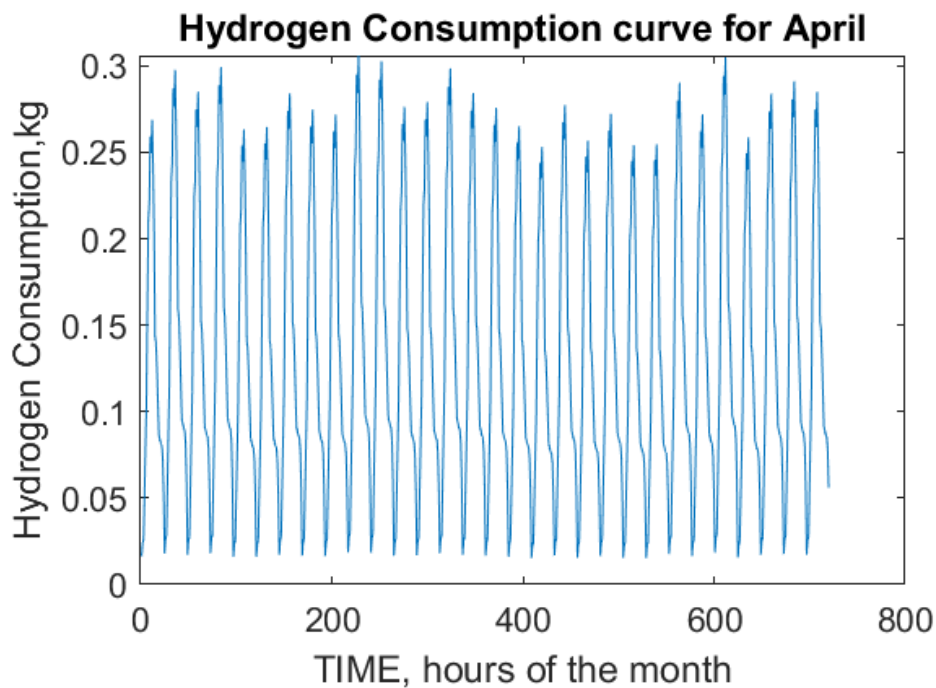
Εικόνα 2.30: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιανουάριο



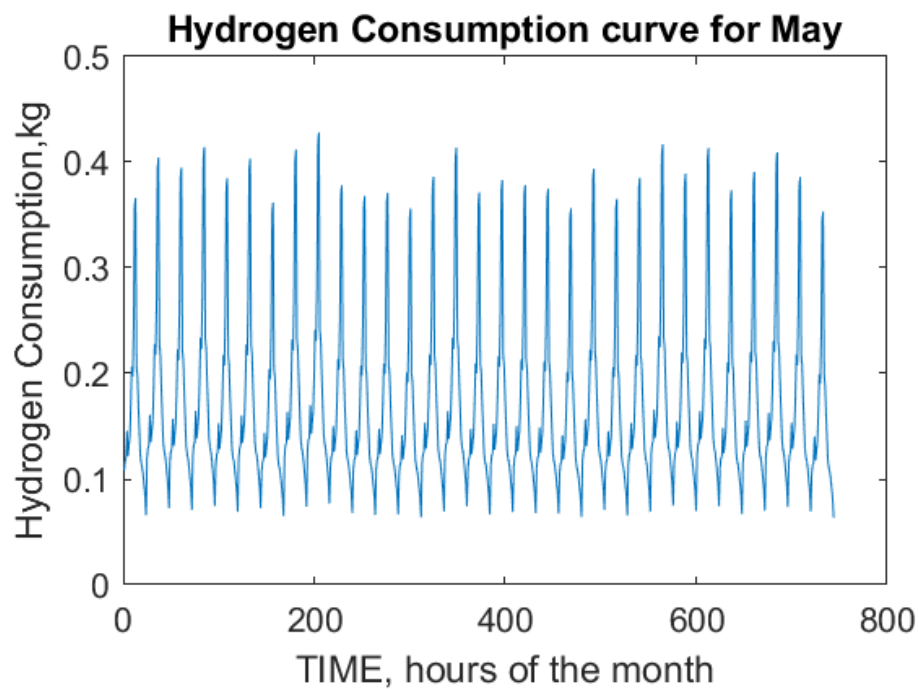
Εικόνα 2.31: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Φεβρουάριο



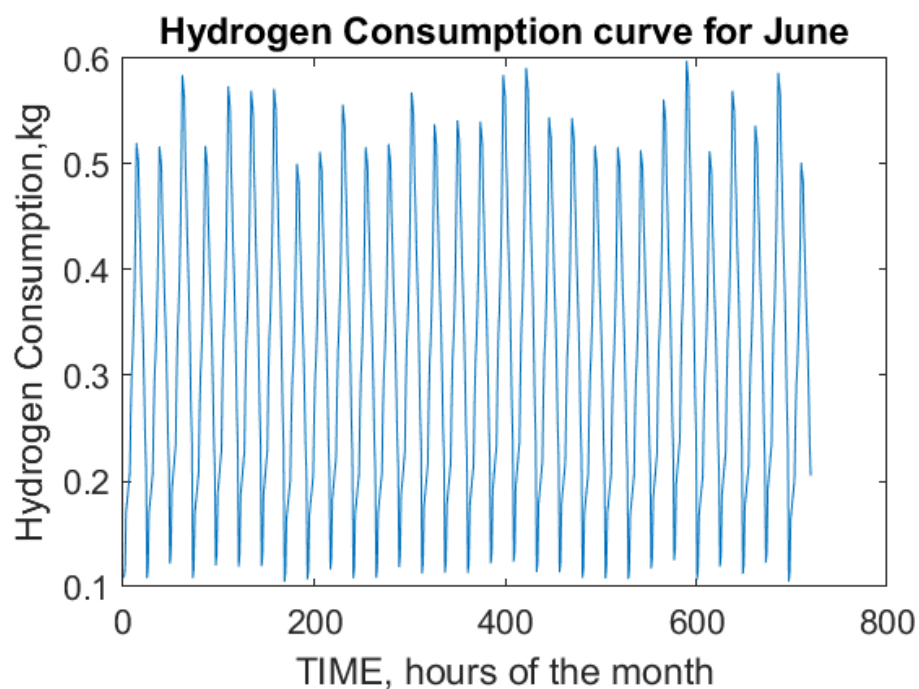
Εικόνα 2.32: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Μάρτιο



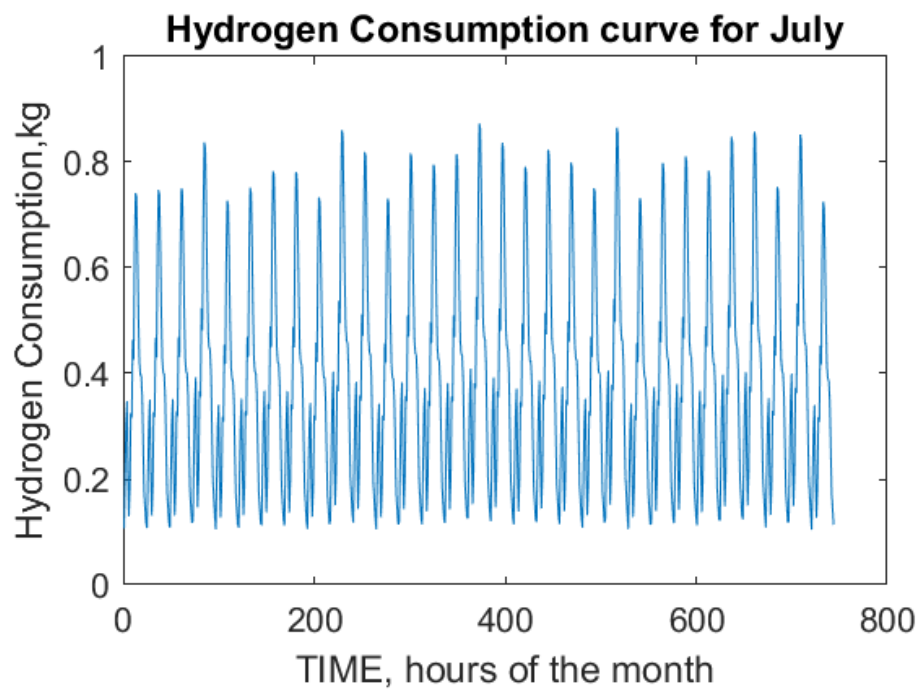
Εικόνα 2.33: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Απρίλιο



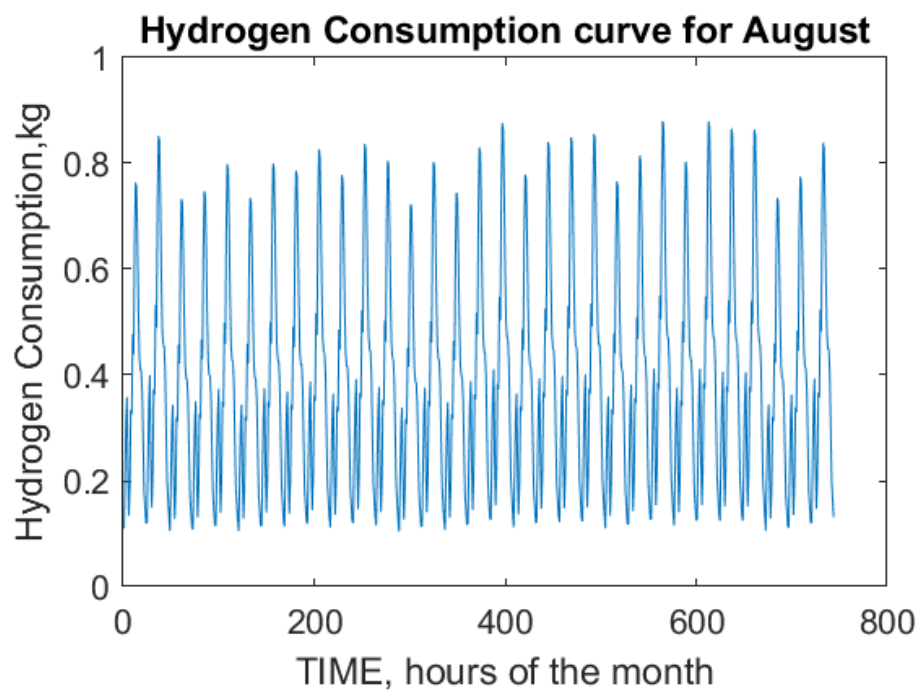
Εικόνα 2.34: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Μάιο



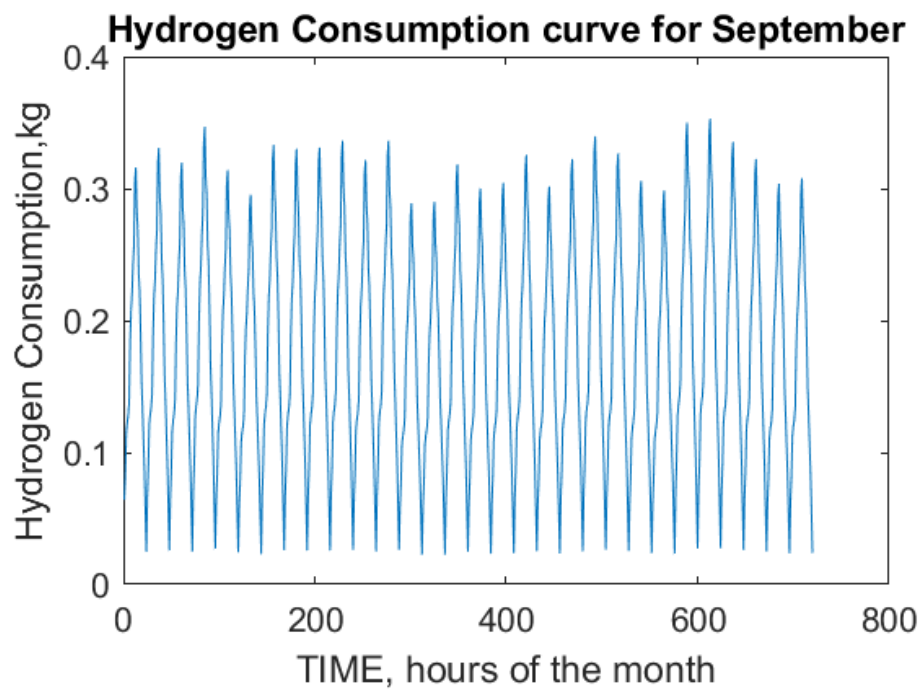
Εικόνα 2.35: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιούνιο



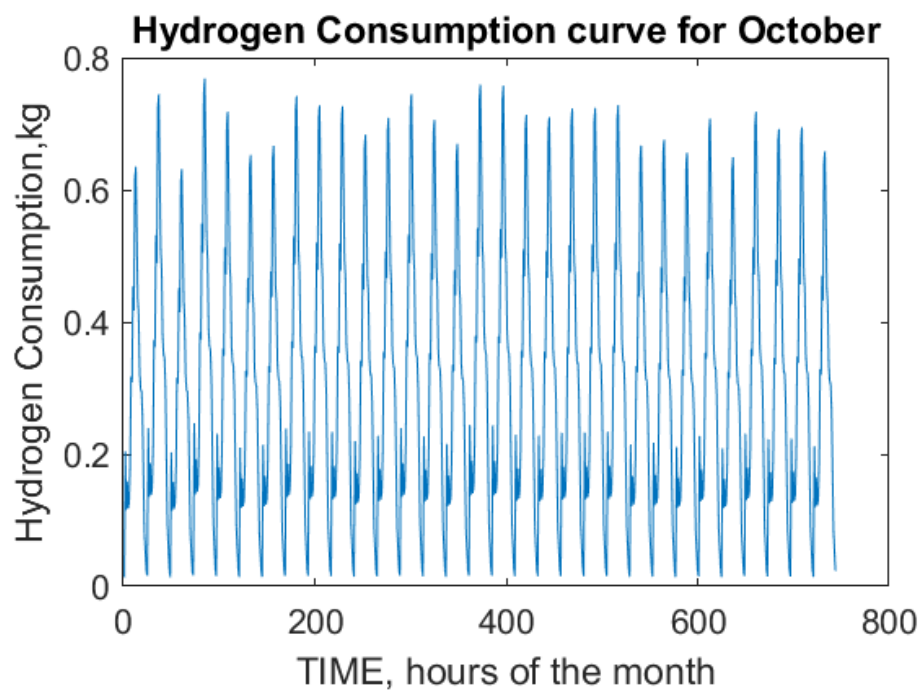
Εικόνα 2.36: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Ιούλιο



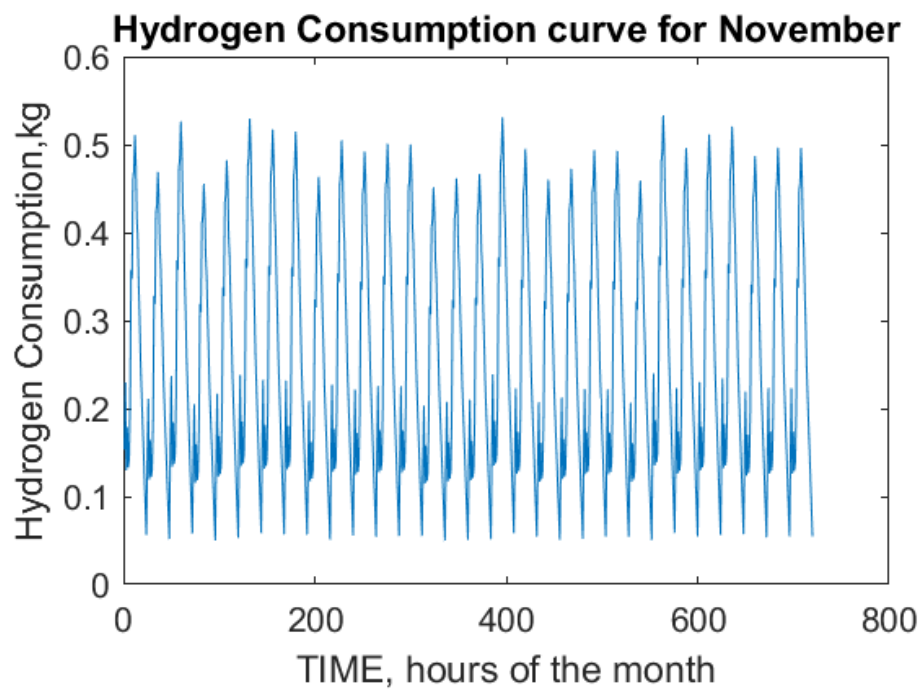
Εικόνα 2.37: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Αύγουστο



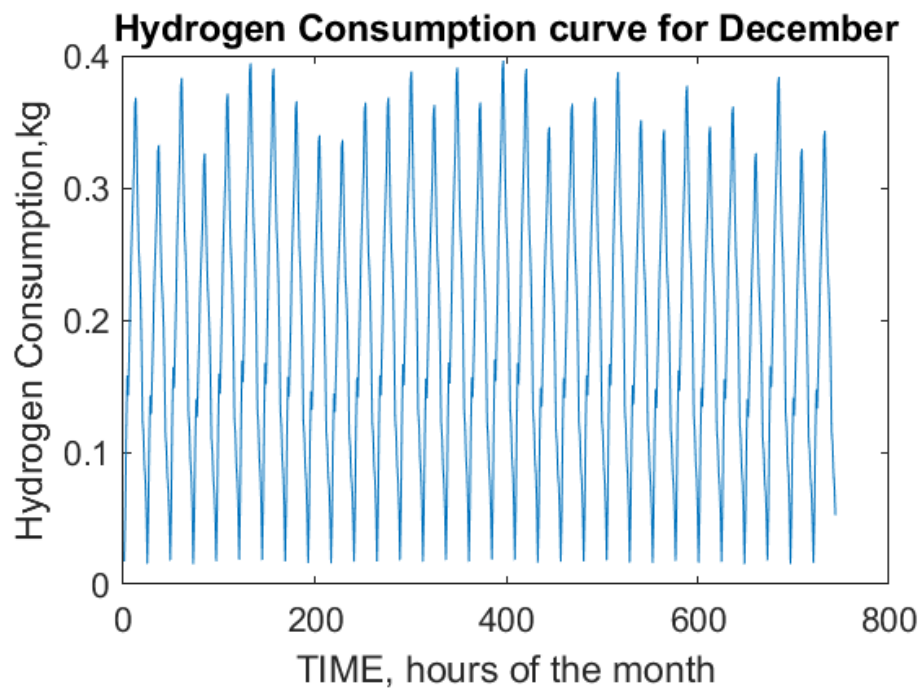
Εικόνα 2.38: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Σεπτέμβριο



