

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΤΜΗΜΑ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Μελέτη εφαρμογής της βιωσιμότητας υβριδικών μικροδικτύων  
στο νησί της Λήμνου».**

**«Assessing the feasibility and sustainability of hybrid Microgrid systems in the  
island of Lemnos»**

**Μαντζόπουλος Γεώργιος**

**Επιβλέπων καθηγητής: Τζιβανίδης Χρήστος**

**Αθήνα, 2023**



## Ευχαριστίες

Η αναφερόμενη διπλωματική εκπονήθηκε σε συνεργασία με τον Τομέα Θερμότητας, ειδικότερα στο Εργαστήριο Ψύξης & Ηλιακής Ενέργειας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους εμπλεκόμενους που συνέβαλαν στην επιμόρφωση αλλά και στην διαμόρφωση της πανεπιστημιακής επιμόρφωσης μου, σε ολόκληρη την φοιτητική μου θητεία.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων Καθηγητή Κ. Χρήστο Τζιβανίδη, για το σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα που μου παρέδωσε για μελέτη, συγχρόνως να τον ευχαριστήσω για τον χώρο και τον χρόνο που μου έδωσε, ώστε να μπορέσω να αναπτύξω στο έπακρον τις σκέψεις και τι ιδέες μου, για την αμεσότητα των απαντήσεών του και την καθοδήγησή του σε αυτό το ταξίδι.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ και η αμέριστη μου ευγνωμοσύνη διατρέχει την οικογένεια και τους φίλους, που μου συμπαραστάθηκαν σε οποιαδήποτε απόφαση και πράξη της φοιτητικής μου σταδιοδρομίας.

Γεώργιος Μαντζόπουλος

Αθήνα, 2023





## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	15
Abstract .....	16
1.1:Ορισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	17
1.2: Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	18
1.2.1 Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρική Ενέργειας .....	18
1.2.2 Τα Διάφορα Ηλεκτρικά Συστήματα.....	19
1.3 Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Στην Ελλάδα .....	20
1.3.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	20
1.3.1.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Στην Ελλάδα .....	21
1.3.1.2 Παραγωγή Ενέργειας .....	26
1.3.1.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα .....	28
1.3.2 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	29
1.3.3 Το Ελληνικό Σύστημα Διανομής.....	31
2.1 Ορισμοί περί των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .....	32
2.2 Ηλιακή Ενέργεια .....	34
2.2.1 Τεχνολογίες Τοποθέτησης Ηλιακής Ενέργειας .....	37
2.3 Αιολική Ενέργεια .....	38
2.3.1 Διαχωρισμός Τεχνολογιών Αιολικής Ενέργειας .....	41
2.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	42
2.5 Οι Α.Π.Ε. Στην Ελλάδα .....	44
2.5.1 Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και Α.Π.Ε. ....	45
2.5.2. Ηλιακή Ενέργεια Στην Ελλάδα .....	46
2.5.3 Αιολική Ενέργεια Στην Ελλάδα.....	49
2.5.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια Στην Ελλάδα.....	51
3.1 Υβριδικά συστήματα .....	53
3.1.1 Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα .....	54
3.1.2 Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των υβριδικών σταθμών .....	54
3.2 Τρόποι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. ....	55
3.3 Συσχέτιση μικροδικτύου και υβριδικών συστημάτων .....	58
4.1: Σχετικά με τα μικροδίκτυα .....	60
4.2: Οφέλη και Λειτουργία.....	60

4.3 Κατηγορίες μικροδικτύων .....	62
4.4 Συστήματα Υβριδικών-Μικροδικτύων ανά τον κόσμο.....	63
4.4.1 Το νησί της Κύθνου .....	63
4.4.2 Το νησί της Τήλου.....	64
4.4.3 Το σύστημα μικροδικτύου του νησιού Ελ Ιέρο .....	66
4.4.4 Το σύστημα μικροδικτύου του νησιού Isle of Eigg .....	67
4.4.5 Το σύστημα μικροδικτύου-αποθήκευσης ενέργειας των εταιρειών NEOEN – TESLA στο διασυνδεδεμένο σύστημα της νότιας Αυστραλίας.....	68
5.1 Η Λήμνος .....	70
5.2 Α.Σ.Π. Λήμνου.....	71
5.2.1 Το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Λήμνου .....	73
5.2.2 Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις του νησιού .....	73
5.2.3 Στοιχεία αιολικών εγκαταστάσεων της Λήμνου. ....	74
5.3 Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού φορτίου της Λήμνου.....	76
5.3.1 Καμπύλης φορτίου της νήσου Λήμνου.....	81
5.3.2 Η συνολική παραγωγή ενέργειας για τις απαιτήσεις του φορτίου .....	83
5.4 Η διασύνδεση των ΜΔΝ με το κεντρικό δίκτυο της χώρας .....	86
6.1 Συνοπτική περιγραφή σκοπού επιλογής της Λήμνου .....	89
6.2 Το λογισμικό HOMER-PRO .....	90
6.2.1 Περαιτέρω ανάλυση των 3 βασικών λειτουργιών του Homer-Pro .....	91
6.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του λογισμικού Homer-Pro .....	93
6.3 Δεδομένα Συστήματος .....	94
6.3.1 Κλιματικά Δεδομένα της Λήμνου.....	94
6.3.2 Το φορτίο της Λήμνου.....	97
6.4 Δεδομένα δομικών στοιχείων και παράμετροι του υβριδικού μικροδικτύου. ....	100
6.5 Ανάλυση Προσομοιώσεων των Υβριδικών Μικροδικτύων.....	105
6.5.1 Σενάριο Πρώτο .....	112
6.5.2 Σενάριο Δεύτερο .....	120
6.5.4 Σενάριο Τρίτο .....	128
6.5.5 Σενάριο Τέταρτο.....	135
6.5.6 Σύγκριση των αυτόνομων υβριδικών μικροδικτύων .....	141
6.5.7 Σενάριο Διασύνδεση με το Εθνικό Δικτύου .....	145