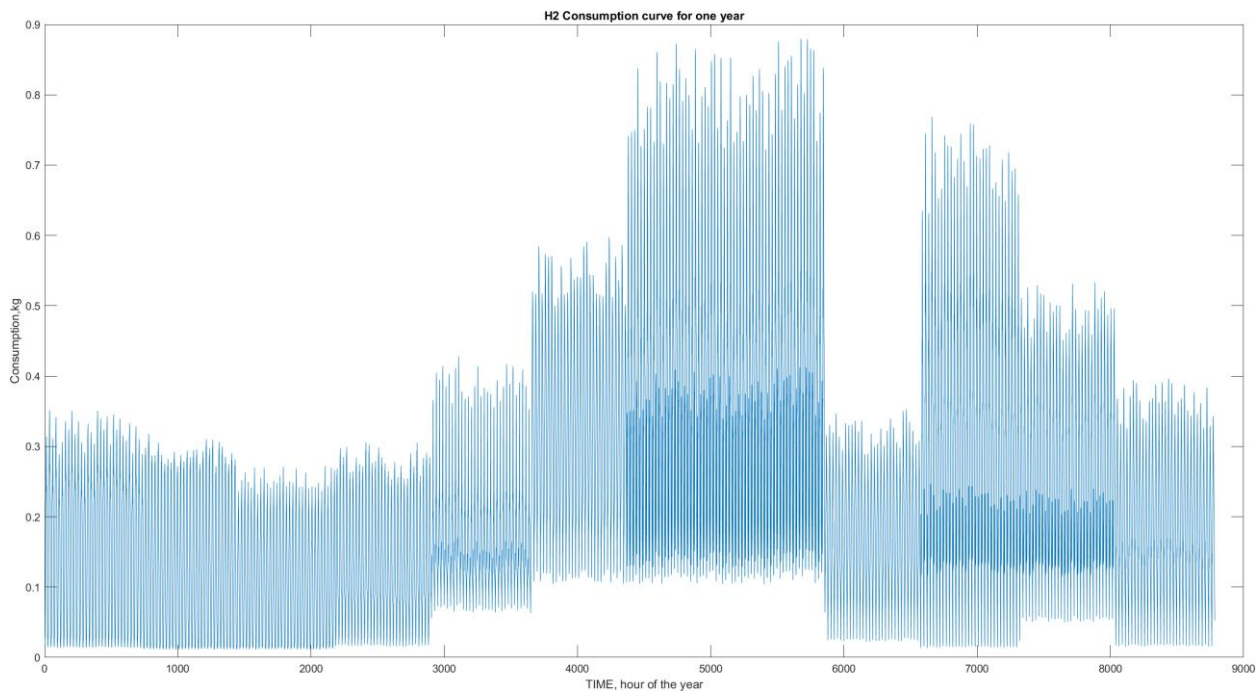
Εικόνα 2.39: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Οκτώβριο



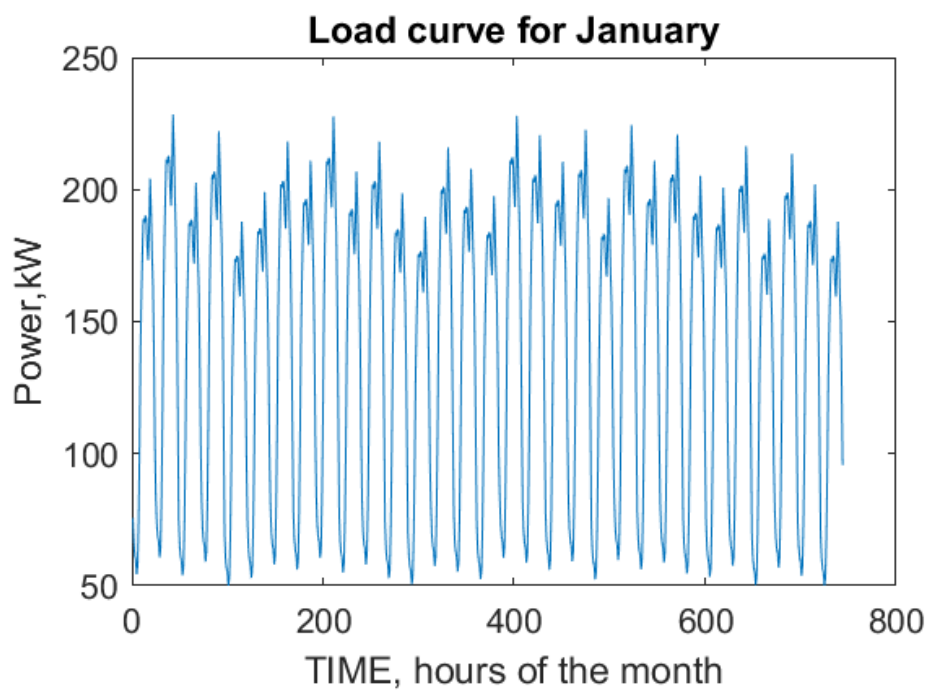
Εικόνα 2.40: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Νοέμβριο



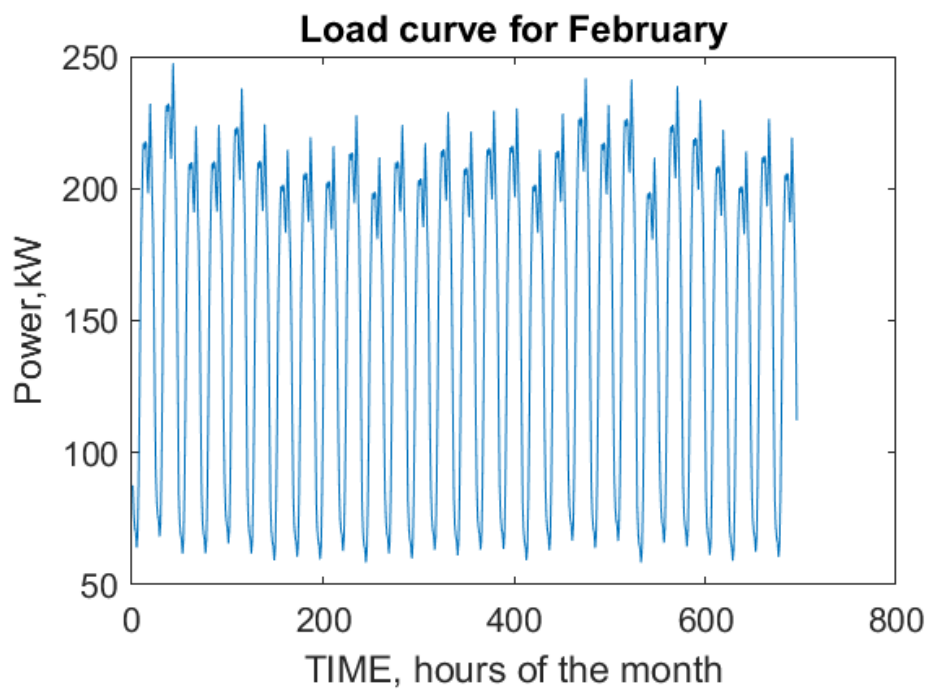
Εικόνα 2.41: Κατανάλωση υδρογόνου για το μήνα Δεκέμβριο



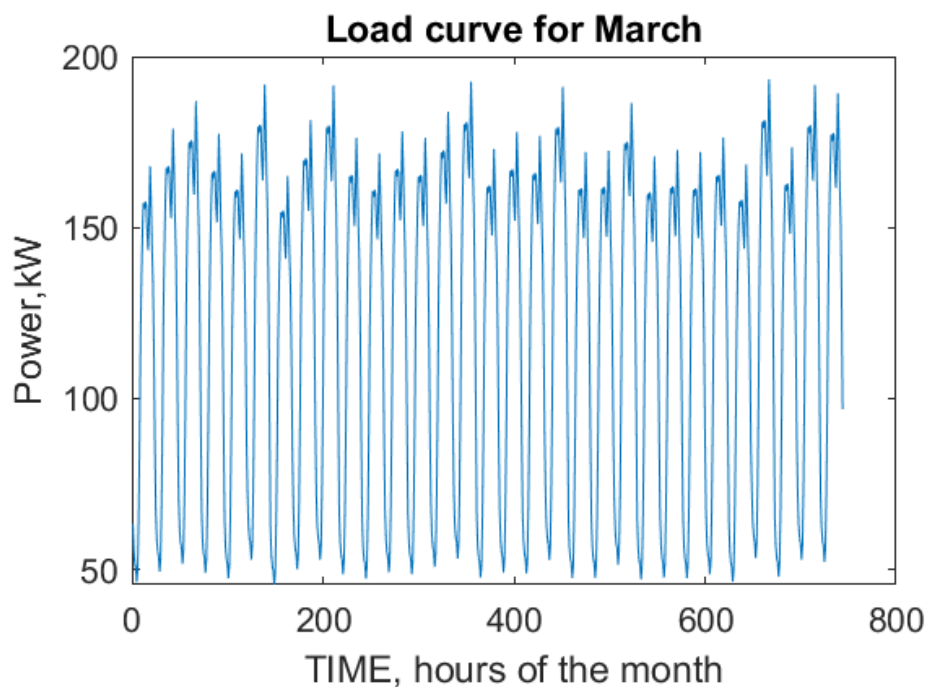
Εικόνα 2.42: Ετήσια κατανάλωση υδρογόνου



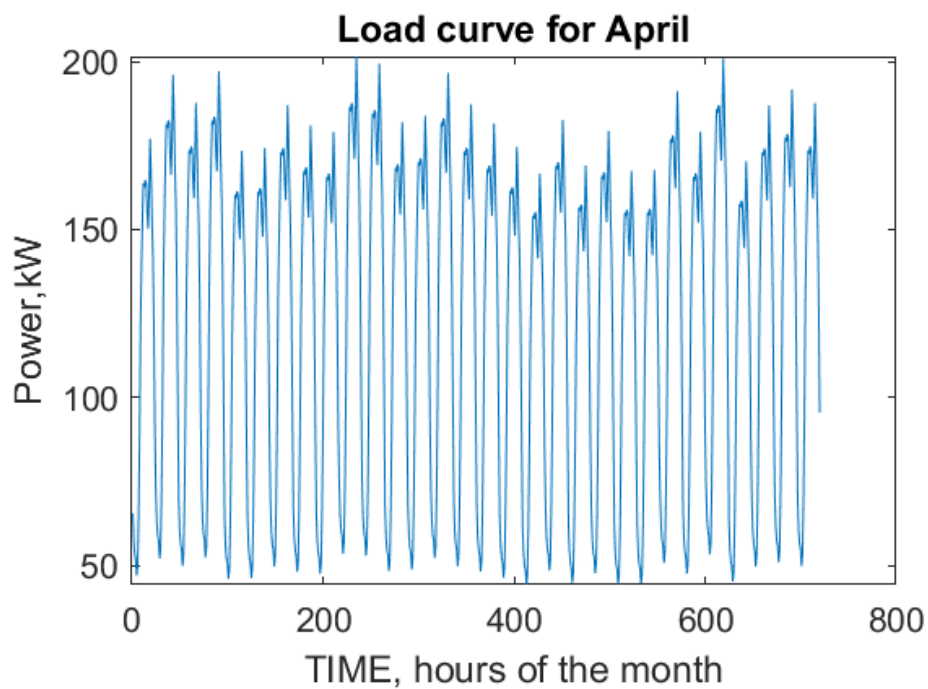
Εικόνα 2.43: Ζήτηση για το μήνα Ιανουάριο



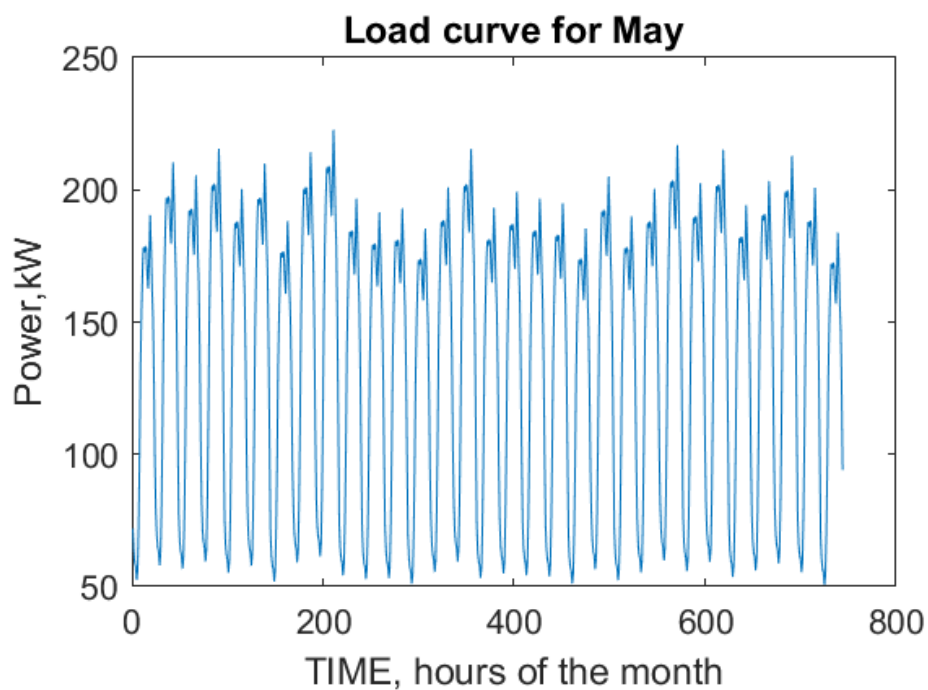
Εικόνα 2.44: Ζήτηση για το μήνα Φεβρουάριο



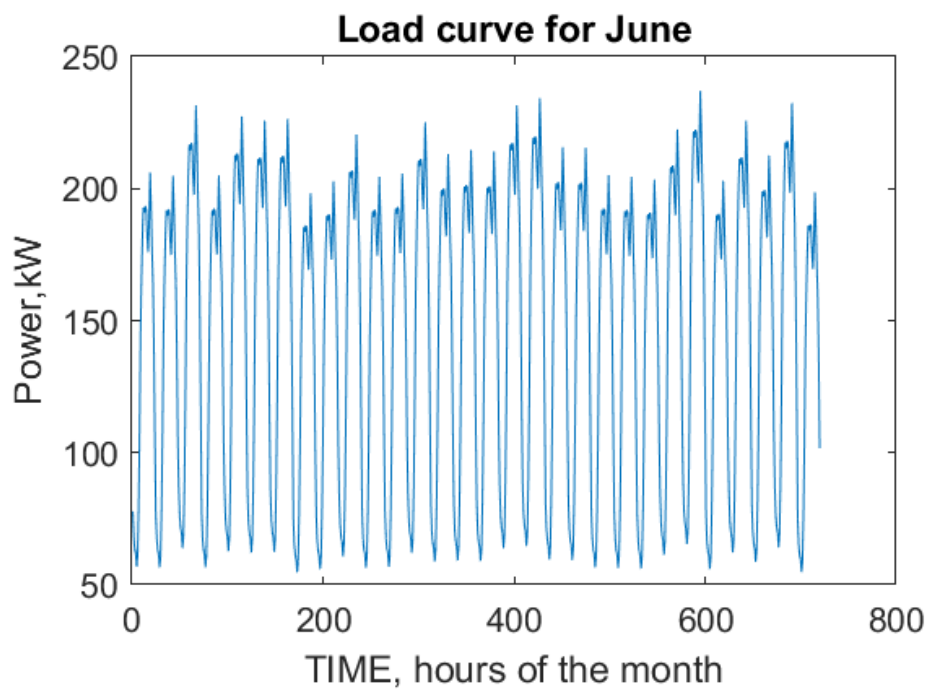
Εικόνα 2.45: Ζήτηση για το μήνα Μάρτιο



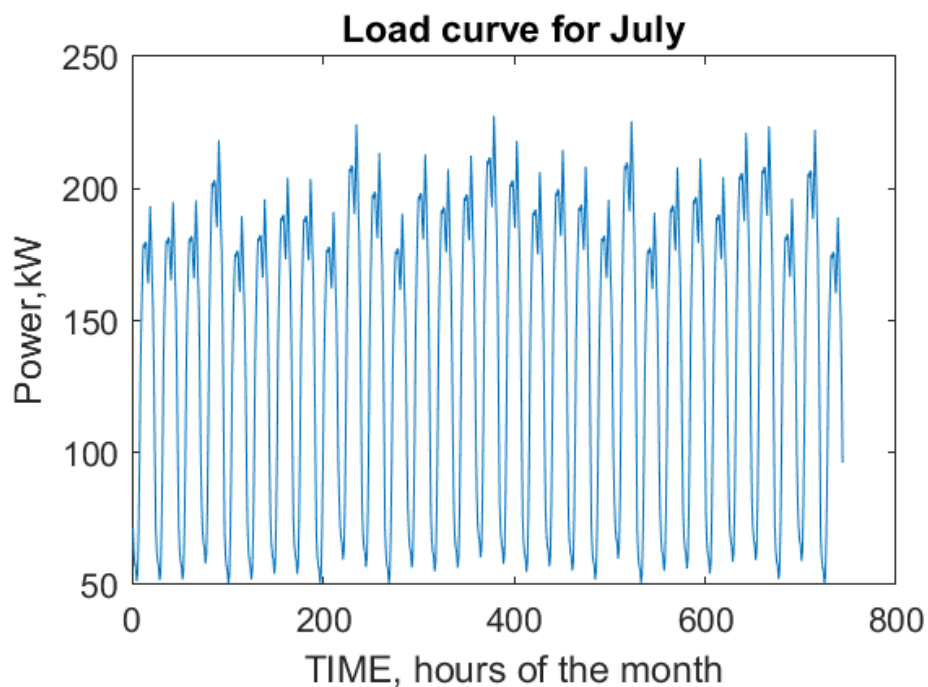
Εικόνα 2.46: Ζήτηση για το μήνα Απρίλιο



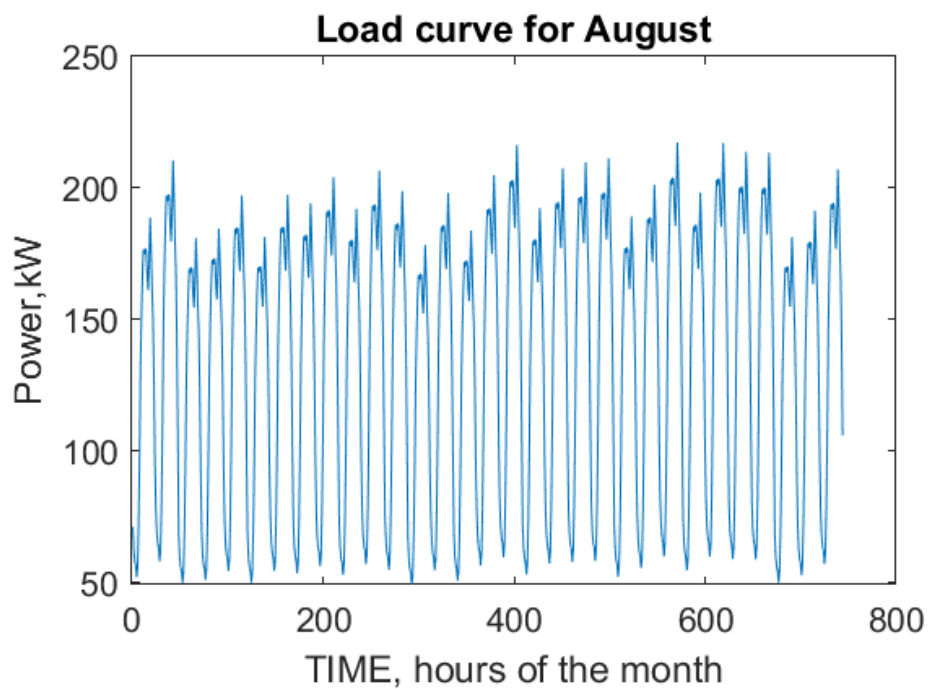
Εικόνα 2.47: Ζήτηση για το μήνα Μάιο



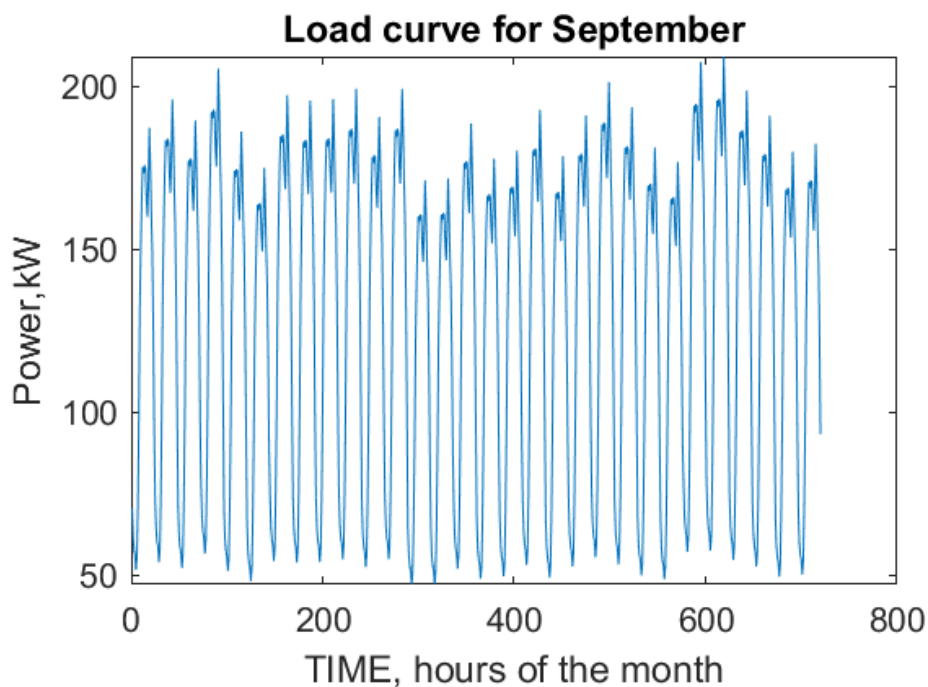
Εικόνα 2.48: Ζήτηση για το μήνα Ιούνιο



Εικόνα 2.49: Ζήτηση για το μήνα Ιούλιο

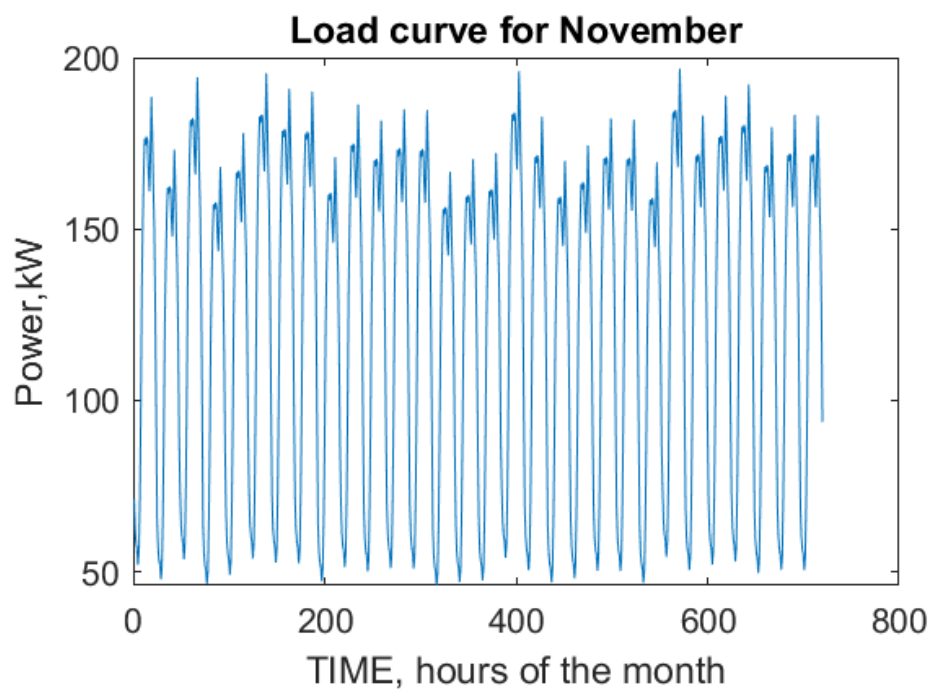


Εικόνα 2.50: Ζήτηση για το μήνα Αύγουστο

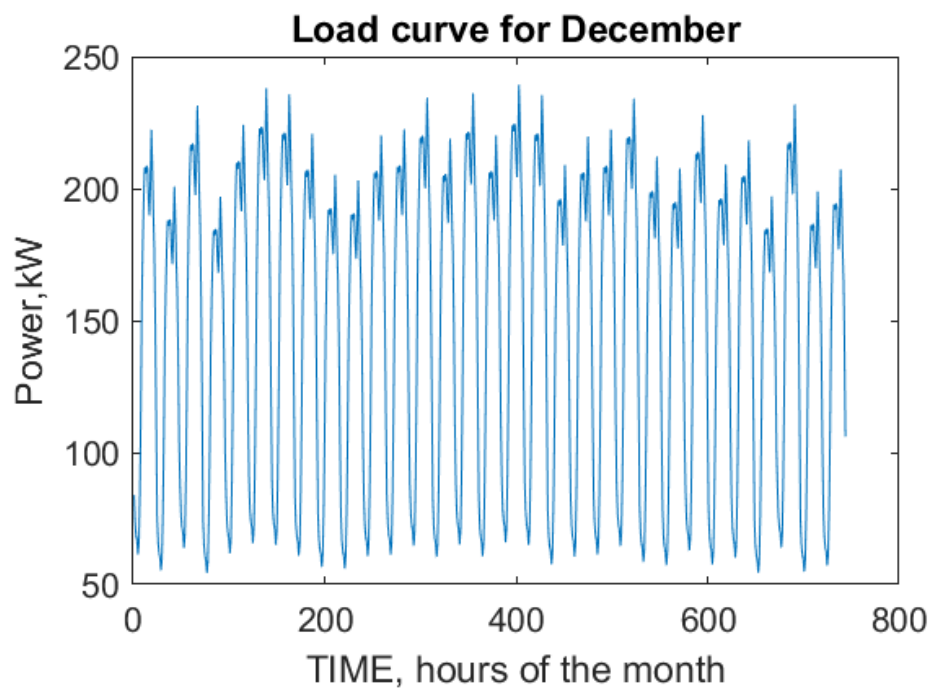


Εικόνα 2.51: Ζήτηση για το μήνα Σεπτέμβριο

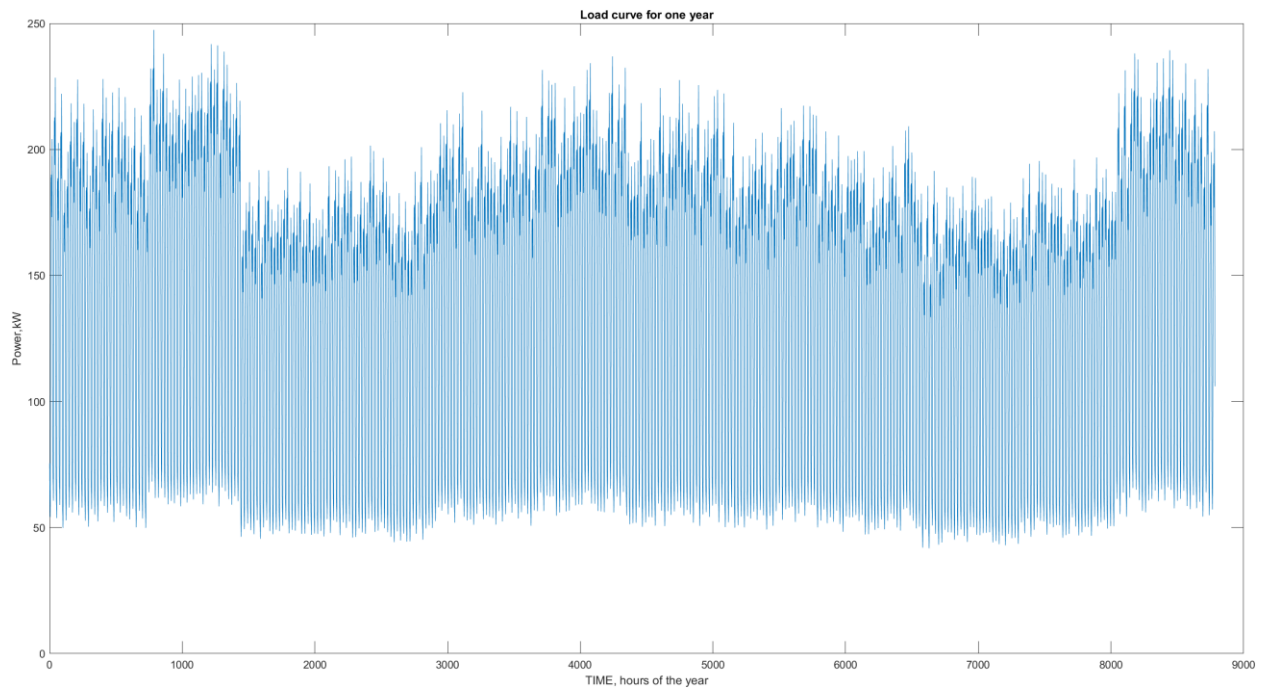
Εικόνα 2.52: Ζήτηση για το μήνα Οκτώβριο



Εικόνα 2.53: Ζήτηση για το μήνα Νοέμβριο



Εικόνα 2.54: Ζήτηση για το μήνα Δεκέμβριο



Εικόνα 2.55: Ετήσια ζήτηση

3 Κεφάλαιο 3^ο : Αποτελέσματα

3.1 Παρουσίαση στρατηγικής αλγορίθμου

Η συνολική στρατηγική αυτής της μελέτης είναι να μεγιστοποιήσει την παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιώντας μονάδες ΑΠΕ. Η παραγωγή υδρογόνου στο δοχείο πρέπει να παραμείνει μεταξύ 0 και 42 κιλών ετησίως. Για τον σκοπό αυτό, τουλάχιστον η ελάχιστη ισχύς που απαιτείται για το δοχείο υδρογόνου αντλείται είτε από τις μονάδες ΑΠΕ είτε από το δίκτυο εάν η παραγωγή ΑΠΕ δεν είναι αρκετά υψηλή. Εάν υπάρχει περίσσεια ενέργειας από την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, αυτή η ισχύς εξάγεται στο δίκτυο. Υποθέτετε ότι το δίκτυο έχει τη δυνατότητα να καλύψει οποιοσδήποτε ανάγκες προκύπτουν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι κάθε χρονική στιγμή της προσομοίωσης ελέγχεται εάν η παραγωγή υδρογόνου στο δοχείο έχει φτάσει το μέγιστο όριο για την περίοδο ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, το δοχείο υδρογόνου ρυθμίζεται ώστε να μην παράγει καθόλου υδρογόνο. Το υδρογόνο που παράγεται χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να κινηθούν ηλεκτρικά οχήματα. Εάν δεν υπάρχει αρκετό υδρογόνο στο δοχείο για να καλύψει τις ανάγκες των οχημάτων, αυτό το έλλειμα υδρογόνου καταγράφεται. Για το δίκτυο που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2 (συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο με δεξαμενή υδρογόνου, μονάδα φωτοβολταϊκού, μονάδα ανεμογεννήτριας, τοπικό φορτίο, κυψέλη καυσίμου και κατανάλωση ηλεκτρικού αυτοκινήτου), εφαρμόζεται η παρακάτω στρατηγική χρησιμοποιώντας το περιβάλλον MATLAB. Για καλύτερη κατανόηση, η εφαρμοσμένη στρατηγική απεικονίζεται επίσης στον ακόλουθο σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου παρουσιάζονται στην Ενότητα 3.2.

3.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

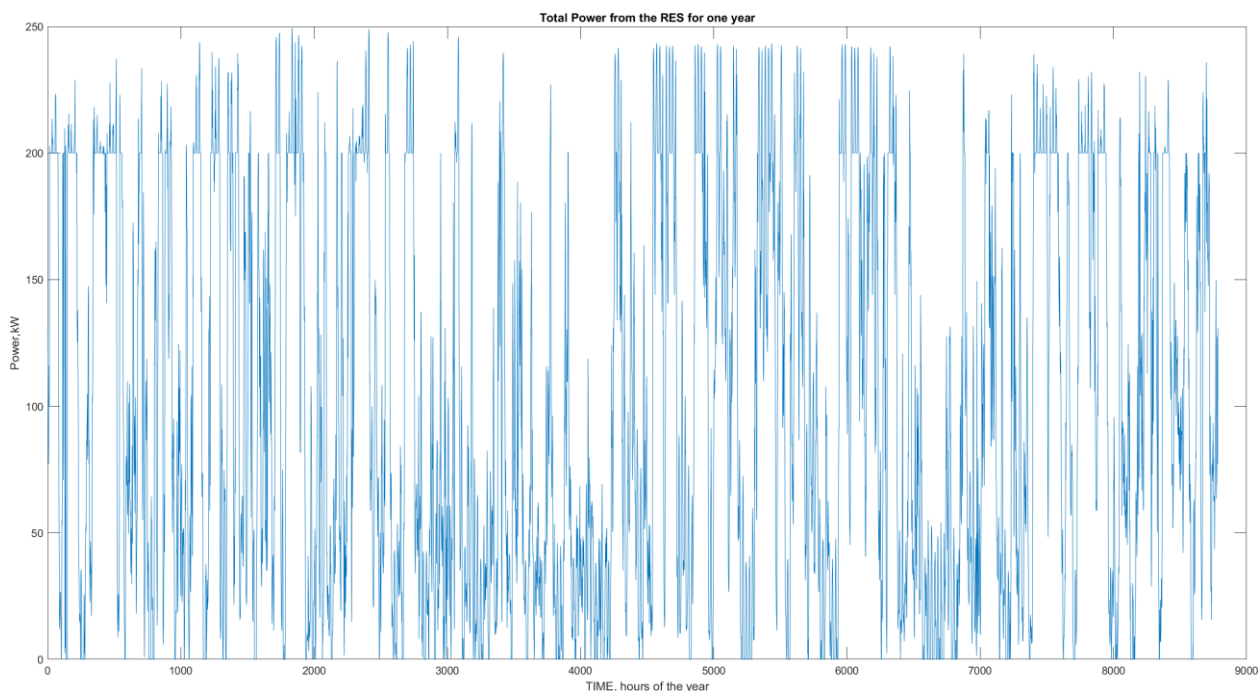
Τα επιθυμητά αποτελέσματα εξόδου από την εφαρμογή της παραπάνω στρατηγικής παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1. Αυτός ο πίνακας περιλαμβάνει επίσης τα ονόματα των μεταβλητών MATLAB που χρησιμοποιούνται κατά την προσομοίωση.