6.6 Συμπεράσματα .....	151
------------------------	-----

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Πηγή: <a href="https://www.slideshare.net/dutchpower/arno-smets-tu-delft-presentation-arnhem">https://www.slideshare.net/dutchpower/arno-smets-tu-delft-presentation-arnhem</a> .....	19
Εικόνα 2: Γεωγραφική κατανομή των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής Πηγή: ( Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η. Α.Ε.) n.d.) .....	23
Εικόνα 3:Γεωγραφική κατανομή των ιδιωτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής Πηγή: <a href="https://elisme.gr/">https://elisme.gr/</a> .....	24
Εικόνα 4: Μερικό των πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Πηγή: <a href="https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/">https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/</a> ..	25
Εικόνα 5: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Η/Π ανά καύσιμο Πηγή: <a href="https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/">https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/</a> .....	26
Εικόνα 6:Εξέλιξη παραγωγικού δυναμικού για την περίοδο 2020-2030 Πηγή: <a href="https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/">https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/</a> .....	27
Εικόνα 7: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με την ΔΕΗ Πηγή: <a href="http://www.opengov.gr">http://www.opengov.gr</a> .....	28
Εικόνα 8:Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς Ελλάδα 2020. Πηγή: <a href="https://www.admie.gr/">https://www.admie.gr/</a> .....	30
Εικόνα 9:Προσδοκίες διασύνδεσης του συστήματος Πηγή: <a href="https://www.admie.gr/">https://www.admie.gr/</a> .....	30
Εικόνα 10:Δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Πηγή: <a href="https://www.ceep.be/3176-2/">https://www.ceep.be/3176-2/</a> .....	31
Εικόνα 11:Παραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Πηγή: <a href="https://dieddie.gr/">https://dieddie.gr/</a> .....	33
Εικόνα 12:Δυνητικό δυναμικό ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής Πηγή: <a href="https://solargis.com/cn/maps-and-gis-data/download/europe">https://solargis.com/cn/maps-and-gis-data/download/europe</a> .....	35
Εικόνα 13:Σύστημα Φωτοβολταϊκού Πηγή: <a href="https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/solar-energy-equipment-system-vector-34322713">https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/solar-energy-equipment-system-vector-34322713</a> .....	36
Εικόνα 14:Υπεράκτιο και Ηπειρωτικό αιολικό πάρκο. Πηγή: <a href="https://ukinvestormagazine.co.uk/bp-submits-10bn-plan-to-build-offshore-wind-farm-in-aberdeen/">https://ukinvestormagazine.co.uk/bp-submits-10bn-plan-to-build-offshore-wind-farm-in-aberdeen/</a> .....	39
Εικόνα 15: Ανεμογεννήτριες Οριζόντιου και Κάθετου Άξονα Πηγή: <a href="https://sunen.gr/en/aytonoma-systimata-me-fotovoltaika-anemogennitria-mpataries-kai-ilektrogennitria-2/">https://sunen.gr/en/aytonoma-systimata-me-fotovoltaika-anemogennitria-mpataries-kai-ilektrogennitria-2/</a> .....	39
Εικόνα 16:Τα βασικά τμήματα μιας ανεμογεννήτριας. Πηγή: <a href="https://automationforum.co/what-is-wind-energy-and-how-does-it-work/">https://automationforum.co/what-is-wind-energy-and-how-does-it-work/</a> .....	40
Εικόνα 17:Μέση ταχύτητα ανέμου στην Ευρώπη. Πηγή: <a href="https://www.google.com/url?sa=i&amp;url=https%3A%2F%2Fwww.esa.int%2FESA_Multimedia%2FImages%2F2018%2F01%2FWind_speed_in_Europe&amp;sig=AOvVaw1FxiU3Yx7huk0JrJlOJ84y&amp;ust=1686581521516000&amp;source=images&amp;cd=vfe&amp;ved=0CAQQjB1qFwoTCKjKzve7u_8CFQAAAAAdAAAAABAE">https://www.google.com/url?sa=i&amp;url=https%3A%2F%2Fwww.esa.int%2FESA_Multimedia%2FImages%2F2018%2F01%2FWind_speed_in_Europe&amp;sig=AOvVaw1FxiU3Yx7huk0JrJlOJ84y&amp;ust=1686581521516000&amp;source=images&amp;cd=vfe&amp;ved=0CAQQjB1qFwoTCKjKzve7u_8CFQAAAAAdAAAAABAE</a> .....	40
Εικόνα 18:Υδροηλεκτρική μονάδα. Πηγή: <a href="https://www.samaviyavoice.com/2023/05/what-is-hydroelectric-energy.html">https://www.samaviyavoice.com/2023/05/what-is-hydroelectric-energy.html</a> .....	43
Εικόνα 19:Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και σταθμών Πηγή: <a href="https://dieddie.gr/">https://dieddie.gr/</a> .....	45
Εικόνα 20:Παραγωγή μέσω ΑΠΕ στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας Πηγή: <a href="https://dieddie.gr/">https://dieddie.gr/</a> .....	46
Εικόνα 21: Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά βέλτιστης κλίσης και ετήσια ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά σταθερού άξονα (προσανατολισμού) Πηγή: <a href="https://myengineeringworld.net/2013/08/Excel-photovoltaic-system-calculator-Greece.html">https://myengineeringworld.net/2013/08/Excel-photovoltaic-system-calculator-Greece.html</a> .....	46
Εικόνα 22:Η μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα. Πηγή: <a href="https://dieddie.gr/">https://dieddie.gr/</a> .....	47
Εικόνα 23:Εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/">https://www.rae.gr/</a> .....	48

Εικόνα 24: Η εγκατεστημένη Αιολική Ισχύς ανά περιοχή για το 1ο εξάμηνο του 2022. Πηγή: <a href="https://www.admie.gr/">https://www.admie.gr/</a> .....	50
Εικόνα 25: Το Αιολικό δυναμικό τη Ελλάδας. Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/">https://www.rae.gr/</a> .....	50
Εικόνα 26: Κατανομή Υδροηλεκτρικών εργοστασίων ανά την Ελλάδα Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/">https://www.rae.gr/</a> .....	52
Εικόνα 27: Εξέλιξη ανά 5-ετία της εγκατεστημένης ισχύς των ΥΗΣ στην Ελλάδα Πηγή: <a href="https://www.dei.gr">https://www.dei.gr</a> .....	52
Εικόνα 28: Υβριδικό σύστημα παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας Πηγή: <a href="https://blog.csiro.au/energy-pick-n-mix-hybrid-systems-next-big-thing/">https://blog.csiro.au/energy-pick-n-mix-hybrid-systems-next-big-thing/</a> .....	53
Εικόνα 29: Αποθήκευση Ενέργειας Πηγή: <a href="https://www.engineernewsnetwork.com/blog/gravitricity-sets-sights-on-leith-for-1-million-energy-storage-demonstrator/">https://www.engineernewsnetwork.com/blog/gravitricity-sets-sights-on-leith-for-1-million-energy-storage-demonstrator/</a> .....	56
Εικόνα 30: Διάρκεια φόρτισης και εκφόρτισης των συμβατικών μέσων αποθήκευσης Πηγή: <a href="http://www.change-climate.com/Renewables/Hydrogen_Economy_The.htm">http://www.change-climate.com/Renewables/Hydrogen_Economy_The.htm</a> .....	57
Εικόνα 31: Αποτύπωση της προσδοκίας ανάπτυξης της εγκατεστημένης ισχύς των συστημάτων αποθήκευσης. Πηγή: <a href="https://www.astrasolar.com.au/post/bloombergnef-asia-pacific-to-become-battery-central">https://www.astrasolar.com.au/post/bloombergnef-asia-pacific-to-become-battery-central</a> .....	57
Εικόνα 32: Υβριδικό Μικροδίκτυο. Πηγή: <a href="https://www.nigeriaelectricityhub.com/download/electricity-access-in-sub-saharan-africa-case-for-renewable-energy-sources-micro-grid/">https://www.nigeriaelectricityhub.com/download/electricity-access-in-sub-saharan-africa-case-for-renewable-energy-sources-micro-grid/</a> .....	59
Εικόνα 33: Το συνολικό σύστημα ενός μικροδικτύου. Πηγή: <a href="https://www.pure-greenconsulting.com/project/swansea-university-bay-campus">https://www.pure-greenconsulting.com/project/swansea-university-bay-campus</a> .....	61
Εικόνα 34: Διασύνδεση συστήματος διαχείρισης και των στοιχείων του μικροδικτύου. Πηγή: <a href="https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf">https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf</a> .....	62
Εικόνα 35: Η εγκατάσταση του μικροδικτύου στη Κύθνο. Πηγή: <a href="https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf">https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf</a> .....	64
Εικόνα 36: Η εγκατάσταση του μικροδικτύου στη Τήλο. Πηγή: <a href="http://www.aiolikigi.gr/el/green-stories/%CF%84%CE%BF-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF-tilos/">http://www.aiolikigi.gr/el/green-stories/%CF%84%CE%BF-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF-tilos/</a> .....	65
Εικόνα 37: Το υβριδικό σύστημα του νησιού στο Ελ Ιέρο. Πηγή: <a href="https://yenesplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/">https://yenesplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/</a> .....	66
Εικόνα 38: Το υβριδικό σύστημα του νησιού στο Isle of Eigg. Πηγή: <a href="https://yenesplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/">https://yenesplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/</a> .....	68
Εικόνα 39: Το σύστημα των συσσωρευτών της Αδελαΐδας. Πηγή: <a href="https://www.tesla.com/">https://www.tesla.com/</a> .....	69
Εικόνα 40: Ο χάρτης της Νήσου Λήμνου Πηγή: <a href="http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html">http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html</a>	70
Εικόνα 41: Αυτόνομος Σταθμός Παραγωγής Λήμνου. Πηγή: <a href="http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html">http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html</a> .....	71
Εικόνα 42: Δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης Λήμνου Πηγή: <a href="http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html">http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html</a> .....	73
Εικόνα 43: Ρόδο ανέμου για το νησί της Λήμνου. Πηγή: <a href="https://www.meteoblue.com/">https://www.meteoblue.com/</a> .....	74
Εικόνα 44: Οι ανεμογεννήτριες ENERCON E-44 της Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμων Πηγή: <a href="https://www.ppcr.gr/el/">https://www.ppcr.gr/el/</a> .....	75
Εικόνα 45: Καμπύλη Διάρκειας ισχύος του φορτίου της Λήμνου για τις περιόδους 2016-2020. Πηγή: I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΡΑΕ.pdf (rae.gr).....	78
Εικόνα 46: Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Βάρος Πηγή: <a href="https://www.ppcr.gr/el/">https://www.ppcr.gr/el/</a> .....	85
Εικόνα 47: Ωριαία παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά στο νησί της Λήμνου. Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/diavoulefseis/20915/">https://www.rae.gr/diavoulefseis/20915/</a> .....	85
Εικόνα 48: Διασύνδεση των ΜΔΝ. Πηγή: <a href="https://www.admie.gr/">https://www.admie.gr/</a> .....	88

Εικόνα 49: : Η σχέση που ορίζει το Homer μεταξύ των βασικών του λειτουργιών Πηγή: <a href="https://www.homerenergy.com">https://www.homerenergy.com</a> .....	90
Εικόνα 50: Υπολογισμός βελτιστοποίησης Πηγή: <a href="https://www.homerenergy.com/">https://www.homerenergy.com/</a> .....	92
Εικόνα 51:: Η τοποθεσία της Λήμνου σύμφωνα με το λογισμικό Homer-Pro. ....	94
Εικόνα 52: Η μηνιαία οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία για το νησί της Λήμνου. ....	95
Εικόνα 53:Τιμές της μέσης οριζόντιας ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας. ....	95
Εικόνα 54: Αιολικό δυναμικό Λήμνου. ....	96
Εικόνα 55: Τιμές ταχύτητας ανέμου ανά μήνα. ....	97
Εικόνα 56:Εισαγωγή των τιμών της ζήτησης και η ανάλυση που αποτυπώνει το Homer-Pro. ....	98
Εικόνα 57: Το ιστόγραμμα της ζήτησης. ....	98
Εικόνα 58: Μηνιαίο ηλεκτρικό φορτίο της Λήμνου. ....	99
Εικόνα 59: Το ηλεκτρικό φορτίο του νησιού για κάθε ώρα του έτους 2022. ....	99
Εικόνα 60: Η διάρκεια φορτίου της Λήμνου. ....	99
Εικόνα 61: Η μέση ωριαία ηλεκτρική ζήτηση της Λήμνου για κάθε μήνα του έτους 2022.....	100
Εικόνα 62: Καμπύλη ισχύος της Α/Γ Ενεργων-44 των 900 kW. ....	102
Εικόνα 63: Εξέλιξη τιμής μπαταρίας ιόντων λιθίου ανά έτος. ....	103
Εικόνα 64: Αρχιτεκτονική του συστήματος της Λήμνου .....	105
Εικόνα 65: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	106
Εικόνα 66: Κόστος σε βάθος 25ετίας του συστήματος της Λήμνου .....	106
Εικόνα 67: Ετήσιες χρηματοροές του συστήματος της Λήμνου για 25 έτη .....	106
Εικόνα 68: Ετήσιες χρηματοροές κάθε στοιχείου για 25 έτη. ....	107
Εικόνα 69: Μέση μηνιαία ηλεκτρική παραγωγή, συμβολή κάθε δομικού στοιχείου στο δίκτυο.....	108
Εικόνα 70: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους.....	109
Εικόνα 71: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ κατά την διάρκεια του έτους.....	109
Εικόνα 72: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους.....	110
Εικόνα 73:Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 2 κατά την διάρκεια του έτους.....	110
Εικόνα 74:Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους .....	111
Εικόνα 75: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 2 κατά την διάρκεια του έτους.....	111
Εικόνα 76: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 3 κατά την διάρκεια του έτους.....	111
Εικόνα 77: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου. ....	112
Εικόνα 78: Αρχιτεκτονική του 1ου σεναρίου. ....	113
Εικόνα 79 :Βελτιστοποιημένο σενάριο .....	113
Εικόνα 80: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	114
Εικόνα 81: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος για έναν χρόνο .....	114
Εικόνα 82: Κόστος κάθε δομικού στοιχείου.....	114
Εικόνα 83:Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια.....	115
Εικόνα 84: Ετήσιες χρηματοροές για 25 έτη χρόνια .....	115

Εικόνα 85: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο. .....	116
Εικόνα 86: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους.....	117
Εικόνα 87: : Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ Enercon-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	117
Εικόνα 88: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ Norvento nED 24 100 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	117
Εικόνα 89: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους.....	118
Εικόνα 90: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα 4,5 MW ( 1) προερχόμενη από το Α.Σ.Π. Μυκόνου κατά την διάρκεια του έτους.....	118
Εικόνα 91: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα 4,5 MW ( 2) προερχόμενη από το Α.Σ.Π. Μυκόνου κατά την διάρκεια του έτους.....	118
Εικόνα 92: Φόρτιση των συσσωρευτών κατά την διάρκεια του έτους ανά μήνα και ώρα .....	119
Εικόνα 93: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου. ....	119
Εικόνα 94: Αρχιτεκτονική του 2ου σεναρίου .....	120
Εικόνα 95: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	122
Εικόνα 96: Συνολικό κόστος για ένα έτος .....	122
Εικόνα 97:Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια .....	123
Εικόνα 98:Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια .....	123
Εικόνα 99: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο. .....	124
Εικόνα 100:Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους .....	125
Εικόνα 101: Παραγόμενη Ισχύς από τα προστιθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους.....	125
Εικόνα 102:Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	126
Εικόνα 103:Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους.....	126
Εικόνα 104: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) (2) κατά την διάρκεια του έτους.....	126
Εικόνα 105: Παραγόμενη Ισχύς από την εγκατεστημένη συμβατική μονάδα από το Α.Σ.Π. Σαντορίνης κατά την διάρκεια του έτους.....	127
Εικόνα 106: Κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών ετησίως. ....	127
Εικόνα 107: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου .....	128
Εικόνα 108: Αρχιτεκτονική του 3ου σεναρίου. ....	129
Εικόνα 109: α κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	130
Εικόνα 110: Συνολικό κόστος για ένα έτος .....	130
Εικόνα 111: Κόστος κάθε στοιχείου για ένα έτος για το σενάριο ένταξης υδρογόνου .....	130
Εικόνα 112: Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια .....	131
Εικόνα 113: Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια .....	131
Εικόνα 114: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους .....	132