Πίνακας 3.1: Ονόματα μεταβλητών αποτελεσμάτων

Output results	
Data name and description	MATLAB variable name
Power to the electrolyser of the hydrogen tank	P_to_Electrolyzer
Surplus power exported to the grid	P_to_grid
Total hydrogen production	MH2_production_1
Total mass of hydrogen tank	MH2_total
Deficit power to be provided by the grid	Deficit
Deficit hydrogen mass provided from another station	MH2_def

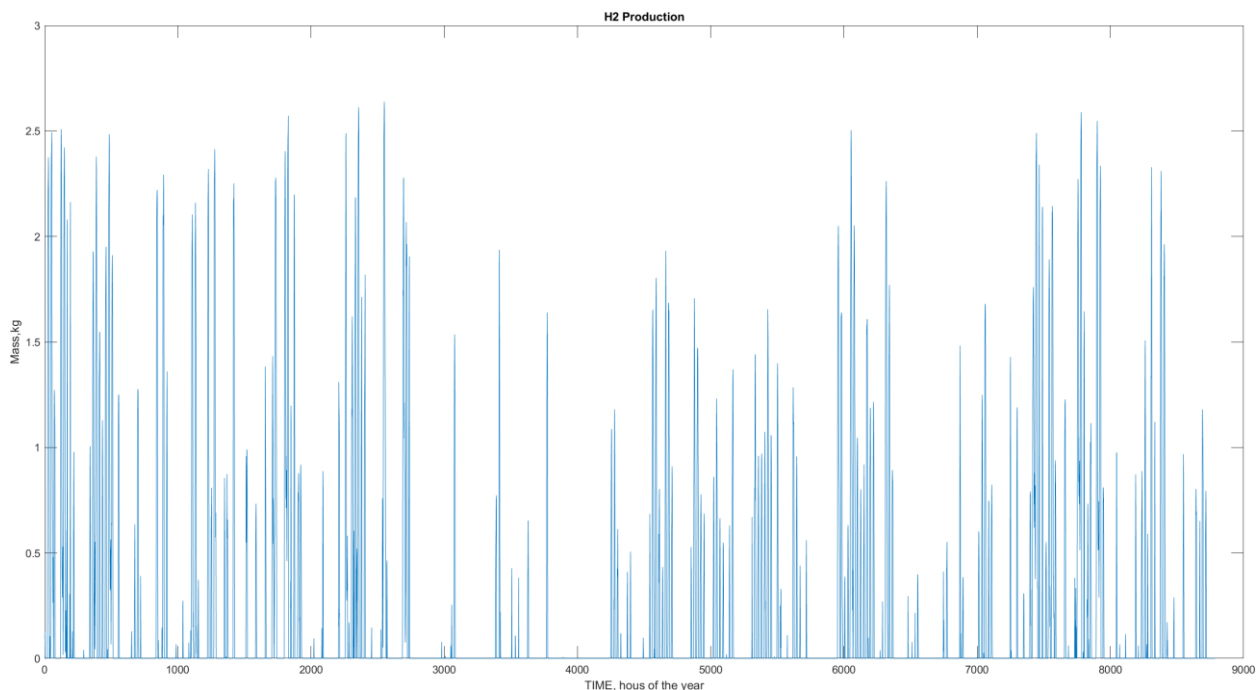
Εφαρμόστηκε ένα σενάριο όπου η κατανάλωση υδρογόνου για τα οχήματα είναι υψηλότερη κατά τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο λόγω της περιόδου διακοπών όπου η οδική κυκλοφορία είναι μεγαλύτερη.

Για κάθε ώρα του έτους, υπολογίστηκαν οι παραπάνω μεταβλητές χρησιμοποιώντας τη στρατηγική που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.



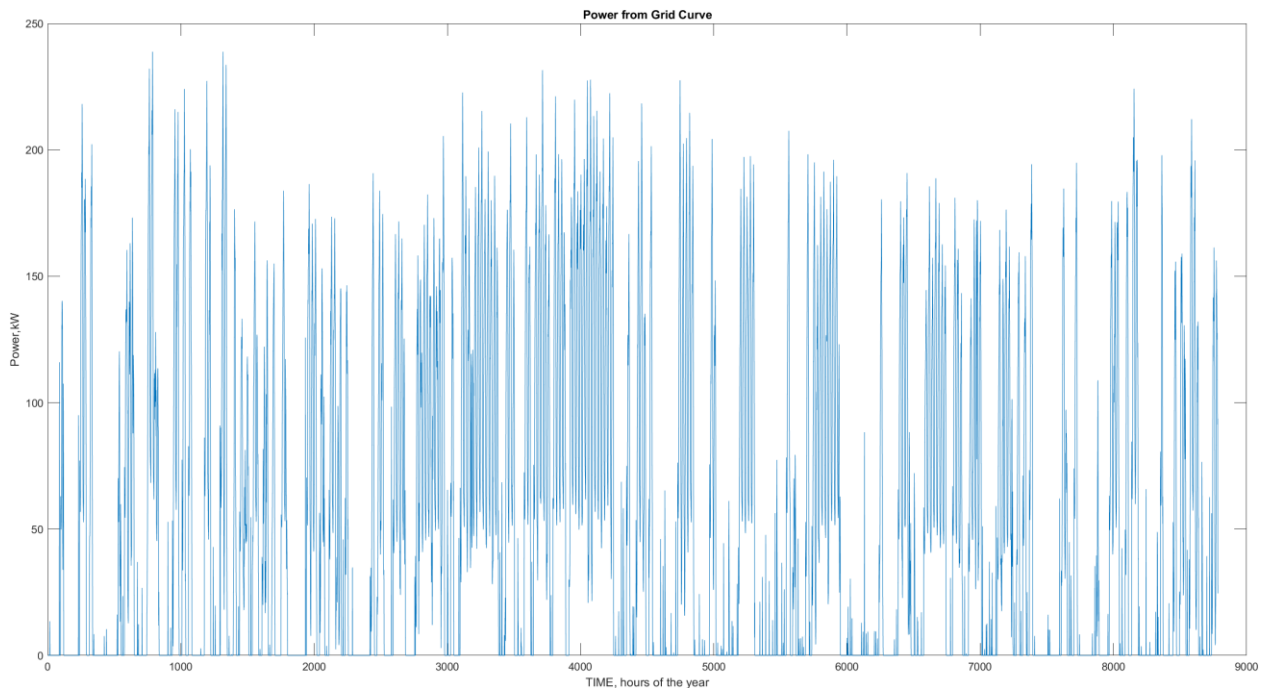
Εικόνα 3.1: Συνολική παραγωγή από ΑΠΕ

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η συνολική ενέργεια που παράχθηκε για το έτος 2020 από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



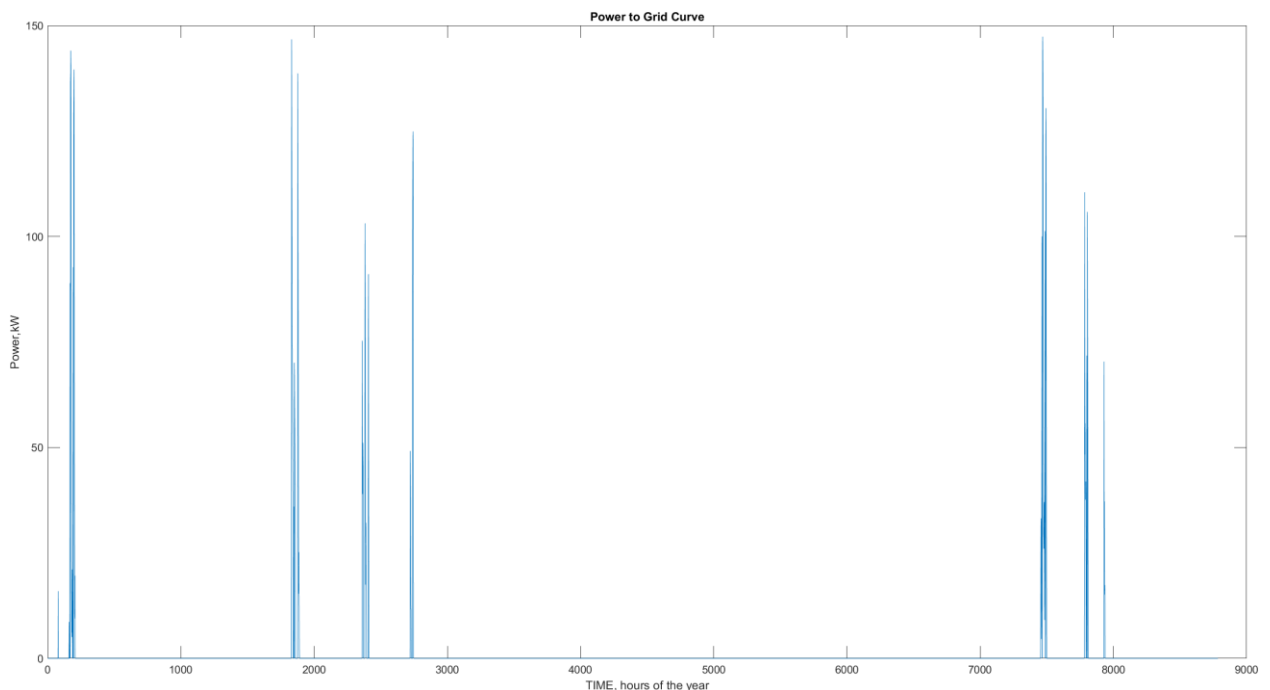
Εικόνα 3.2: Συνολική παραγωγή υδρογόνου σε ένα έτος

Η συνολική παραγωγή του υδρογόνου από την ηλεκτρόλυση παρουσιάζεται παραπάνω για όλο το έτος.



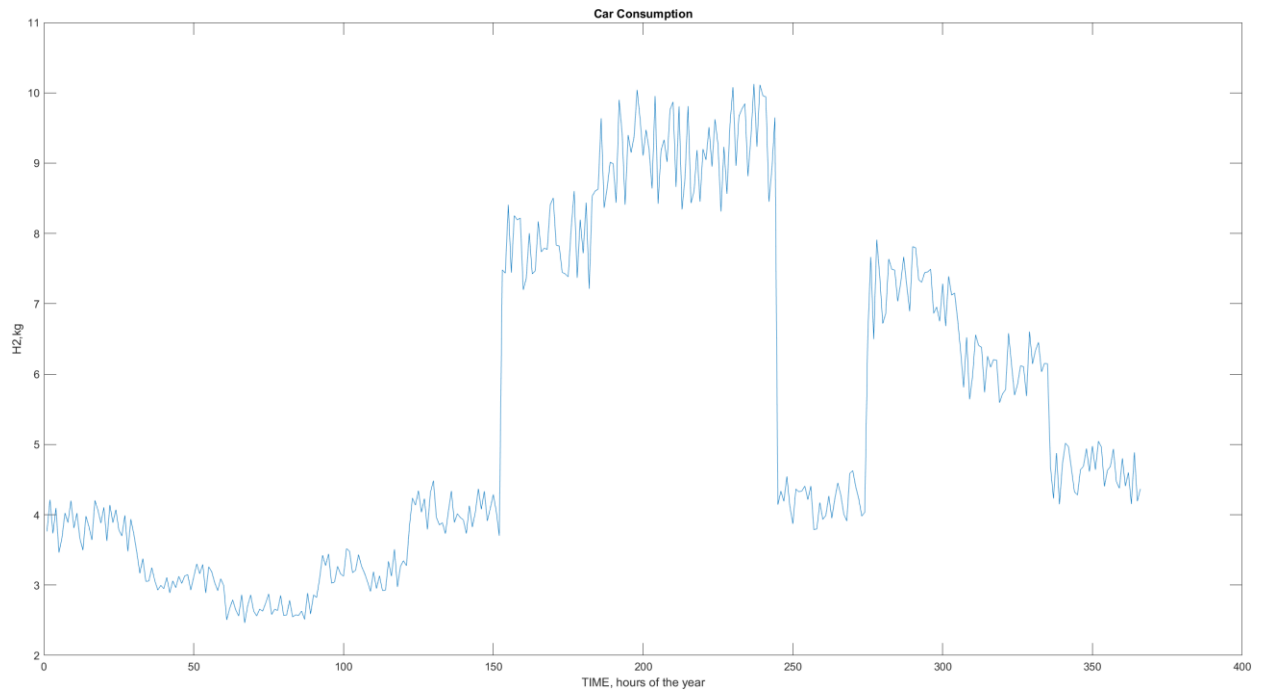
Εικόνα 3.3: Ετήσια ζήτηση από το δίκτυο

Η ζήτηση από δίκτυο παρουσιάζεται παραπάνω. Η ζήτηση από το δίκτυο έγινε για να εξυπηρετηθεί το φορτίο όταν ούτε οι ανανεώσιμες δεν μπορούσαν να το καλύψουν αλλά ούτε και το αποθηκευμένο υδρογόνο με την χρήση της κυψέλης καυσίμου.



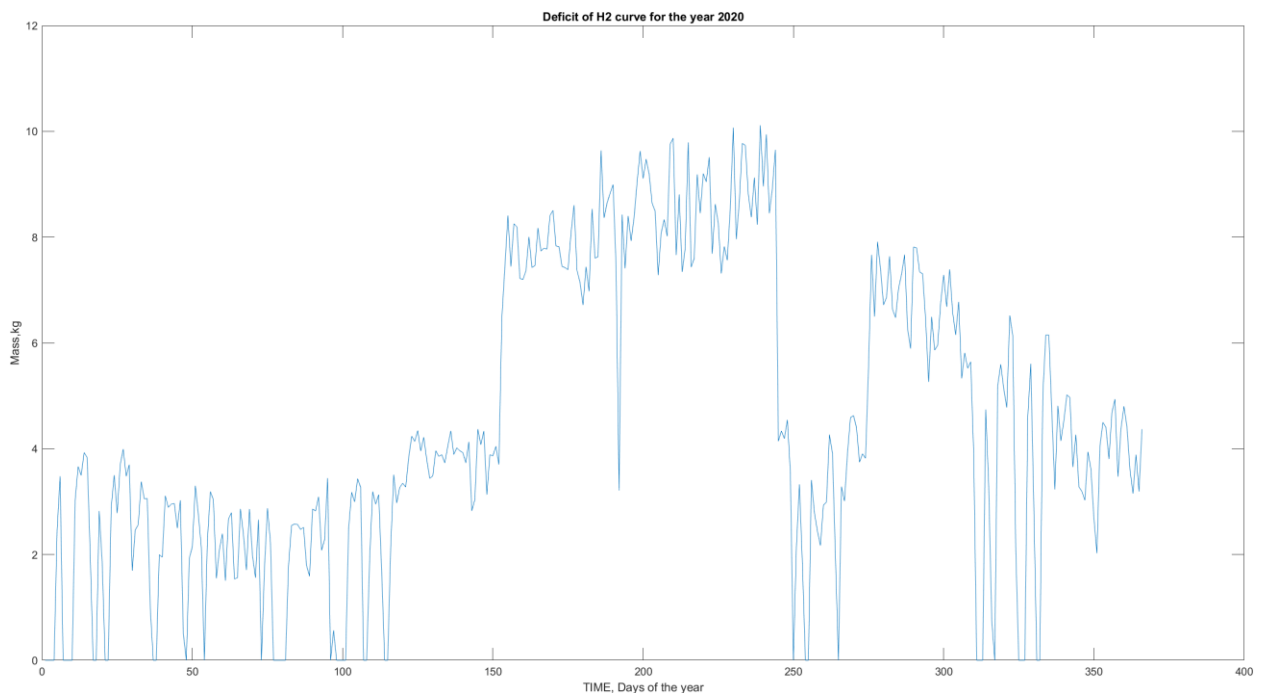
Εικόνα 3.4: Ετήσια παροχή ενέργειας προς το δίκτυο

Στο παραπάνω διάγραμμα περιγράφετε η ισχύ από αποδώσαμε στο δίκτυο. Αυτή η ισχύ ήταν περίσσεια η οποία προήλθε από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