Εικόνα 115: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	133
Εικόνα 116: Παραγόμενη Ισχύς από τις εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Vestas 660 kWκατά την διάρκεια του έτους.....	133
Εικόνα 117: Παραγόμενη Ισχύς από την εγκατάσταση των Fuel-Cell του κατά την διάρκεια του έτους. ....	133
Εικόνα 118: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους.....	134
Εικόνα 119: Παραγωγή υδρογόνου μέσα στο έτος .....	134
Εικόνα 120: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποικατά την διάρκεια του χρόνου .....	134
Εικόνα 121: Αρχιτεκτονική του 4ου σεναρίου .....	135
Εικόνα 122: Συνολικό κόστος για ένα έτος .....	137
Εικόνα 123: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	137
Εικόνα 124: Ετήσιες Χρηματορροές για 25 χρόνια .....	137
Εικόνα 125: Ετήσιες Χρηματορροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια .....	138
Εικόνα 126: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο. ....	139
Εικόνα 127: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους .....	139
Εικόνα 128 : Παραγόμενη Ισχύς από τα προστιθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους.....	140
Εικόνα 129: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	140
Εικόνα 130: Παραγόμενη Ισχύς από τις εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom- E-103 EP2 (2350 MW) κατά την διάρκεια του έτους .....	140
Εικόνα 131: Κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών ετησίως. ....	141
Εικόνα 132: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου .....	141
Εικόνα 133: Αρχιτεκτονικής του σεναρίου διασύνδεσης.....	146
Εικόνα 134: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po .....	147
Εικόνα 135: : Συνολικό κόστος για ένα έτος .....	147
Εικόνα 136: Ετήσιες Χρηματορροές για 25 χρόνια .....	148
Εικόνα 137: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου διασύνδεσης του υβριδικού μικροδικτύου .....	148
Εικόνα 138: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου διασύνδεσης του υβριδικού μικροδικτύου .....	148
Εικόνα 139: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο. ....	149
Εικόνα 140: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους .....	149
Εικόνα 141: Παραγόμενη Ισχύς από τα προστιθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους.....	149
Εικόνα 142: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους.....	150
Εικόνα 143: Παραγόμενη Ισχύς από τις προστιθέμενες Α/Γ Enercom-44 (900kW)κατά την διάρκεια του έτους	150
Εικόνα 144: Χαρακτηριστικά του δικτύου μέσα στον χρόνο .....	150
Εικόνα 145: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου .....	151



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ηλεκτροπαραγωγή στη Ελλάδα για το 2022. Πηγή: <a href="https://energypress.gr/">https://energypress.gr/</a> .....	27
Πίνακας 2: Απόδοση του Φ/Β σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Πηγή: <a href="https://www.peimar.com/ww/products/?fbclid=IwAR0XuAY7SjYmeletE2uktTk8CZ8ltU2wPMOAO1Kw_AKM-NNcht_tgz5G1zg">https://www.peimar.com/ww/products/?fbclid=IwAR0XuAY7SjYmeletE2uktTk8CZ8ltU2wPMOAO1Kw_AKM-NNcht_tgz5G1zg</a> .....	37
Πίνακας 3: Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα για τα φωτοβολταϊκά έως το 2030. Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/">https://www.rae.gr/</a> .....	48
Πίνακας 4: Λειτουργικά χαρακτηριστικά του Α.Π.Σ. της Λήμνου. Πηγή: <a href="https://deddie.gr/">https://deddie.gr/</a> .....	72
Πίνακας 5: Το φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας της Λήμνου μηνιαίως για τα έτη 2018 έως 2019 Πηγή: Στοιχεία Εκκαθαρίσεων στα ΜΔΝ   ΔΕΔΔΗΕ ( <a href="https://deddie.gr/">deddie.gr</a> ).....	77
Πίνακας 6: Ετήσια αιχμή και ετήσιο ελάχιστο για τις περιόδους 2017 και 2022. Πηγή: I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΡΑΕ.pdf ( <a href="https://www.rae.gr/">rae.gr</a> ) .....	78
Πίνακας 7: Εκτίμηση αιχμής και ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου της Λήμνου από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. το έτος 2021. Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	79
Πίνακας 8: Μηνιαία εξέλιξη φορτίου για το 2022 Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiýn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	79
Πίνακας 9: Εγκατεστημένη Ισχύς της Λήμνου Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiýn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	83
Πίνακας 10: Εκτίμηση εξέλιξης της εγκατεστημένης ισχύς των Α.Π.Ε. της Λήμνου από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. το έτος 2021 Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf">https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf</a> .....	86
Πίνακας 11: Λειτουργικά Χαρακτηριστικά των συμβατικών γεννητριών του Α.Π.Σ. της Λήμνου Πηγή: I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΡΑΕ.pdf ( <a href="https://www.rae.gr/">rae.gr</a> ).....	101
Πίνακας 12: Ενεργειακή παραγωγή για ολόκληρο τον χρόνο για κάθε στοιχείο του συστήματος .....	108
Πίνακας 13: Ετήσια παραγωγή του υβριδικού μικροδικτύου.....	116
Πίνακας 14: Βελτιστοποιημένο σενάριο .....	121
Πίνακας 15: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου του υβριδικού μικροδικτύου .....	124
Πίνακας 16: Βελτιστοποιημένο σενάριο .....	130
Πίνακας 17: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου του υβριδικού μικροδικτύου .....	131
Πίνακας 18: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο. ....	132
Πίνακας 19: Βελτιστοποιημένο σενάριο .....	136
Πίνακας 20: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου του υβριδικού μικροδικτύου .....	138
Πίνακας 21: Βελτιστοποιημένο σενάριο .....	146

## Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Μείγμα Εγκατεστημένης Ισχύος Στην Ελλάδα 2021 Πηγή: <a href="https://deddie.gr/">https://deddie.gr/</a> .....	24
Διάγραμμα 2: Μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για το έτος 2022. Πηγή: Δημοσιοποίηση Στοιχείων Εκκαθαρίσεων και Μηνιαίων Δελτίων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά   ΔΕΔΔΗΕ (deddie.gr) .....	72
Διάγραμμα 3: Η πάροδος της ενεργειακής ζήτησης της Λήμνου. Πηγή: I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΡΑΕ.pdf (rae.gr) .....	77
Διάγραμμα 4: Η μηνιαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Λήμνο τα έτη 2021 & 2022. Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	77
Διάγραμμα 5: Μηνιαία εξέλιξη του φορτίου της Λήμνου για το έτος 2022. Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	80
Διάγραμμα 6: Ηλεκτρικό φορτίο Λήμνου Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiýn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	81
Διάγραμμα 7: Διαγράμματα ημερήσιας καμπύλης ισχύος για τέσσερις τυχαίες μέρες κάθε εποχής. Πηγή: <a href="https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwnn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/">https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiýn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/</a> .....	82
Διάγραμμα 8: Αιχμή και ελάχιστη ζήτηση του νησιού. Πηγή: <a href="https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf">https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf</a> .....	83
Διάγραμμα 9: Εγκατεστημένη Ισχύς της Λήμνου. Πηγή: Στοιχεία Εκκαθαρίσεων στα ΜΔΝ   ΔΕΔΔΗΕ (deddie.gr)	84
Διάγραμμα 10: Παραγόμενη ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών. Πηγή: Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά   ΔΕΔΔΗΕ (deddie.gr) .....	85
Διάγραμμα 11: Μηνιαία παραγόμενη ενέργεια από αιολικά πάρκα στην Λήμνο Πηγή: Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά   ΔΕΔΔΗΕ (deddie.gr) .....	86
Διάγραμμα 12: Ετήσια Παραγωγή συστήματος Λήμνου .....	108
Διάγραμμα 13: : Ετήσια παραγωγή ενέργειας του κάθε στοιχείου. ....	116
Διάγραμμα 14: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 2 του υβριδικού μικροδικτύου .....	124
Διάγραμμα 15: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 4 του υβριδικού μικροδικτύου .....	139
Διάγραμμα 16: Σύγκριση με βάση το NPC .....	142
Διάγραμμα 17: Σύγκριση σεναρίων βάση LCOE. ....	142
Διάγραμμα 18: Σύγκριση σεναρίων βάση του κόστους λειτουργίας του συστήματος .....	143
Διάγραμμα 19: Σύγκριση σεναρίων βάση της κατανάλωσης καυσίμου . ....	143
Διάγραμμα 20: Σύγκριση σεναρίων βάση της Διείσδυσης των ΑΠΕ. ....	144
Διάγραμμα 21: Σύγκριση σεναρίων βάση το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα .....	144
Διάγραμμα 22: Σύγκριση συστημάτων βάση των ρύπων τους. ....	145

## Περίληψη

Κάθε χώρα στην σύγχρονη εποχή και ειδικά οι χώρες της Ευρωζώνης, είναι υποχρεωμένες να συμβαδίζουν με τους κανόνες και τις νέες τάσεις που προωθούνται για την ενέργεια και το κλίμα. Η Ευρώπη τα τελευταία χρόνια ήρθε αντιμέτωπη με μια πρωτοφανή ενεργειακή κρίση, η οποία είναι συνυφασμένη με την μείωση των εισαγωγών του φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται ένα από τα καύσιμα, από το οποίο εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό το ενεργειακό τοπίο πολλών δυτικών χωρών. Επομένως η αβεβαιότητα που προήλθε από το φυσικό αέριο και τα προηγμένα χρόνια στις τιμές των πετρελαιοειδών πυροδότησαν την σημερινή ενεργειακή κρίση, ι το αντίκτυπό της παρατηρείται μέχρι και σήμερα. Οι αυξημένες τιμές γύρω από την ενέργεια αλλά και η αβεβαιότητα που ειπώθηκε οδηγούν τις χώρες στην ενεργειακή αυτονομία, αυτή όμως μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν οι χώρες εκμεταλλεύονται ορθά τους φυσικούς πόρους τους. Έτσι παρατηρείται μια στροφή όσων αφορά την ενέργεια και την χρήση της, με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να βρίσκονται στο προσκήνιο, καθώς δεν εξαντλούνται, δεν είναι επιβλαβείς προς το φυσικό περιβάλλον και οξύνουν την ζητούμενη ενεργειακή αυτονομία της εκάστοτε χώρας. Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες που θέλει να πρωτοστατήσει σε αυτή την ενεργειακή μετάβαση, καθώς η μορφολογία της και ο κλιματικός της χαρακτήρας μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλες επενδύσεις γύρω από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ ήδη περίπου το 30% του ενεργειακού μείγματος της προέρχεται από Α.Π.Ε.

Ωστόσο το μείζον ζήτημα της Ελλάδος είναι πως δεν έχει ομοιόμορφη διασύνδεση, καθώς μέχρι και σήμερα πολλά νησιά έχουν δικά τους αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα. Έτσι γεννείται το μεγάλο πρόβλημα της υψηλής τιμής της ενέργειας σε αυτές τις περιοχές, λόγω των αποστάσεων, της μεταφοράς των καυσίμων, την κακή κατάσταση του δικτύου στα νησιά. Ενώ πρόβλημα αποτελεί και η περιορισμένη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, γιατί έτσι δεν μπορεί κανένα σύστημα να εκμεταλλευτεί το ηλιακό και αιολικό δυναμικό της χώρας.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθεί ενεργειακά και οικονομοτεχνικά η δυνατότητα τοποθέτησης και εγκατάστασης ενός υβριδικού μικροδικτύου, το οποίο θα παράγει και θα αποθηκεύει ενέργεια στο νησί της Λήμνου για το έτος 2022 και σύμφωνα με τα δεδομένα που λήφθηκαν από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. Συγχρόνως θα καταγραφεί και θα σχολιαστεί το οικονομικό και ενεργειακό αποτύπωμα των διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εν γένει αν θα μπορούσε το συγκεκριμένο υβριδικό μικροδίκτυο να μειώσει την τιμή της παραγόμενης ενέργειας και αν όντως συμμετέχει στην στόχο της ενεργειακής ουδετερότητας που έχει θέσει η Ελλάδα.

## Abstract

This thesis examines the imperative for countries, particularly those within the Eurozone, to align with evolving energy and climate trends. In recent years, Europe has confronted an unprecedented energy crisis, primarily stemming from reduced natural gas imports. As a pivotal fuel source for numerous Western nations, the uncertainty surrounding natural gas, coupled with fluctuating oil prices, has exacerbated the prevailing energy crisis. The escalating costs of energy, alongside the associated uncertainties, have compelled countries to pursue energy autonomy, contingent upon the optimal utilization of their indigenous natural resources. Consequently, a paradigm shift towards renewable energy sources has emerged, given their inexhaustible nature, environmental compatibility, and their potential to facilitate energy self-sufficiency. Greece, with its unique topography and climate, aspires to assume a leading role in this energy transition, with approximately 30% of its energy matrix already being derived from renewable sources.

However, Greece faces a critical challenge in terms of disparate interconnectivity, as numerous islands continue to operate their autonomous power systems. Consequently, these regions encounter inflated energy prices due to logistical complexities, fuel transportation, and suboptimal infrastructure. Moreover, the limited penetration of renewable energy sources impedes the efficient harnessing of Greece's solar and wind potential.

The primary objective of this thesis is to conduct an energy and economic feasibility analysis pertaining to the installation and operation of a hybrid microgrid on the island of Lemnos. By leveraging data sourced from the Distribution Network Operator, DEDDIE-HEDNO, this research endeavors to evaluate the viability of implementing a hybrid microgrid in 2022. Furthermore, an assessment of the economic and energy footprint of available renewable energy sources will be undertaken, with particular emphasis on the potential reduction in energy costs and its contribution to Greece's overarching goal of achieving energy neutrality.