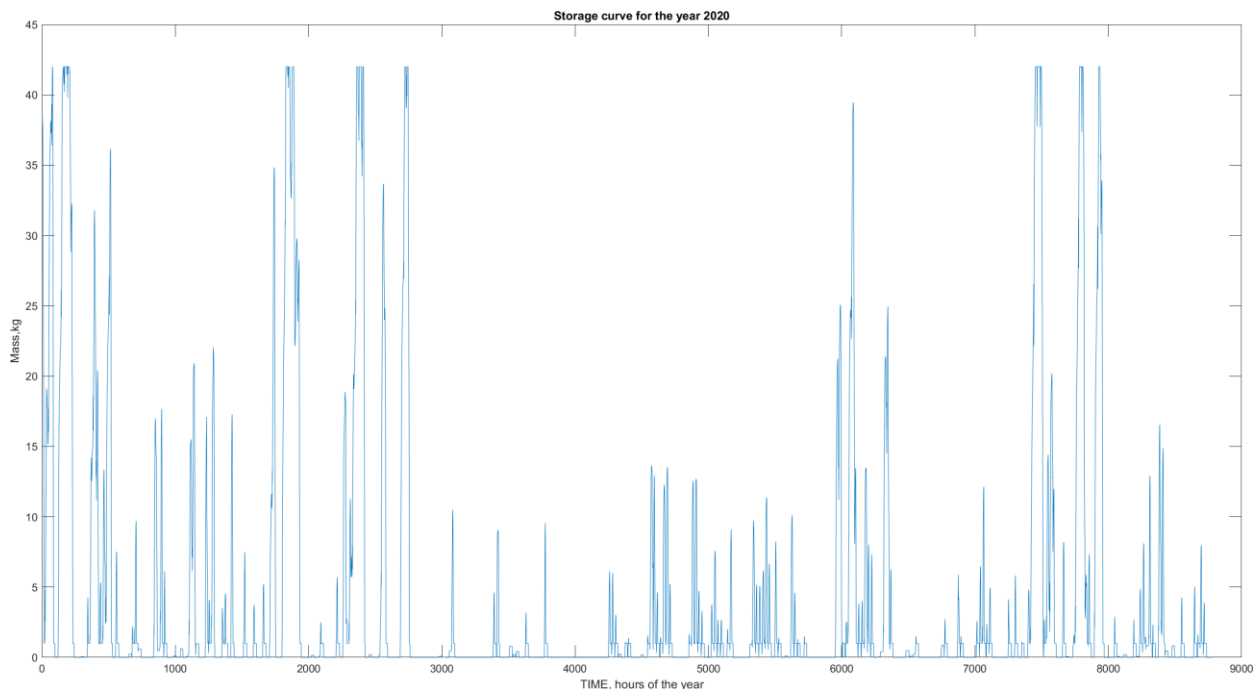


Εικόνα 3.5: Ετήσια κατανάλωση υδρογόνου από το όχημα

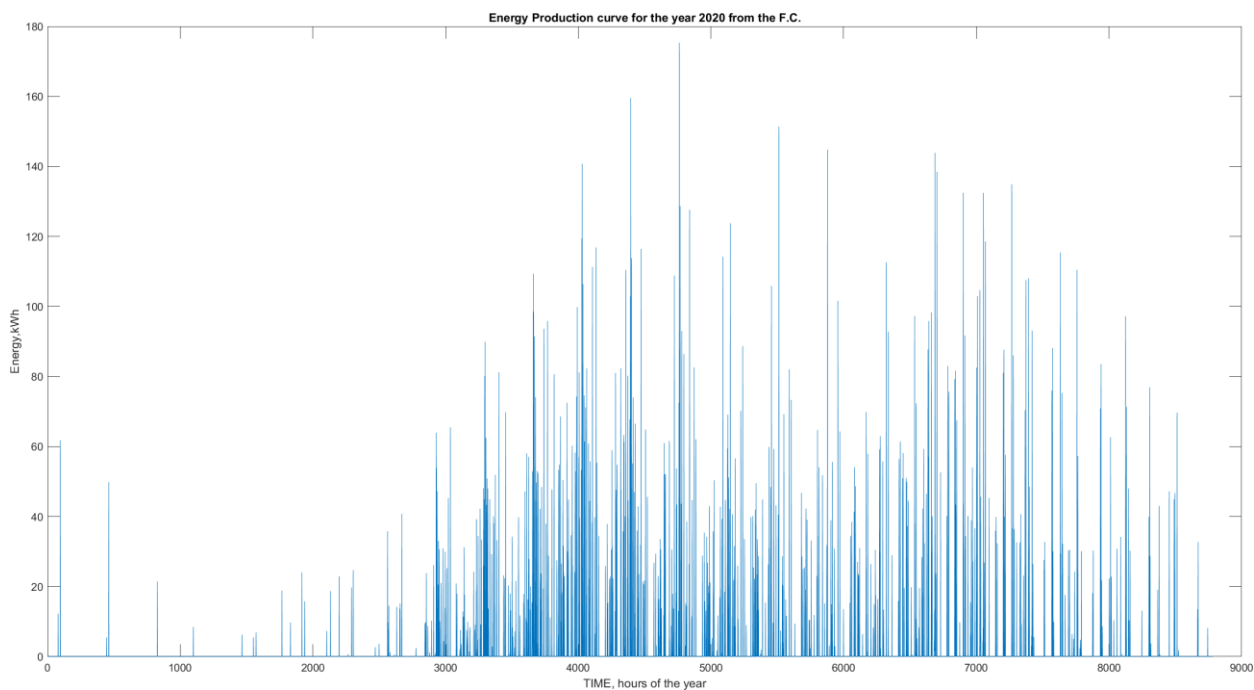
Εδώ βλέπουμε την ζήτηση από το όχημα υδρογόνου για έναν ολόκληρο χρόνο. Παρακάτω βλέπουμε και την ζήτηση που είχαμε για υδρογόνο από άλλους σταθμούς.



Εικόνα 3.6: Ετήσια έλλειψη υδρογόνου



Εικόνα 3.7: Κατάσταση δοχείου υδρογόνου για ένα έτος



Εικόνα 3.8: Ετήσια παραγωγή ενέργειας από την κυψέλη καυσίμου

Παραπάνω, στο διάγραμμα φαίνεται η κατανομή της ισχύς που παράχθηκε από την κυψέλη καυσίμου για όλο το έτος.

Πίνακας 3.2: Οικονομικά δεδομένα

Επιτόκιο (i)	0.07
Ποσοστό πληθωρισμού(inf)	0.02
Η ζωή της Ανεμογεννήτριας (χρόνια)	20
Η ζωή του Φωτοβολταϊκού (χρόνια)	20
Η ζωή του Ηλεκτρολύτη (χρόνια)	10
Η ζωή της Κυψέλης Καυσίμου (χρόνια)	20
Η ζωή του δοχείου του Υδρογόνου(χρόνια)	10
Η ζωή όλων των υπολοίπων εξαρτημάτων(χρόνια)	10
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος για την Ανεμογεννήτρια(€/kW)	1400
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος για το Φωτοβολταϊκό(€/kW)	1200
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος για τον Ηλεκτρολύτη(€/kW)	650
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος για της Κυψέλη Καυσίμου(€/kW)	190
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος του Δοχείου(€/kg)	560
Αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος των υπόλοιπων εξαρτημάτων(€/kW)	300
Η Ισχύς της Ανεμογεννήτριας(kW)	200
Η Ισχύς του Φωτοβολταϊκού(kW)	50
Η Ισχύς του Ηλεκτρολύτη(kW)	64.5
Η Ισχύς της Κυψέλης Καυσίμου (kW)	190
Η μάζα του δοχείου(kg)	42
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος της Ανεμογεννήτριας (€/kWh)	56

Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος του Φωτοβολταϊκού (€/kWh)	30
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος του Ηλεκτρολύτη (€/kWh)	32,5
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος της Κυψέλης Καυσίμου(€/kWh)	2
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος του δοχείου (€/kg)	5,6
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για το πρώτο έτος των υπόλοιπων εξαρτημάτων (€/kWh)	16,5

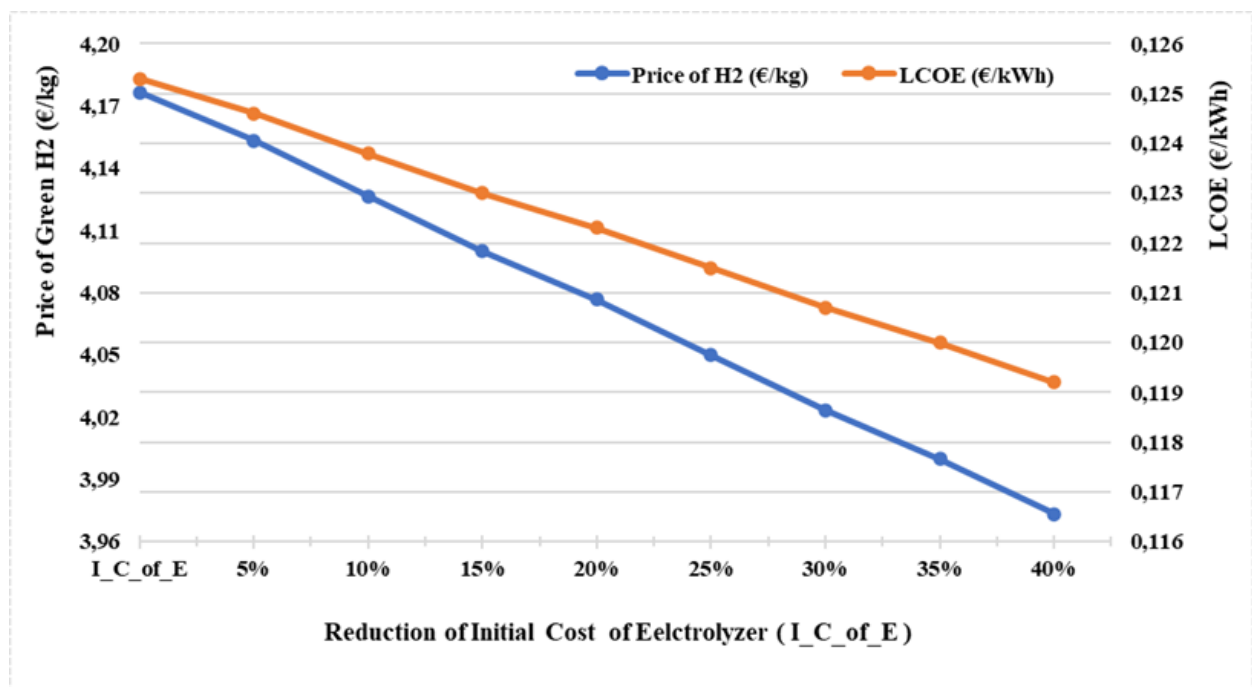
Πίνακας 3.3: Οικονομικά αποτελέσματα

Εξοπλισμός	Αρχική Επένδυση (IV) (€)	Κόστος Συντήρησης για το πρώτο χρόνο (€)	Ετήσιο Κόστος Αντικατάστασης (€)	Ετήσιο Συνολικό Κόστος (€)
Ανεμογεννήτρια	280.000	4% of IV (11200)	0	291.200
Φωτοβολταϊκό	60.000	2.5% of IV (1500)	0	61.500
Μονάδα Ηλεκτρόλυσης	41.925	5% of IV (2096,25)	51.106,341	95.127,591
Κυψέλη Καυσίμου	36.100	1% του IV (361)	0	36.461
Δοχείο Υδρογόνου	23.520	1% of IV (235,2)	28.670,749	52.425,949
Υπόλοιπος Εξοπλισμός	94.350	5.5% of IV (5189.25)	115.021,125	214.560,375
Total	535.895	20.581,7	194.789,213	751.274,915

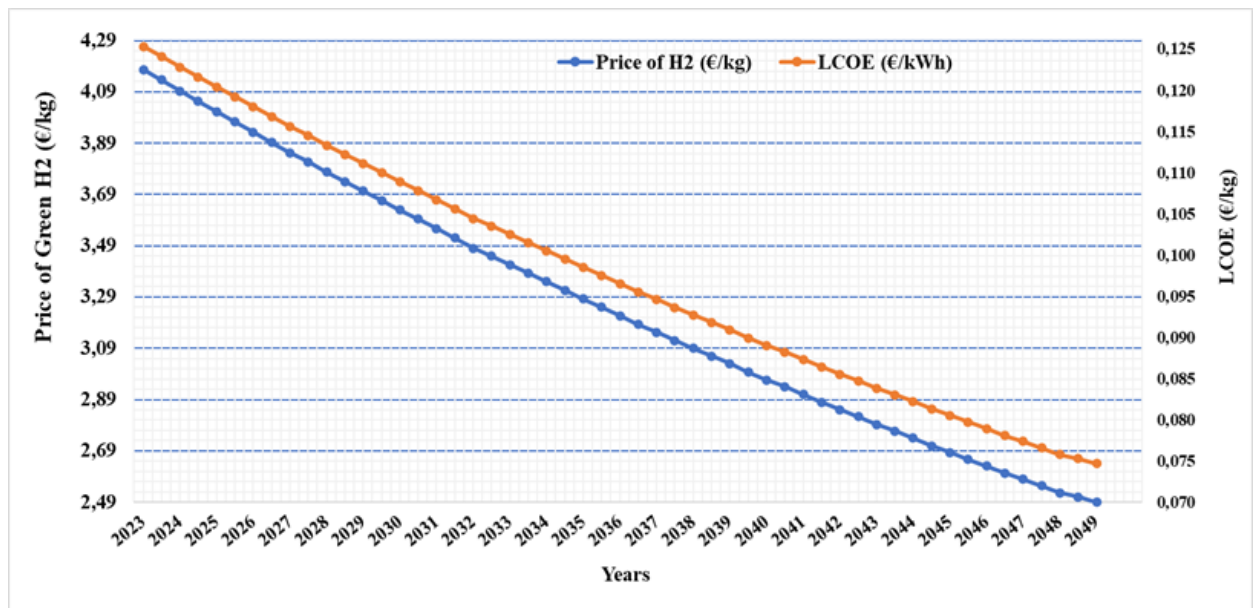
Έτσι το σταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) παίρνει την τιμή 0,1253 €/kWh. Οπότε, το κόστος του υδρογόνου ανά κιλό υπολογίζεται βάση της χαμηλής θερμογόνους δύναμης (33,3kWh) στα 4,17 ευρώ.

3.3 Ανάλυση Ευαισθησίας

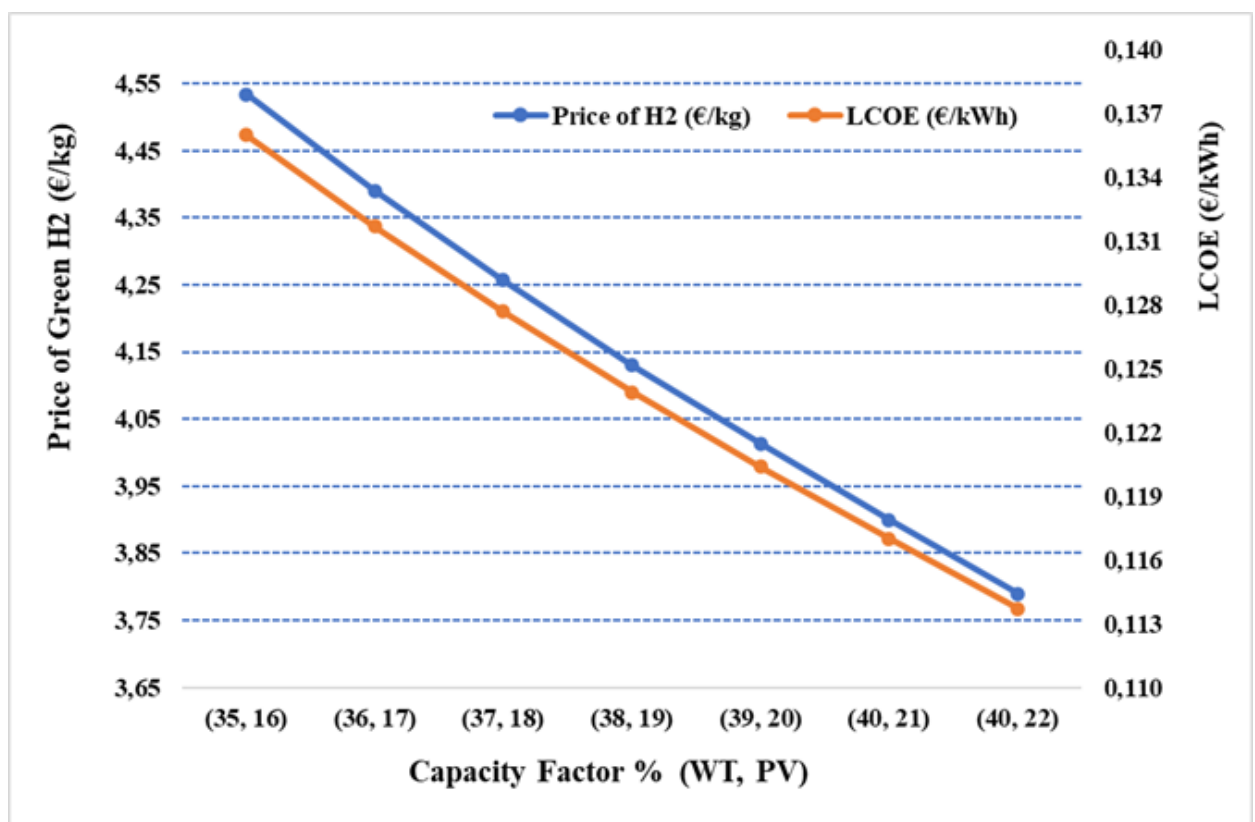
Ύστερα από την οικονομική μελέτη χρησιμοποιώντας τιμές που ισχύουν αυτή τη στιγμή στην αγορά μεταφερθήκαμε σε μια μελέτη ανάλυσης ευαισθησίας με υποθετικές τιμές και προβλέψεις ώστε να γίνει έλεγχος στην τιμή του υδρογόνου αν επηρεάζαμε διάφορες τιμές που σχετίζονται με το αποτέλεσμα αυτό. Έτσι παρακάτω παρουσιάζονται γραφήματα που έχουν σχέση με αυτές τις αλλαγές. Οι αλλαγές είναι τρεις. Η αλλαγή της τιμής του ηλεκτρολύτη, η αλλαγή της τιμής του αρχικού κεφαλαιουχικού κόστους και η αλλαγή του συντελεστή απόδοσης της Ανεμογεννήτριας και του Φωτοβολταϊκού.