# Κεφάλαιο 1: Περιγραφή των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας

---

## 1.1: Ορισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας

«Ενέργεια καλείται η δυνατότητα που έχει ένα σώμα ή σύστημα να παράγει έργο». Έτσι λοιπόν κάθε διαδικασία μικρής ή μεγάλης κλίμακας προϋποθέτει την διάθεση ενέργειας. Για αυτό κάθε σύστημα απαιτεί κατανάλωση ενέργειας για να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Η ενέργεια μπορεί να χαρακτηριστεί και να κατηγοριοποιηθεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα πάντα με τον τρόπο παραγωγής, διάθεσης ή αποθήκευσης.

- Δυναμική Ενέργεια,
- Θερμική Ενέργεια,
- Κινητική Ενέργεια,
- Ατομική Ενέργεια,
- Ηλεκτρική Ενέργεια,
- Χημική Ενέργεια,
- Πυρηνική Ενέργεια κτλ.,

Στην σύγχρονη εποχή οι τρόποι παραγωγής της πρωτεύουσας μορφής ενέργειας διακρίνονται σε δύο. Αρχικά υπάρχουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) οι οποίες είναι: η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η χρήση βιομάζας. Έπειτα υπάρχουν οι μη ανανεώσιμες ή όπως ονομάζονται οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας, που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον και προέρχονται από ορυκτά καύσιμα όπως είναι: ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Στην προκείμενη κατηγορία ανήκει και η πυρηνική ενέργεια, καθώς κατά την χρήση της χρησιμοποιείται ουράνιο σε ορυκτή μορφή.

Από τις παραπάνω μορφές ενέργειας η πιο γνωστή και αυτή που συντέλεσε στην ανάπτυξη της κοινωνίας και του σύγχρονου πολιτισμού είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Τα πιο αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δυνατότητά της να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις, καθώς και η εύκολη μετατροπή της σε άλλες μορφές ενέργειας.

Ουσιαστικά λοιπόν, η ηλεκτρική ενέργεια περιγράφεται ως η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα και πιο ειδικά η ενέργεια που παράγεται κατά την κίνηση των ηλεκτρονίων εντός ενός αγωγού, όταν στα άκρα του παρατηρείται μια διαφορά δυναμικού. Οι σημερινές κοινωνίες χρησιμοποιούν ως γνώμονα ευημερίας και επιβίωσης την ηλεκτρική ενέργεια, καθώς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής των ανθρώπων.

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί με πολλούς και διάφορους τρόπους, ο κύριος τρόπος και πιο διαδεδομένος είναι η καύση ορυκτών ουσιών (πετρέλαιο, άνθρακας, λιγνίτης), έπειτα υπάρχουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αναφέρθηκαν προγενέστερα καθώς και τα πυρηνικά εργοστάσια. Με την πάροδο του χρόνου και ειδικά την τελευταία δεκαετία γίνεται μια κοινή προσπάθεια ώστε να αυξηθεί αισθητά η εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών στο μείγμα παραγωγής της ενέργειας κάθε χώρας. Η ηλεκτρική ενέργεια όμως έχει ως μεγαλύτερό της ελάττωμα την δυσκολία της μακροχρόνιας αποθήκευσης της. Έτσι ιδανικά αυτή η μορφή ενέργειας οφείλει να καταναλώνεται αμέσως μετά την παραγωγή της είτε να αποθηκεύεται σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας( δυναμική, χημική). Για αυτό το λόγο πλέον παρατηρείται η διασύνδεση των χωρών μέσω ενός πλέγματος ηλεκτρικού δικτύου ώστε η παραγόμενη ενέργεια να καταναλίσκεται άμεσα και αποδοτικά.

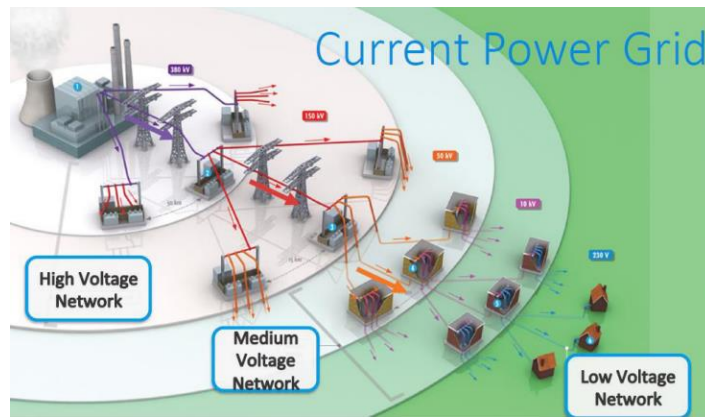
## 1.2: Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι ο συνδυασμός μονάδων και εγκαταστάσεων (ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών) που χρειάζονται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στους τελικούς χρήστες. Οι προϋποθέσεις εύρυθμης λειτουργίας ενός Σ.Η.Ε. είναι η παροχή αδιάκοπης, σταθερής, οικονομικής και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ηλεκτρικής ενέργειας. Με στόχο την εξασφάλιση υψηλής αξιοπιστίας προς τους καταναλωτές

### 1.2.1 Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρική Ενέργειας

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχει 4 βασικούς πυλώνες που χρησιμοποιούνται για την διεκπεραίωση των απαιτήσεων των καταναλωτών. Οι τέσσερις πυλώνες που χαρακτηρίζουν το δίκτυο διανομής και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι εξής:

1. Σύστημα Μεταφοράς,
2. Σύστημα Παραγωγής,
3. Σύστημα Διανομής ,
4. Κατανάλωση.



Εικόνα 1: Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Πηγή: <https://www.slideshare.net/dutchpower/arno-smets-tu-delft-presentation-arnhem>

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το Σ.Η.Ε. περιλαμβάνει τέσσερις πυλώνες αρχίζοντας από το σύστημα παραγωγής που ουσιαστικά είναι και ο πυρήνας της όλης διαδικασίας. Το σύστημα παραγωγής λοιπόν αποτελείται από τις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ή από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίες παράγουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον στο σύστημα παραγωγής συμπεριλαμβάνονται και τα συστήματα και οι υποσταθμοί της υψηλής τάσης.

Η διασύνδεση των σταθμών παραγωγής γίνεται μέσω του συστήματος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και ουσιαστικά μεταφέρονται μεγάλα ποσά ισχύος σε υπέρμετρες αποστάσεις προς τον τόπο κατανάλωσης. Το σύστημα μεταφοράς λοιπόν περιλαμβάνει το δίκτυο των γραμμών μεταφοράς, τους σταθμούς μετασχηματισμού της τάσης των γραμμών και τους σταθμούς ζεύξης του δικτύου. Η τάση αναφοράς του συστήματος κυμαίνεται από 10kV έως 400kV.

Έπειτα υπάρχει το δίκτυο διανομής, που απαρτίζεται από το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης, στο οποίο δίκτυο περιλαμβάνεται και οι υποσταθμοί μετασχηματισμού της μέσης τάσης σε χαμηλή. Για να μπορέσει λοιπόν η ηλεκτρική ενέργεια να διανεμηθεί στους χρήστες μέσης και χαμηλής τάσης, πρέπει η τάση που χαρακτηρίζει το παραπάνω σύστημα να κυμαίνεται μεταξύ 230kV-20kV.

Τελικά ως κατανάλωση ορίζεται το φορτίο ισχύος που καταλήγει και καταναλώνει ο τελικός χρήστης.

### 1.2.2 Τα Διάφορα Ηλεκτρικά Συστήματα

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας διαφέρουν ακόμα και μέσα στην ίδια την χώρα και αυτό οφείλεται κυρίως στην ποικιλομορφία του εδάφους. Η συνέπεια αυτής της ποικιλομορφίας είναι η ανάγκη διαχωρισμού των Σ.Η.Ε. , καθώς υπάρχουν πολλές περιοχές που είναι απομακρυσμένες και έχουν την ανάγκη για ένα δικό τους αποκεντρωμένο σύστημα. Σύμφωνα και με την μορφολογία της Ελλάδος τέτοιες περιοχές είναι τα νησιά και κάποιες απομακρυσμένες ορεινές περιοχές. Επομένως η ανάγκη διαμερισμού των Σ.Η.Ε. είναι επιτακτική ώστε να μπορέσουν να καλυφθούν οι στοιχειώδεις ανάγκες ηλεκτρισμού και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές, οπότε τα Σ.Η.Ε χωρίζονται ως εξής:

- Μη διασυνδεδεμένα ή Αυτόνομα, Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Διασυνδεδεμένα Συστήματα Ενέργειας.

Τα διασυνδεδεμένα Δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ως ιδιότητες, διαταραχής τους από εναλλασσόμενο ρεύμα και ότι τόσο η συχνότητα όσο και η τάση τους μένει αναλλοίωτη (δίκτυα άπειρου ζυγού) από τις επιρροές των πρόσθετων φορτίων (π.χ. γεννήτριες, συστήματα καύσης). Παρατηρείται λοιπόν το πλεονέκτημα των διασυνδεδεμένων συστημάτων και δικαιολογείται η προσπάθεια των χωρών ενοποίησης των συστημάτων αυτών. Ενδεικτικά αυτή η διασύνδεση-ενοποίηση των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας μια χώρας ονομάζεται Εθνικό Διασυνδεδεμένο Δίκτυο.

Όσων αφορά τα μη διασυνδεδεμένα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ως ειδοποιός διαφορά συγκριτικά με τα διασυνδεδεμένα την απαίτηση να καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες της απομακρυσμένης περιοχής, που δεν έχει συνδεθεί στο εθνικό δίκτυο, κάθε χρονική στιγμή. Το συγκεκριμένο είδος δικτύου δεν διακατέχεται από σταθερή τάση, συνεπώς ρυθμίζει συνεχώς την συχνότητα και παράγει άεργη ισχύ ώστε να ρυθμίζεται και η τάση του συστήματος. Στην συνέχεια τα αυτόνομα συστήματα χαρακτηρίζονται από αστάθεια και ειδικά όταν η παραγόμενη ενέργεια από μονάδες ανανεώσιμων πηγών υπερβαίνουν το φορτίο, τότε η περίσσεια ενέργεια πρέπει να αποθηκευτεί ή να καταναλωθεί με άλλο τρόπο, για την αποφυγή εμφάνισης του φαινομένου της αστάθειας στο σύστημα. Όπως παρατηρείται λοιπόν τα αυτόνομα δίκτυα δεν χαρακτηρίζονται από άπειρο ζυγό επομένως οποιαδήποτε αλλαγή στο φορτίο επηρεάζει έντονα το σύστημα. Έτσι τα αυτόνομα Σ.Η.Ε. αναγκαστικά έχουν διατάξεις τόσο αποθήκευσης ενέργεια όσο και συστήματα διαχείρισης και ελέγχου του φορτίου.

### 1.3 Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Στην Ελλάδα

Η Ελλάδα όπως προαναφέρθηκε διαχωρίζει το σύστημα ηλεκτρικής της ενέργειας σε 3 πυλώνες, το σύστημα παραγωγής, το σύστημα διανομής και το σύστημα διανομής-διάδοσης. Λόγω της γεωπολιτικής της μορφής η Ελλάδα περιλαμβάνει στην εμβέλεια της πολλά νησιά, σε δυσανάλογες αποστάσεις τόσο μεταξύ τους όσο και από την ηπειρωτική χώρα. Συνεπώς η Ελλάδα απαρτίζεται από πολλά μη διασυνδεδεμένα συστήματα ενέργειας και λόγω αυτής της ιδιομορφίας είναι ιδιαίτερη περίπτωση τόσο από ερευνητική όσο και από επενδυτική σκοπιά.

#### 1.3.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Αρχικά λοιπόν όπως έχει παρατηρηθεί για την παραγωγή και την εκμετάλλευση της ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζονται κάποιες πρωτογενείς πηγές είτε συνδυασμός αυτών. Είναι γεγονός ότι από χώρα σε χώρα παρατηρούνται διαφορές σχετικά με τον τρόπο παραγωγής της ενέργειας πάντα ανάλογα με τις δυνατότητες κάθε χώρας (κλίμα, γεωμορφολογία), τους πόρους και την ενεργειακή πολιτική. Οι πρωτογενείς αυτές ύλες είναι τα ορυκτά καύσιμα (στερεά, υγρά ή αέρια), ο πυρήνας του ατόμου του ουρανίου κατά κύριο λόγο για την χρήση της πυρηνικής ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Σήμερα στην Ελλάδα μετά από διάφορες στατιστικές μελέτες οι σημαντικότερες πηγές από τις οποίες παράγεται ενέργεια είναι:

- Το Φυσικό Αέριο.
- Ο Λιγνίτης.
- Τα Πετρελαιοειδή Προϊόντα

Και οι τύποι των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που συναντάμε στη χώρα μας, είναι :

- Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΘΗΣ)
- Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί
- Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μηχανές εσωτερικής καύσης
- Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αεριοστρόβιλο
- Σταθμοί συνδυασμένου κύκλου

Στην αντίπερα όχθη ο πιο αναπτυσσόμενος τρόπος ενεργειακής παραγωγής, μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα τελευταία χρόνια έχει εδραιωθεί στο εθνικό μείγμα της Ελλάδος. Συνεπώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην Ελλάδα είναι:

- Η ηλιακή ενέργεια,
- η αιολική ενέργεια και
- η υδροηλεκτρική ενέργεια μέσω υδροηλεκτρικών σταθμών,

Είναι γνωστό ότι το εθνικό ενεργειακό σύστημα επηρεάζεται από διάφορες δραστηριότητες είτε από τις ανάγκες της οικονομίας της χώρας, από τις συνεχείς επενδύσεις και την ανάπτυξη που φέρνουν σε διάφορους κλάδους, από τις πολιτικές και τα ρυθμιστικά πλαίσια για την ενέργεια και το περιβάλλον. Ακόμα και από τους ίδιους τους καταναλωτές και την αλόγιστη χρήση της ενέργειας ειδικά στην σύγχρονη εποχή.