Εικόνα 3.9: Πτώση της τιμής το H2 και του LCOE για μείωση της τιμής του ηλεκτρολύτη από 5 έως 40%.



Εικόνα 3.10: Πτώση της τιμής το H2 και του LCOE για μείωση του αρχικού κεφαλαιουχικού κεφαλαίου κατά 2% έως το 2050.



Εικόνα 3.11: Πτώση της τιμής το H2 και του LCOE για αύξηση του συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού.

4 Κεφάλαιο 4^ο : Συζήτηση

4.1 Αξιοπιστία των ευρημάτων (εσωτερική συζήτηση)

Τα αποτελέσματα που προήλθαν στο Κεφάλαιο 3 εξαρτώνται από τα δεδομένα εισόδου που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2. Δεδομένου ότι τα δεδομένα εισόδου που ανακτήθηκαν ήταν υψηλής ποιότητας, μπορούμε να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων είναι επίσης υψηλής ποιότητας. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τα δεδομένα εισόδου που τροφοδοτούνται στον αλγόριθμο. Για παράδειγμα, εάν τα δεδομένα εισόδου για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας (RES) είναι χαμηλά, τότε η ενέργεια που εξάγεται στο δίκτυο είναι πιθανόν να είναι πολύ χαμηλή ή μηδέν.

4.2 Σημασία των ευρημάτων και σχετική σημασία (εσωτερική συζήτηση)

Παρατηρείται ότι όποτε υπάρχει υψηλή παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας (κυρίως από τον ανεμογεννήτρια, καθώς είναι η συσκευή με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα), η ενέργεια που εξάγεται στο δίκτυο είναι επίσης υψηλότερη. Η έλλειψη στο υβριδικό σύστημα παρατηρείται κυρίως όταν υπάρχει χαμηλή παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, και συνεπώς το δίκτυο είναι υπεύθυνο για την κάλυψη των αναγκών τόσο του υδρογόνου όσο και του τοπικού φορτίου. Κατά τις περιόδους υψηλής κατανάλωσης υδρογόνου από τα οχήματα, το υδρογονάνθρακα δεν μπορεί να καλύψει αυτές τις ανάγκες και ως αποτέλεσμα παρατηρείται έλλειψη στη μάζα του υδρογόνου. Και σε αυτήν την περίπτωση, το δίκτυο είναι επίσης υπεύθυνο.

4.3 Σημασία των ευρημάτων σε σχέση με άλλα έργα (εξωτερική συζήτηση)

Ως αναφορά για αυτήν τη διπλωματική, χρησιμοποιήθηκε το έργο των Greiner, C.J., Korpås, M., και Holen, A.T. (2007), με τίτλο "Μια νορβηγική μελέτη περί παραγωγής υδρογόνου από αιολική ενέργεια." Η παρουσιαζόμενη μελέτη περιγράφει μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση των συστημάτων ενέργειας αιολικής-υδρογόνου (H₂), που περιλαμβάνει χρονικές προσομοιώσεις και οικονομικούς υπολογισμούς. Αυτή η μεθοδολογία επιτρέπει τον βέλτιστο καθορισμό των συστατικών του συστήματος και τον υπολογισμό του κόστους H₂. Τα συστατικά του συστήματος που αναλύονται σε αυτήν τη μελέτη περιλαμβάνουν ανεμογεννήτρια, ηλεκτρολυτικό, συμπιεστή, αποθήκευση και μετατροπέα ενέργειας. Παρουσιάζεται ένα συγκεκριμένο περιστατικό μελέτης, επικεντρωμένο σε μια νορβηγική νήσο, όπου ένα φεριμπότ μετατρέπεται σε ένα φεριμπότ H₂ για να αντιπροσωπεύει τη ζήτηση H₂. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει τόσο ένα σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο όσο και ένα απομονωμένο σύστημα με έναν γεννήτρια εφεδρικής ισχύος.

4.4 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Ξεκινώντας, από την τα δεδομένα, κάνοντας χρήση των δεδομένων από το PVGIS και από τις αναφορές [5],[6],[7],[8],[9] δημιουργήσαμε τα δεδομένα μας για την παραγωγή ισχύς από την ανεμογεννήτρια, για την παραγωγή ισχύς από το φωτοβολταϊκό πάρκο, για το φορτίο όπως και για το όχημα υδρογόνου.

Αυτά τα δεδομένα που έγιναν με τη χρήση του PVGIS ήταν συγκεκριμένα για την παραγωγή της ισχύς από την ανεμογεννήτρια όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το φύλλο δεδομένων του κατασκευαστεί. Έχοντας την παραγωγή ισχύς για κάθε ταχύτητα ανέμου δημιουργήθηκε η εξίσωση της ανεμογεννήτρια και έτσι με αυτό παράχθηκε ένα διάγραμμα ισχύς προς ταχύτητα ανέμου. Τα δεδομένα τώρα, από το PVGIS για την ταχύτητα ανέμου ήταν στα 10 μέτρα. Επειδή η τουρμπίνα της ανεμογεννήτριας βρίσκεται στα 30 μέτρα με την εξίσωση 2.3 την αναγάγαμε στα 30 μέτρα. Έτσι δημιουργήθηκε η παραγωγή ισχύς για όλο το έτος του 2020 από τα δεδομένα ανέμου που πήραμε για το νησί της Σίφνου για το 2020 από το PVGIS.

Τα δεδομένα για το φωτοβολταϊκό πάρκο πάρθηκαν και αυτά με την βοήθεια του PVGIS. Το PVGIS παράγει δεδομένα ισχύς για όλες τις ώρες του χρόνου δίνοντας του τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Έτσι, δίνοντάς του την τοποθεσία της Σίφνου παράχθηκαν δεδομένα ισχύς για όλες τις ώρες του 2020 και για τις 8784 μια και το έτος είναι δίσεκτο. Αυτές τις τιμές ύστερα τις τοποθετήσαμε στο MATLAB για να δημιουργήσουμε τις παραπάνω γραφικές.

Το φορτίο όπως και το όχημα που θα αναφερθεί παρακάτω έγινε η συλλογή των δεδομένων από Excel αρχείο το οποίο περιέχει δεδομένα από τις παραπάνω πηγές που αναφέρθηκαν. Το Excel ένα εικοσιτετράωρο μέσο όρο για κάθε μήνα του έτους. Για να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα δεδομένα παράχθηκαν πίνακες με όλες τις ώρες κάθε μήνα και κατά συνέπεια και με όλες τις ώρες του χρόνου. Όπου οι αρχικές τιμές επηρεάστηκαν κατά 10% συν πλην μιας και θεωρήσαμε πως το φορτίο δεν θα μεταβάλετε πολύ μιας και η καθημερινότητα του ανθρώπινου παράγοντας παραμένει σχετικά σταθερή. Τελικά καταλήξαμε να δημιουργήσουμε έναν πίνακα με 8784 ώρες με τις καταναλώσεις του φορτίου.

Για το όχημα χρησιμοποιήθηκε ένα παρόμοιο Excel με καταναλώσεις αυτοκινήτων υδρογόνου όπου και πάλι τα δεδομένα ήταν ο μέσος όρος ενός μήνα σε ένα εικοσιτετράωρο. Για την παραγωγή δεδομένων ενός χρόνου σε ωριαία βάση έγινε ακριβώς η ίδια παραδοχή κάνοντας

χρήση του συν πλην 10%. Όποτε δημιουργήθηκε ένας πίνακας με 8784 ώρες που περιείχε καταναλώσεις υδρογόνου.

Τώρα, κάνοντας χρήση της στρατηγικής που δημιουργήθηκε και αναφέρθηκε στην ενότητα 2 πήραμε τα εξής αποτελέσματα. Αρχικά, προσθέσαμε την παραγωγή ισχύος της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού ώστε να δούμε την συνολική διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς που έχουμε διαθέσιμη. Αυτή η ισχύς χρησιμοποιήθηκε για να παραχθούν όλα τα διαγράμματα που αναφέρονται στην ενότητα των αποτελεσμάτων.

Εξυπηρετώντας πάντα το φορτίο πρώτα και ελέγχοντας την περίσσεια ισχύος μετά δημιουργήθηκε μια γραφική όπου παρουσιάζει τον ετήσια παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρόλυση κάνοντας χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κάθε ώρα του χρόνου. Παρατηρήθηκε, πως η παραγωγή υδρογόνου δεν ήταν σταθερή, αντιθέτως είχε μεγάλες διακυμάνσεις. Οι τιμές που συλλέξαμε είχαν ένα εύρος από 0kg έως και 2,6kg την ώρα. Αυτό το υδρογόνο αποθηκευόταν πάντα στο δοχείο υδρογόνου που υπήρχε στην εγκατάσταση χωρητικότητας 42kg στα 700bar.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν και δύο άλλα διαγράμματα όπου τα αποτελέσματά τους περιείχαν την ζήτηση ισχύος από το δίκτυο και διάθεση ισχύος στο δίκτυο από την περίσσεια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπου είναι το φωτοβολταϊκό και η ανεμογεννήτρια.

Στο διάγραμμα που αφορά την ζήτηση ισχύος για το φορτίο από το δίκτυο παρατηρήθηκε μια μέγιστη ισχύς των 239kW. Η ελάχιστη ήταν το μηδέν δηλαδή υπήρχαν και στιγμές όπου το δίκτυο δεν συνέβαλε καθόλου στην εξυπηρέτηση του φορτίου. Ο έλεγχος της ζήτησης γινόταν ανά ώρα για όλο το χρόνο.

Το διάγραμμα που αφορά τη διάθεση ισχύος προς το δίκτυο παρουσιάζει την ισχύ που υπήρχε ως περίσσεια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δόθηκε στο δίκτυο. Σε αυτό παρατηρήθηκε πως ήταν λίγες οι φορές όπου το υπήρχε ροή ισχύος προς το δίκτυο. Παρ' όλα αυτά παρατηρήθηκαν τιμές που έφταναν και τα 147kW. Κυρίως όμως τα αποτελέσματα δείχνουν πως το δίκτυο δεν δεχόταν ισχύ.

Ύστερα, κατευθυνθήκαμε στην δημιουργία διαγραμμάτων που αφορούν τα οχήματα υδρογόνου. Αρχικά, από τα δεδομένα που είχαμε από τα Excel και που περιγράψαμε προηγούμενος το πως δημιουργήσαμε πίνακες με 8784 ώρες, παράχθηκε ένα διάγραμμα με τις ωριαίες καταναλώσεις ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Παναγιώτης Παπαδημητρίου

των οχημάτων. Αυτό δεν ήταν ρεαλιστικό όμως για το σταθμό ανατροφοδότησης μιας και ένα όχημα δεν κατευθύνεται στο σταθμό κάθε ώρα. Έτσι, για να οδηγηθούμε σε ένα καλύτερο αποτέλεσμα ρυθμίσαμε τον αλγόριθμο έτσι ώστε να τροφοδοτεί το όχημα μια φορά την μέρα. Αυτό φαίνεται και στην εικόνα 3.5 όπου έχουμε στον χ άξονα 366 τιμές. Κοιτώντας το δοχείο κάθε μέρα προσπαθήσαμε να εξυπηρετήσουμε πλήρως τα οχήματά μας. Στο διάγραμμα στην εικόνα 3.6 φαίνεται και η έλλειψη υδρογόνου που υπήρχε για κάθε μέρα του έτους. Η παρατήρησης εδώ είναι πως το όχημα – οχήματα δύσκολα καταφέρνουν να εξυπηρετηθούν καθημερινά και πως οι μέρες όπου καταφέρνουμε πλήρως να τα καλύψουμε είναι ελάχιστες. Φυσικά, τα οχήματα δεν σταματούν να κινούνται αλλά τροφοδοτούνται ζητώντας υδρογόνο από άλλους σταθμούς.

Παίρνοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα δημιουργήθηκαν απορίες ως προς το δοχείο και την κυψέλη καυσίμου. Έτσι για κατασκευάστηκαν δύο ακόμα διαγράμματα με την ωριαία μάζα υδρογόνου μέσα στο δοχείο και την ωριαία ισχύ που αποδιδόταν στο φορτίο από την κυψέλη καυσίμου.

Το διάγραμμα του δοχείο είναι πολύ απλό, κοιτάει την ωριαία μάζα υδρογόνου που υπάρχει αποθηκευμένη σε αυτό. Έτσι, παρατηρήσαμε ένα πως υπήρχαν στιγμές όπου το δοχείο είχε αδειάσει προφανώς διότι είχε εξυπηρετήσει το όχημα και στιγμές όπου το δοχείο ήταν πλήρης δηλαδή είχε 42kg υδρογόνου μιας και χρησιμοποιούμε ένα δοχείο ενός κυβικού στα 700bar, όπου η πυκνότητα είναι 42kg/m³ σε αυτή την πίεση.

Το διάγραμμα της κυψέλης καυσίμου είχε και αυτό μεγάλες διακυμάνσεις φτάνοντας μέγιστη ισχύ προς το δίκτυο τα 175kW τους καλοκαιρινούς μήνες. Φυσικά υπήρχαν και ωριαίες τιμές όπου η κυψέλη καυσίμου δεν απέδιδε προς το δίκτυο.

Το δεύτερο κομμάτι της διπλωματικής έχει να κάνει με τα οικονομικά αποτελέσματα όπου εκεί ελέγξαμε πόσο θα κοστίσει η επένδυση αν γινόταν πράξη. Στην οικονομική ανάλυση παράχθηκαν αποτελέσματα για που αφορούν τα αρχικά κόστη εγκατάστασης, τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας κάθε εξαρτήματος, τα κόστη αντικατάστασης για όσα εξαρτήματα χρειαζόντουσαν αντικατάσταση μέσα στο χρόνο ζωής του έργου. Με την εύρεση αυτών των τιμών προσδιορίσαμε ύστερα, το κόστος πώλησης της κιλοβατώρας και κατά συνέπεια το κόστος πώλησης του υδρογόνου ανά κιλό. Τέλος, από αυτά τα οικονομικά αποτελέσματα κατευθυνθήκαμε και σε μια μελέτη ανάλυσης ευαισθησίας όπου εκεί προβλέψαμε τιμές του LCOE δηλαδή του κόστους του υδρογόνου ανά κιλό για διάφορες παραμέτρους.

Ο πίνακας αποτελεσμάτων για τα οικονομικά μεγέθη περιείχε τα κόστη της αρχικής επένδυσης όπου ανέρχονταν στα 535.895€, Στα κόστη συντήρησης και λειτουργίας για το πρώτο έτος όπου αυτό ανερχόταν στα 20.581,7€. Επίσης, υπάρχει και το κόστος αντικατάστασης για όσες συσκευές χρειαζόντουσαν αντικατάστασης καθ' όλη τη ζωή του έργου όπου αυτό το ποσό ανερχόταν στα 194.781,213€ και τέλος στο συνολικό ετήσιο κόστος όπου και αυτό με τη σειρά του ανερχόταν στα 751.274,915€. Έτσι καταλήγαμε σε ένα κόστος 0,1253 €/kWh, όπου αυτό μεταφραζόταν, πολλαπλασιάζοντας με την χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη (33,3kWh/kg) , σε 4,17 €/kg.

Τέλος, η ανάλυση ευαισθησίας έγινε τρεις φορές επηρεάζοντας τους εξής παράγοντες.

- Την πτώση της τιμής του ηλεκτρολύτη
- Την πτώση του αρχικού κεφαλαιουχικού κόστους
- Το συντελεστή απόδοσης της Ανεμογεννήτριας και του Φωτοβολταϊκού

Στην πρώτη περίπτωση, τα αποτελέσματα έδειξαν μια πτώση της τιμής του υδρογόνου ξεκινώντας από τα 4,17 €/kg και καταλήγοντας στα 3,97€/kg επηρεάζοντας μόνο την τιμή του ηλεκτρολύτη. Κάτι πολύ σημαντικό που μας δείχνει πως μόνο η ωρίμανση της τεχνολογίας αυτής θα μπορέσει να μειώσει το κόστος του υδρογόνου.

Στη δεύτερη περίπτωση, όπου επηρεάσαμε το αρχικό κεφαλαιουχικό κόστος, παρατηρήσαμε και τις μεγαλύτερες πτώσεις στην τιμή πώλησης του υδρογόνου. Ξεκινήσαμε πάλι έχοντας αρχική τιμή τα 4,17€/kg όπου εκεί βασίστηκε και η μελέτη μας και μειώνοντας έτσι κεφαλαιουχικό κόστος κατά 2% για κάθε χρόνο καταφέραμε να φτάσουμε και την τιμή των 2,49€/kg κάτι που είναι επιθυμητό μιας και η πιο φτηνή παραγωγή υδρογόνου αυτή τη στιγμή ανέρχεται στα 2,5€/kg και προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στην τρίτη περίπτωση, τροποποιήσαμε το συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού παράλληλα αυξάνοντας κάθε φορά και τους δύο συντελεστές κατά 1% φτάνοντας μέχρι ένα αξιόλογο και λογικό σημείο όπου τα νούμερα δεν υπερβαίνουν την πραγματικότητα. Ξεκινήσαμε από ένα CP στο 35% και 16% για την ανεμογεννήτρια και το τροφοδοτικό αντιστοίχως και καταλήξαμε σε ένα CP 40% και 22%. Τα αποτελέσματα ήταν ένα κόστος υδρογόνου στα 4,53€/kg το οποίο κατέληξε στα 3,79€/kg.

Συμπεράσματα

Στόχοι και αντικείμενα που έχουν επιτευχθεί.

Μετά την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων, παρατηρήθηκε ότι όλοι οι στόχοι επιτεύχθηκαν.

Πιο αναλυτικά:

Η παραγωγή από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για την τροφοδοσία του ηλεκτρολύτη. Κατά περιόδους υπερβολικής παραγωγής από την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ο ηλεκτρολύτης φτάνει στη μέγιστη παραγωγή του χωρίς κανένα περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Το ποσό της μάζας του υδρογόνου που παράγεται από την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και στη συνέχεια χρησιμοποιείται από τα ηλεκτρικά οχήματα και από την κυψέλη καυσίμου για να εξυπηρετήσει και αυτό με την σειρά του το φορτίο σε περιπτώσεις που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορούν έτσι ώστε παράλληλα να ελαχιστοποιήσουμε και την χρήση του δικτύου.

Εξηγώντας παραπάνω κάθε υποσύστημα τώρα, η ανεμογεννήτρια αρχικά, είναι μικρής ονομαστικής ισχύς κάτι που αυτή τη στιγμή στην αγορά δεν μπορεί να βρεθεί διότι η τεχνολογία των ανεμογεννητριών έχει εξελιχθεί και τώρα μιλάμε για ισχύς που φτάνει τα μεγαβάτ. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να παράγουμε μεγάλη ισχύς στο ίδιο εγκατεστημένο εμβαδόν, κάτι που θα επηρέαζε την μελέτη και θα βοήθαγε την μείωση του κόστους παραγωγής του υδρογόνου. Παρ' όλα αυτά το λόγο του υψηλού αιολικού δυναμικού η ανεμογεννήτρια κατάφερα να φτάσει αρκετές φορές την μέγιστη ισχύς της.

Τα φωτοβολταϊκά αντίστοιχα που ελέγχθηκαν σε αυτή τη μελέτη είχαν και αυτά από την μεριά τους μικρό βαθμό απόδοσης κάτι το οποίο πάλι θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση της τιμής του υδρογόνου. Παρ' όλα αυτά η ηλιοφάνεια στο νησί της Σίφνου είναι πολύ ικανοποιητική και αυτό από μόνο του βοήθησε στο συνολικό έργο. Έτσι, παρατηρήθηκε ισχύ που έφτανε πολύ κοντά στην ονομαστική ισχύ για πολλές ώρες την μέρα με αποτέλεσμα να έχουμε πολύ ικανοποιητική παραγωγή.

Κάτι ακόμα που θα μπορούσε να βοηθήσει στην εξυπηρέτηση κυρίως του οχήματος θα ήταν ένα μεγαλύτερο δοχείο αποθήκευσης υδρογόνου μιας και το δοχείο από τα αποτελέσματα παρατηρήσαμε ότι έφτανε αρκετές φορές στο μέγιστό του. Το δοχείο περιορίστηκε αυθαίρετα στο ένα κυβικό που αντιστοιχεί σε 42kg στα 700bar έτσι ώστε να δούμε την κατανομή του υδρογόνου μέσα σε αυτό σε όλο το χρόνο. Φυσικά, αυτό το μέγεθος για μια μεγάλη εγκατάσταση δεν το

καθιστά υπέρογκο. Θα μπορούσε πολύ εύκολα να το μεγαλώσουμε και να παρατηρήσουμε αλλαγές.

Η κυψέλη καυσίμου από την άλλη απέδωσε όπως θα έπρεπε και η διαστασιολόγησή της έγινε από τα αποτελέσματα του πήραμε τρέχοντας τον αλγόριθμο. Κατάφερε να αποδώσει έως και 195kW στο δίκτυο κάτι το οποίο είναι εύκολο να βρεθεί στην αγορά και επιπρόσθετα είναι αρκετά οικονομικό σαν συν.

Κοιτώντας τα οικονομικά αποτελέσματα τώρα, παρατηρήσαμε τα εξής αποτελέσματα:

- Τα αρχικό κόστος κατασκευής των εξαρτημάτων με ύψος 535.895€.
- Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας για το πρώτο έτος με ύψος 20.581,7€.
- Το κόστος αντικατάστασης εξαρτημάτων με ύψος 194.781,213€.

Οπότε, το συνολικό ετήσιο κόστος ανέρχεται στα 751.274,915€, το οποίο μας δίνει μια τιμή για το LCOE στα 0,1253€/kWh όπου αυτό με τη σειρά του αντιστοιχεί σε τιμή πώλησης του υδρογόνου 4,17€/kg.

Στην συνέχεια έγινε η οικονομική ανάλυση ευαισθησίας. Αυτή με τη σειρά της χωρίστηκε σε τρεις υποκατηγορίες. Αρχικά έγινε ο έλεγχος για πτώση μόνο της τιμής της ηλεκτρολυτικής μονάδας, ύστερα έγινε ο έλεγχος για πτώση όλων των εξαρτημάτων κατά 2% το χρόνο έως το 2050 για το κεφαλαιουχικό τους κόστος και τέλος έγινε ένας έλεγχος για την αύξηση του συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας καθώς και του φωτοβολταϊκού.

Τα συμπεράσματά μας από αυτή τη μελέτη ήταν τα εξής:

- Μια πτώση του κόστους του υδρογόνου από τα 4,17€/kg σε 3,97€/kg.

Για την περίπτωση όπου μειώσαμε το κόστος της μονάδας παραγωγής υδρογόνου ξεκινώντας από το 5% και φτάνοντας έως και το 40%.

- Μια πτώση του κόστους του υδρογόνου από τα 4,17€/kg στα 2,49€/kg.

Για την περίπτωση όπου μειώσαμε το κεφαλαιουχικό αρχικό κεφάλαιο για 2% κάθε χρόνο μέχρι το 2050.

- Μια πτώση του κόστους του υδρογόνου από την τιμή 4,53€/kg όπου και ξεκίνησε αυτή η ανάλυση και κατέληξε στα 3,79€/kg.

Για την περίπτωση όπου αυξάναμε το συντελεστή απόδοσης της ανεμογεννήτριας και του φωτοβολταϊκού ξεκινώντας από το 35% & 16% φτάνοντας έως το 40% & 22% αντίστοιχα.

Σκέψεις για τα δυνατά και αδύνατα σημεία της διπλωματικής

Αυτή η μελέτη επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη μιας στρατηγικής όπου ένα σύστημα ηλεκτρόλυσης για παραγωγή υδρογόνου μπορεί να παράγει υδρογόνο με τον ελάχιστο δυνατό περιβαλλοντικό ρύπο, εκμεταλλευόμενο την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ωστόσο, σημειώνεται ότι υποθέσεις που έγιναν σχετικά με την ικανότητα του δικτύου να καλύψει ελλείψεις ενέργειας μπορεί να μην ισχύουν πάντα στην πραγματική πράξη. Οι περιορισμοί του δικτύου ή τεχνικά χαρακτηριστικά των συστατικών ενός συστήματος μπορεί να καθιστούν αδύνατη την εφαρμογή αυτής της στρατηγικής σε ορισμένες περιπτώσεις.

Αυτό είναι ένα σημαντικό σημείο, και η μελέτη θα μπορούσε να βελτιωθεί λαμβάνοντας υπόψη τους πραγματικούς περιορισμούς του δικτύου και τις δυνατότητες των τεχνολογικών συστατικών. Αυτό θα πρόσθετε ακόμα μεγαλύτερη ρεαλιστικότητα και χρησιμότητα στη μελέτη και θα μπορούσε να δώσει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα κάνοντας την εφαρμογή της στρατηγικής να ισχύει σε πραγματικές συνθήκες.

Ένας ακόμα περιορισμός που θα μπορούσε να ληφθεί υπόψιν ένας πιθανός περιορισμός από την κυψέλη καυσίμου, διότι πολλές κυψέλες καυσίμου δεν μπορούν να λειτουργήσουν από 0 έως 100%. Το συγκεκριμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε όμως δεν είχε κάποιους τέτοιου είδους περιορισμούς αλλά θα μπορούσε να ελεγχθεί για άλλου είδους τεχνολογίες που έχουν αυτούς τους περιορισμούς.

Ένας ακόμα προβληματισμός που θα πρέπει να ελεγχθεί θα ήταν τα οχήματα υδρογόνου αυτή τη στιγμή θα μπορούσαν να υπάρχουν τόσα οχήματα υδρογόνου αλλά είναι υποθετικό και κάτι που δεν ισχύει αυτή τη στιγμή στη Σίφνο και αν τοποθετηθεί σταθμός δεν θα είχαμε τόσο μεγάλες καταναλώσεις για ένα μικρό νησί όπως τη Σίφνο.

Μελλοντικά Σχέδια

Η τρέχουσα μελέτη μπορεί επίσης να επεκταθεί με διάφορους τρόπους:

- Σε αυτό το μικροδίκτυο, μπορούν να προστεθούν πρόσθετα στοιχεία προκειμένου να προσομοιώσει πιο ρεαλιστικές περιπτώσεις λειτουργίας ή μελλοντικές περιπτώσεις λειτουργίας. Ένα παράδειγμα αυτού είναι το σύστημα αποθήκευσης μπαταριών, όπου η περίσσεια ρεύματος από την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη στο δίκτυο.
- Θα μπορούσαν επιπλέον να τοποθετηθούν και άλλες μονάδες αποθήκευσης στο δίκτυο που θα συνέβαλλαν σε αυτό όπως τα υδροηλεκτρικά και τα flywheels.
- Αυτή η στρατηγική είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερα δίκτυα διανομής με περισσότερα φορτία. Σε αυτήν την περίπτωση, το υδρογόνο καυσίμου πρέπει να έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα προκειμένου να είναι σε θέση να καλύψει μεγαλύτερες ανάγκες.
- Επιπλέον θα μπορούσε στο μέλλον η στρατηγική να περιέχει και την οικονομική μελέτη ενσωματωμένη ώστε να γίνετε και μια βελτιστοποίηση στα εξαρτήματα. Να μειωθεί το κόστος κατασκευής και συντήρησης του έργου καθώς και να γίνει και μια μείωση του κόστους ως προς την τιμή πώλησης του υδρογόνου καθώς και μια βελτιστοποίηση στους χρόνους αντικατάστασης των εξαρτημάτων.
- Επιπρόσθετα όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στο σύστημα διάφορους περιορισμούς όπως:
 - Περιορισμό παραγωγής ισχύς από την κυψέλη καυσίμου
 - Οικονομικοί περιορισμοί
 - Περιορισμοί που αφορούν το δίκτυο
 - Περιορισμοί που αφορούν τις μπαταρίες αν προστεθούν
 - Περιορισμοί που αφορούν τα υδροηλεκτρικά αν προστεθούν
 - Περιορισμοί που αφορούν τα flywheels αν προστεθούν και αυτά
- Μία ενδιαφέρουσα αλλαγή επιπλέον θα ήταν να ελευθερώσουμε το δοχείο έτσι να δούμε ποιο είναι το μέγιστο υδρογόνο που μπορούμε να αποθηκεύσουμε και έτσι να το διαστασιολογήσουμε έτσι. Επιπλέον, έτσι ίσως να μειωνόταν το έλλειμα υδρογόνου για το όχημα και ίσως να μειωνόταν και η ζήτηση ισχύος από το δίκτυο.

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. Abdallah, A., & Ekekwe, N. (2019). Cost and performance of hybrid photovoltaic and wind powered hydrogen generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 708-723.
2. Anastasiadis, A. G., Konstantinopoulos, S. A., Kondylis, G. P., Vokas, G. A., & Papageorgas, P. (2017). Effect of fuel cell units in economic and environmental dispatch of a Microgrid with penetration of photovoltaic and micro turbine units. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 3479-3486. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.09.093>.
3. Anastasiadis, A., Konstantinopoulos, S., Kondylis, G., Vokas, G. A., & Salame, M. J. (2018). Carbon tax, system marginal price and environmental policies on Smart Microgrid operation.
4. Anastasiadis, A., Oikonomou, I., Vokas, G.A. (2019). Optimal levelized cost of system values with increasing renewable energy sources in a smart microgrid.
5. Anastasiadis Anestis, Vokas Georgios, “Economic Benefits of Smart Microgrids with Penetration of DER and mCHP Units for Non-Interconnected Islands”, *Renewable Energy, An International Journal, Elsevier, Volume 142, November 2019, Pages 478-486*.
6. Anastasiadis, A.G., Konstantinopoulos, S.A., Kondylis, G.P., Vokas, G.A. and Papageorgas, G.P., “Effect of fuel cell units in economic and environmental dispatch of a microgrid with penetration of photovoltaic and micro turbine units”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 42 No. 5, pp. 3479-3486, 2016.
7. N. D. Hatziargyriou, A. G. Anastasiadis, A. G. Tsikalakis and J. Vasiljevska, “Quantification of economic, environmental and operational benefits due to significant penetration of Microgrids in a typical LV and MV Greek network”, *European Transactions on Electrical Power, European Transactions on Electrical Power, Volume 21, Issue 2, Pages: 1217–1237, <https://doi.org/10.1002/etep.392>, March 2011*.
8. Anestis Anastasiadis, Ioannis Oikonomou and Georgios Vokas, “Optimal Levelised Cost of System Values with increasing Renewable Energy Sources in a Smart Microgrid”. *AIP Conference Proceedings* 2190, 020060 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5138546>.
9. Anestis G. Anastasiadis, Stavros Konstantinopoulos, Georgios P. Kondylis, Georgios A.Vokas, "Electric vehicle charging in stochastic smart microgrid operation with fuel cell and RES units", *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 42, Issue 12, Pages 8242-8254, View Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.01.208>, 23 March 2017.

10. Arya, S.D., et al. (2019). Performance evaluation of a grid-connected hybrid wind-solar-battery hydrogen production system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(32), 17147-17158.
11. Badwal, S.P.S., Giddey, S.S., Munnings, C., & Bhatt, A.I. (2014). Review of progress in high-temperature electrolysis and steam electrolysis for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(19), 10362-10384. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.04.118>.
12. Bhatt, A., & Chatterjee, P. (2020). Hybrid Renewable Energy Systems (HRES) for Sustainable Energy Development. *Energies*, 13(13), 3426.
13. Bodie, Z., Kane, A., & Markus, A. (2014). *Investments*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
14. Bonyadi, M.R., et al. (2018). Hybrid energy systems: Opportunities and challenges for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4262-4271.
15. Borup, R.L., Meyers, J.P., Pivovar, B.S., et al. (2007). Scientific aspects of polymer electrolyte fuel cell durability and degradation. *Chemical Reviews*, 107(10), 3904-3951. <https://doi.org/10.1021/cr050182l>.
16. Dekel, D.R. (2018). Review of cell performance in anion exchange membrane water electrolysis. *Journal of Applied Electrochemistry*, 48(5), 427-462. <https://doi.org/10.1007/s10800-018-1241-8>.
17. Elbaset, A.A. (2011). *Design, Modeling and Control Strategy of PV/FC Hybrid Power System*.
18. Elia, A., et al. (2021). A review of technical and economic aspects of hydrogen production by the electrolysis of water. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110129.
19. Eurostat. (n.d.). *Electricity Price Statistics*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistic-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics.
20. Financial Advisory and Asset Management LAZARD. (n.d.). Retrieved from <https://www.lazard.com/>.
21. Greiner, C.J., Korpas, M., Holen, A.T. (2007). A Norwegian case study on the production of hydrogen from wind power. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(10-11), 1500-1507.
22. Hartmann, P., et al. (2019). Hydrogen production from wind and solar power—An overview and a research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 42-56.

23. Hatziaargyriou, N. D., Anastasiadis, A. G., Vasiljevska, J., & Tsikalakis, A. G. (2009). Quantification of economic, environmental, and operational benefits of Microgrids. In IEEE Bucharest Power Tech.
24. Hatziaargyriou, N. D., Jenkins, N., Strbac, G., Abel, J., Peças Lopes, J., Ruela, J., Engler, A., Kariniotakis, G. N., Oyarzabal, J., & Amorim, A. (2006). Microgrids-Large Scale Integration of Microgeneration to Low Voltage Grids. Presented at the CIGRE 2006, 41st Session Conference, Paris, France.
25. Hebling, C., et al. (2020). The role of hydrogen in the energy transition. *Energy Transition*, 2(3-4), 109-118.
26. International Energy Agency. (2020). *World energy outlook 2020*. Paris: International Energy Agency.
27. International Renewable Energy Agency (IRENA). (n.d.). Retrieved from <https://www.irena.org/>.
28. Khatib, M., et al. (2021). Hydrogen production by renewable energy sources: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110695.
29. Kim, J.W., et al. (2016). Hybrid power conditioning system for wind-solar electrolysis hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(35), 15576-15583.
30. Kocs, E.A., et al. (2020). Progress and challenges in the scale-up of renewable hydrogen via water electrolysis. *Nature Energy*, 5, 568-577.
31. Levene, J., Kroposki, B., Sverdrup, G. (2006). *Wind Energy and Production of Hydrogen and Electricity — Opportunities for Renewable Hydrogen*.
32. Li, X., Gao, W., & Feng, Y. (2020). A review of hybrid renewable energy systems: A new trend in energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110088.
33. MATLAB program. Retrieved from <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
34. Narayan, R., & Cheruvally, G. (2017). Temperature effects on the efficiency of hydrogen production by water electrolysis - A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(30), 19397-19414. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.06.104>.
35. National Renewable Energy Laboratory. (2020). Hybrid wind photovoltaic systems. Retrieved from <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/74251.pdf>.
36. Nelson, D.B., Nehrir, M.H., Wang, C. (2006). Unit sizing and cost analysis of stand-alone hybrid wind/PV/fuel cell power generation systems. *Renewable Energy*, 31(10), 1641-1656.

37. O'Connell, J.P., & Compton, R.G. (1997). The effect of electrolyte concentration on hydrogen evolution at noble metal electrodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 437(1-2), 63-69. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(97\)00328-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(97)00328-2).
38. Park, J., Kim, J.H., & Kim, J.H. (2020). Review of high-temperature solid oxide electrolysis for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(18), 10291-10307. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.01.136>.
39. Peters, C. (2020). Renewable hydrogen production, storage, and utilization for the energy transition. *MRS Energy & Sustainability*, 7, E10.
40. Pili, M., et al. (2019). An overview of electrolysis systems for hydrogen production and their potential use in renewable energy scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109346.
41. Samuel, O.D., et al. (2017). Energy storage technologies for renewable energy power systems – An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 196-210.
42. Schröder, K.S., & Schröder, D.P. (2019). Hydrogen production via electrolysis of water: An outlook on the development of hydrogen generation technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 275-297.
43. Shi, J., Song, Z., & Zhao, H. (2019). Design and simulation of a hybrid wind-solar hydrogen production system. *Renewable Energy*, 144, 384-392.
44. Singh, M. (2011). *Dynamic Models for Wind Turbines and Wind Power Plants*. National Renewable Energy Laboratory, 115.
45. U.S. Department of Energy. (2021). Alkaline electrolysis. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/alkaline-electrolysis>.
46. U.S. Department of Energy. (2021). Electrolysis for hydrogen production. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/electrolysis-hydrogen-production>.
47. U.S. Department of Energy. (2021). Hydrogen production: electrolysis. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis>.
48. U.S. Department of Energy. (2021). Polymer electrolyte membrane electrolysis. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/polymer-electrolyte-membrane-electrolysis>.
49. U.S. Department of Energy. (2021). Solid oxide electrolysis. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/solid-oxide-electrolysis>.
50. Ulleberg, Ø. (2004). The importance of control strategies in PV-hydrogen systems. *Solar Energy*, 76(1-3), 323-329.

51. Vangelista, L., et al. (2019). Review of the technological solutions for hydrogen storage and transport. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 242-268.
52. Wijaya, A., Akbar, H.I., & Winardi, S. (2021). Modeling and simulation of a standalone hybrid wind-solar-battery system for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(4), 3245-3257.
53. Wilkinson, D.P., et al. (2019). Hydrogen production and dispensing from wind and solar power for fuel cell vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(30), 15897-15910.
54. Wilkinson, D.P., et al. (2021). Green hydrogen for energy storage, backup power and grid stability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111248.
55. Zawati, H., et al. (2020). Techno-economic feasibility of a wind and solar powered hydrogen production system in Jordan. *Renewable Energy*, 151, 1121-1134.
56. Zeng, K., & Zhang, D. (2010). Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3), 307-326. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.002>.
57. Zhang, T.S., & Han, S.S. (2020). Renewable energy powered hydrogen production for chemical feedstock: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109966.
58. Zhou, T., Francois, B. (2009). Modeling and control design of hydrogen production process for an active hydrogen/wind hybrid power system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(1), 21-30. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.10.030>.

Παράρτημα Α

Πρόγραμμα 1

Το πρόγραμμα που παρέχετε είναι ένας κώδικας MATLAB που υπολογίζει την ισχύ εξόδου μιας ανεμογεννήτριας σε διάφορες ταχύτητες ανέμου κατά τη διάρκεια του έτους. Ο πρόγραμμα ορίζει τις παρακάτω μεταβλητές:

A: η εμβέλεια της επιφάνειας του ρότορα σε τετραγωνικά μέτρα.

C_p: η απόδοση της ανεμογεννήτριας.

EFF_AD: η απόδοση του μετατροπέα AC/DC.

Air_density: η πυκνότητα του αέρα.

V_{ci}: η ταχύτητα εκκίνησης του ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, υποθέτετε ότι είναι 3,8 μέτρα/δευτερόλεπτο για όλες τις ώρες όλων των μηνών.

V_{co}: η ταχύτητα αποκοπής του ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, υποθέτετε ότι είναι 25 μέτρα/δευτερόλεπτο για όλες τις ώρες όλων των μηνών.

V_r: η ταχύτητα αξιολόγησης του ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, υποθέτετε ότι είναι 13,8 μέτρα/δευτερόλεπτο για όλες τις ώρες όλων των μηνών.

V: ένας πίνακας 12x24 που περιέχει υποθετικές τιμές ταχύτητας ανέμου για κάθε ώρα κάθε μήνα του έτους.

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τις παραπάνω μεταβλητές για να υπολογίσει την ισχύ εξόδου της ανεμογεννήτριας για κάθε ώρα κάθε μήνα του έτους. Η ισχύς εξόδου αποθηκεύεται σε έναν πίνακα με το όνομα "Pwg". Το πρόγραμμα επαναλαμβάνει για κάθε ώρα κάθε μήνα του έτους και για κάθε ώρα υπολογίζει την ισχύ εξόδου της ανεμογεννήτριας βάση της ταχύτητας του ανέμου σε αυτή την ώρα, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη λογική:

Εάν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από την ταχύτητα εκκίνησης, η ισχύς εξόδου ορίζεται σε μηδέν.

Εάν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη ή ίση με την ταχύτητα αξιολόγησης, η ισχύς εξόδου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την τύπο: $(0,5 * \text{Πυκνότητα αέρα} * A * C_p * \text{EFF_AD} * V^3) * 1e-3$, όπου το V είναι η ταχύτητα του ανέμου.

Εάν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα αξιολόγησης, η ισχύς εξόδου ορίζεται σε 200 kW.

Το πρόγραμμα δημιουργεί επίσης δεκαπέντε γραφήματα χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση subplot του MATLAB, καθένα από τα οποία περιέχει γραφήματα της ταχύτητας του ανέμου και της ισχύς εξόδου για κάθε ώρα του έτους. Τέλος, το πρόγραμμα αποθηκεύει τον πίνακα ισχύος εξόδου "Pwg" σε ένα αρχείο με όνομα "Pwg. Mat".

Πρόγραμμα 2

Το πρόγραμμα φαίνεται να είναι ένα σενάριο MatLab που διαβάζει δεδομένα από ένα αρχείο Excel ('data_thesis.xlsx') χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `readtable ()` και τα αποθηκεύει σε διάφορες μεταβλητές. Στη συνέχεια, ο πίνακας ανατρέπεται και ανατίθεται στη μεταβλητή `PLoad` πολλαπλασιάζοντας ένα συγκεκριμένο υποσύνολο των τιμών του με 0,33. Ο πίνακας που προκύπτει χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη δημιουργία 12 υπογραφημάτων χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `plot ()`, τα οποία δείχνουν τις καμπύλες φορτίου για κάθε μήνα του έτους. Επιπλέον, το πρόγραμμα υπολογίζει τη συνολική παραγόμενη ενέργεια (`Etotal_Load`) ανά έτος συνολίζοντας τις τιμές του `Eyload`, η οποία υπολογίζεται για κάθε μήνα με τον υπολογισμό της έντασης της αντίστοιχης καμπύλης φορτίου χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `trapz ()`. Ωστόσο, ο κώδικας για το `Eyload` είναι επί του παρόντος σχολιασμένος με το σύμβολο `%`, οπότε δεν εκτελείται. Τέλος, το πρόγραμμα αποθηκεύει τον πίνακα `PLoad` σε ένα αρχείο Matlab `.mat` χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `save ()`.

Πρόγραμμα 3

Βασισμένο στον παρεχόμενο κώδικα, φαίνεται ότι το πρόγραμμα αποτελεί ένα πρόγραμμα οικονομικής αξιολόγησης για ένα ανανεώσιμο και αποδοτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο υπολογίζει τις ετήσιες δαπάνες για διάφορα συστατικά που συμμετέχουν στο σύστημα. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη τις αρχικές κεφαλαιακές δαπάνες, τις δαπάνες αντικατάστασης, τις δαπάνες συντήρησης και το συντελεστή πληθωρισμού για κάθε εξάρτημα και το χρησιμοποιεί για να υπολογίσει τις ετήσιες δαπάνες για κάθε εξάρτημα. Επίσης, το πρόγραμμα υπολογίζει τον συνολικό κόστος για όλα τα εξάρτημα, καθώς και το συνολικό αρχικό κεφάλαιο και τις δαπάνες συντήρησης. Τέλος, το πρόγραμμα υπολογίζει το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το σύστημα.

Πρόγραμμα 4

Ο δοθείς κώδικας είναι ένα υποθετικό πρόγραμμα στην MATLAB για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά (PV). Το πρόγραμμα διαβάζει δεδομένα από ένα αρχείο Excel με το όνομα " PV_WS_Sifnos.csv " χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `readtable ()` και τα αποθηκεύει σε διάφορες μεταβλητές για κάθε μήνα. Στη συνέχεια, δημιουργεί πίνακες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την δημιουργία γραφημάτων. Αυτά τα γραφήματα απεικονίζουν την παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου για όλο το χρόνο σε kW. Τέλος, το πρόγραμμα αποθηκεύει την συνολική ισχύ σε ένα πίνακα κάνοντας χρήση της συνάρτησης `save ()`. Το όνομα που παίρνει είναι `PV.mat` και τα δεδομένα προέρχονται από τον πίνακα `P_t`.

Πρόγραμμα 5

Το πρόγραμμα που παρέχεται είναι ένα πρόγραμμα MATLAB που υπολογίζει την κατανάλωση υδρογόνου από οχήματα H2. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί έναν πίνακα με την ονομασία "MH2_Consumption" που περιέχει δεδομένα κατανάλωσης για κάθε ώρα της ημέρας για κάθε μήνα του έτους. Το πρόγραμμα στη συνέχεια εμφανίζει αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιώντας μια σειρά από διαγράμματα που δείχνουν το καμπύλο κατανάλωσης υδρογόνου για όλο το έτος. Τα διαγράμματα παράγονται με την συνάρτηση plot () και τέλος ξανά δημιουργούνται πίνακες από τον αρχικό οι οποίοι χωρίζουν τον χρόνο σε μήνες και έτσι παίρνουμε τις καταναλώσεις, σε μορφή γραφικών πάλι με την εντολή plot (), για κάθε μήνα.

Κυρίως Πρόγραμμα

Ο δοθέν κώδικας είναι ένα σενάριο MATLAB που φαίνεται να υλοποιεί ένα μαθηματικό μοντέλο για ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας με ένα ηλεκτρολύτη και ένα σύστημα αποθήκευσης υδρογόνου. Χωρίς περαιτέρω πληροφορίες, είναι δύσκολο να παρέχει κανείς μια πιο λεπτομερή εξήγηση του σκοπού ή της λειτουργίας του κώδικα. Ωστόσο, μπορούμε να παρέχουμε μια σύντομη επισκόπηση της δομής και της σύνταξης του κώδικα. Το σενάριο ξεκινά με τη χρήση δύο "for" συναρτήσεων για να δημιουργήσουμε μια επανάληψη όπου αφορά κάθε ώρα του χρόνου και ύστερα κάνει χρήση της συνάρτησης "if" αρκετές φορές ώστε να δημιουργηθεί ένας κώδικας της μορφής που έχουμε αναφέρει στο διάγραμμα ροής. Ο κώδικας εξυπηρετεί το φορτίο πρώτα και ύστερα ανάλογα αν περισσεύει ενέργεια θα την μετατρέψει σε υδρογόνο αλλιώς αν το φορτίο δεν εξυπηρετείτε να κοιτάξει αν έχει υδρογόνο ώστε να εξυπηρετήσει βοηθητικά και αυτό το φορτίο αλλιώς να ζητήσει το σύστημα από το δίκτυο ώστε να μπορεί πάντα να εξυπηρετηθεί το φορτίο. Όλα αυτά γίνονται με την χρήση της συνάρτησης "if" όπως προαναφέρθηκε και επιπρόσθετα γίνεται σε κάθε αρχή της μέρας ένας έλεγχος, με μια "if" ακόμα, για την εξυπηρέτηση του αυτοκίνητου με κυψέλες καυσίμου.

Παράρτημα Β

Discount Rate (Επιτόκιο προεξόφλησης): Το επιτόκιο προεξόφλησης είναι το κόστος δανεισμού χρημάτων, συνήθως εκφρασμένο ως ποσοστό του ποσού που δανείζεται κάποιος. Είναι το ποσό που χρεώνεται από ένα δανειστή σε έναν δανειολήπτη για τη χρήση του χρήματος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και υπολογίζεται συνήθως ετησίως, γνωστό ως ετήσιο ποσοστό επιτοκίου (APR).

Inflation Rate (Ποσοστό Πληθωρισμού): Το ποσοστό πληθωρισμού είναι η ταχύτητα με την οποία αυξάνεται το γενικό επίπεδο των τιμών για αγαθά και υπηρεσίες κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος. Υπολογίζεται με τον υπολογισμό της ποσοστιαίας μεταβολής του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (CPI), που αποτελεί έναν ανακαταναμημένο δείκτη τιμών για ένα καλάθι αγαθών και υπηρεσιών που αγοράζονται για τα νοικοκυριά.

Project Life (Διάρκεια Έργου): Η διάρκεια ζωής του έργου αναφέρεται στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα εκτελείται και θα συντηρείται ένα έργο από την έναρξή του έως την ολοκλήρωσή του. Είναι ένα σημαντικό έννοια στη διαχείριση έργων που παρέχει ένα πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση ενός έργου.

Initial Cost (Αρχικό Κόστος): Το αρχικό κόστος αναφέρεται στα συνολικά έξοδα που απαιτούνται για την απόκτηση, κατασκευή ή ανάπτυξη ενός περιουσιακού στοιχείου ή έργου. Είναι ένα σημαντικό έννοια στην επιχειρηματικότητα και τη χρηματοοικονομία και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της εφικτότητας μιας επένδυσης ή ενός έργου. Το αρχικό κόστος περιλαμβάνει όλα τα έξοδα που προκύπτουν στην αρχή ενός έργου, από την αγορά γης ή περιουσιακού στοιχείου μέχρι το κόστος σχεδιασμού, σχεδίασης, κατασκευής και παραδόσεως.

Capital Cost (Κεφαλαιακό Κόστος): Το κεφαλαιακό κόστος αναφέρεται στο συνολικό ποσό χρημάτων που απαιτείται για την απόκτηση, κατασκευή ή ανάπτυξη ενός περιουσιακού στοιχείου όπως ένα κτίριο, εξοπλισμός ή υποδομή. Είναι ένα σημαντικό έννοια στη χρηματοοικονομία, την επιχειρηματικότητα και τη μηχανική, και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της εφικτότητας ενός έργου και της απαιτούμενης χρηματοδότησης.

Operation and Maintenance Costs (Κόστη Λειτουργίας και Συντήρησης): Τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης αναφέρονται στα συνεχή έξοδα που συνδέονται με τη λειτουργία, επισκευή και συντήρηση ενός κεφαλαίου περιουσιακού στοιχείου, όπως ένα κτίριο, εξοπλισμός ή υποδομή. Είναι μία σημαντική έννοια στη χρηματοοικονομία, την επιχειρηματικότητα και τη μηχανική, και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του συνολικού κόστους κυριοκτησίας και λειτουργίας ενός κεφαλαίου στοιχείου κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής του.

Initial Capital Cost (Αρχικό Κεφαλαιακό Κόστος): Το αρχικό κεφαλαιακό κόστος, γνωστό και ως αρχικό κόστος επένδυσης, αναφέρεται στο συνολικό ποσό χρημάτων που απαιτείται για την απόκτηση, κατασκευή ή ανάπτυξη ενός κεφαλαίου περιουσιακού στοιχείου, όπως ένα κτίριο, εξοπλισμός ή υποδομή. Είναι ένα σημαντικό έννοια στη χρηματοοικονομία, την

επιχειρηματικότητα και τη μηχανική, και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της εφικτότητας μιας επένδυσης ή ενός έργου.

Replacement Cost (Κόστος Αντικατάστασης): Το κόστος αντικατάστασης αναφέρεται στο εκτιμώμενο κόστος αντικατάστασης ενός περιουσιακού στοιχείου με ένα παρόμοιο στοιχείο ίσης αξίας στην τρέχουσα αγορά. Είναι ένα σημαντικό έννοια στον τομέα των ασφαλίσεων, της λογιστικής και της επιχειρηματικότητας και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ποσού αποζημίωσης που απαιτείται για την αντικατάσταση ενός περιουσιακού στοιχείου σε περίπτωση ζημιάς ή απώλειας.

Maintenance Cost (Κόστος Συντήρησης): Το κόστος συντήρησης αναφέρεται στα έξοδα που απαιτούνται για τη διατήρηση ενός περιουσιακού στοιχείου σε καλή λειτουργική κατάσταση, για την πρόληψη βλαβών ή βλαβών και την επέκταση της χρησιμότητας του στοιχείου. Είναι ένα σημαντικό έννοια στη μηχανική, την επιχειρηματικότητα και τη χρηματοοικονομία και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συνεχών εξόδων που συνδέονται με τη λειτουργία και τη συντήρηση ενός κεφαλαιακού στοιχείου κατά τη διάρκεια της χρησιμοποίησής του.

Σε οικονομικούς όρους, ο όρος IV αναφέρεται συνήθως στην υπονοούμενη αποκλίσεις (implied volatility). Η υπονοούμενη αποκλίσεις είναι μια μέτρηση της αναμενόμενης αστάθειας ενός χρηματοοικονομικού ασφαλούς ή οικονομικού μέσου κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, βασισμένη στην τιμή των επιλογών σχετικά με αυτό το ασφαλές. Η υπονοούμενη αποκλίσεις προέρχεται από την προσδοκία της αγοράς για τις μελλοντικές κινήσεις της τιμής του ασφαλούς, και μπορεί να διακυμαίνεται βάσει αλλαγών στο συναίσθημα της αγοράς, στα γεγονότα των ειδήσεων και άλλους παράγοντες.