Με την πάροδο του χρόνου και σύμφωνα με τις οδηγίες της Ε.Ε. η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας «ελευθερώθηκε». Ουσιαστικά η οδηγία αυτή επιτρέπει την ύπαρξη διαφορετικών παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας εκτός της Δ.Ε.Η. και την δυνατότητα στους καταναλωτές να διαλέξουν τον κατάλληλο πάροχο που τους εξυπηρετεί. Η οργανωτική δομή που συντονίζει και στηρίζει την αγορά σήμερα καλείται Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ή (Ρ.Α.Ε.). Ειδικότερα η Ρ.Α.Ε. είναι υπεύθυνη για τον διαμερισμό των ίσων ευκαιριών της αγοράς ,καθώς και την παροχή αδειών λειτουργίας σε παραγωγούς και προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας.

### 1.3.1.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Στην Ελλάδα

Ο ορισμός της ισχύος παραθέτει ότι είναι «η στιγμιαία δυνατότητα ενός συστήματος να παράξει ή να καταναλώσει ενέργεια». Η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα το S.I. είναι τα WATT.

Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς αγγίζει τα 21.400 MW, ενώ φαίνεται ότι έχει σχεδόν διπλασιαστεί μετά το άνοιγμα και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αφού πριν από την «απελευθέρωση» η αγορά άνηκε εξολοκλήρου στην Δ.Ε.Η και εγκατεστημένη ισχύς έφτανε τα 12.000 MW.

Αναλυτικότερα λοιπόν η Δ.Ε.Η. κατέχει 12.500 MW εγκατεστημένης ισχύς με την εξής διαφορά συγκριτικά με τα παλαιότερα χρόνια, πως μετέτρεψε το 50% των λιγνιτικών της μονάδων σε μονάδες καύσης φυσικού αερίου. Επομένως ισχύει ότι η Δ.Ε.Η κατέχει:

- Περίπου 4.300 MW με καύσιμο λιγνίτη,
- 3.300 MW υδροηλεκτρικά,
- 2.300 MW Φ/Α,
- 2.500 MW πετρελαϊκές και
- 150 MW ΑΠΕ.

Στην Ελλάδα υπάρχουν κι άλλοι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας που κατέχουν ένα σημαντικό μερίδιο της αγοράς και εγκατεστημένης ισχύς:

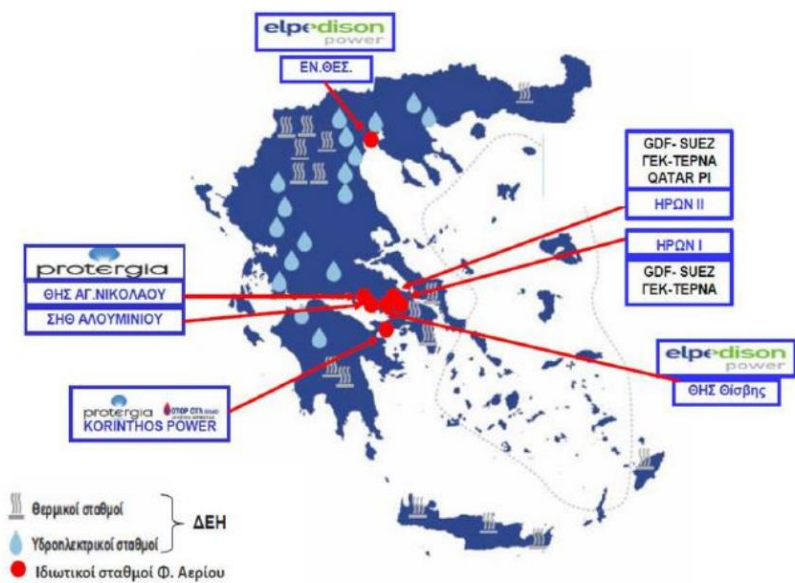
- Protergia που ανήκει στον όμιλο Μυτιληναίος, οι δραστηριότητες της απαρτίζονται τόσο σε παραγωγή όσο και εμπορία ενέργειας.
  - Το 2008 δημιούργησε τον σταθμό Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) 334 MW,
  - το 2011 δύο σταθμούς Φ.Α. έναν 444,5 MW και έναν 436,6 MW.
- Η ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ η οποία κατατάσσεται στην εταιρία που δημιουργήθηκαν μέσω συνεργασιών και ειδικότερα μεταξύ της συνεργασίας της ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ και της GAZ DE FRANCE SUEZ
  - Το 2004 δημιούργησε έναν σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με Φ.Α. 150 MW
  - το 2010 δημιούργησε άλλον έναν σταθμό Φ.Α. ισχύος 432 MW
- Η Eredison, που ανήκει στον όμιλο των ΕΛΠΕ και της ιταλικής εταιρίας Edison, οι τομείς που δραστηριοποιείται είναι η παραγωγή και η εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας.
  - Η αρχή έγινε με έναν σταθμό παραγωγής με Φ.Α. ισχύος 390 MW το 2005,
  - Έπειτα το 2010 άλλος ένας σταθμός παραγωγής με Φ.Α. ισχύος 342 MW.

Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι με την πάροδο του χρόνου οι παραπάνω εταιρίες έχουν προβεί σε επενδύσεις που αυξάνουν την εγκατεστημένη ισχύς τους και αυτές οι επενδύσεις αφορούν κυρίως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργεια, καθώς και την αποθήκευση της.

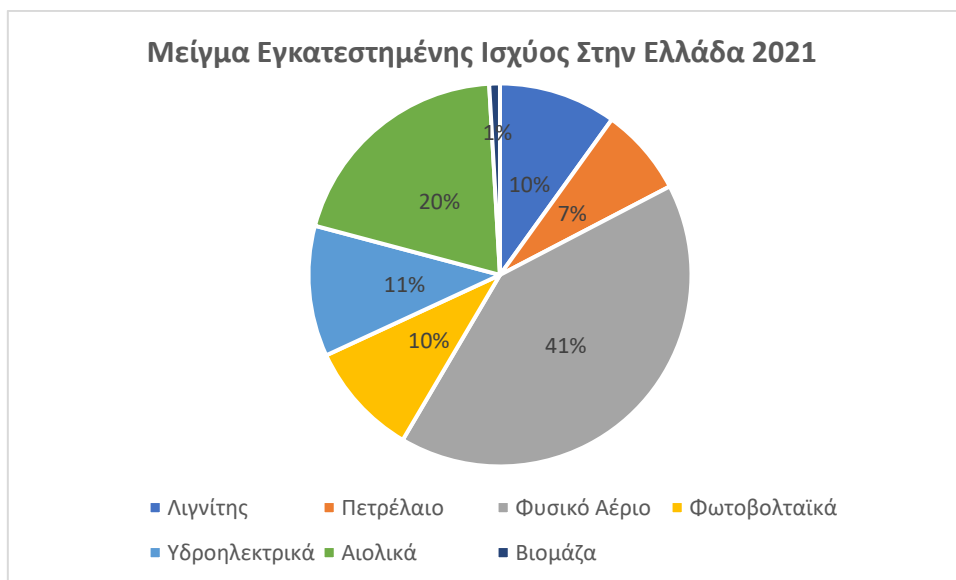
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) <sup>α</sup>	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
<b>Λιγνιτικές Μονάδες</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος Ι	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος ΙΙ	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος ΙΙΙ	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος ΙV	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος V	375	342
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο Ι	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο ΙΙ	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά Ι	300	275
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά ΙΙ	300	275
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά ΙΙΙ	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά ΙV	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α	Μεγαλόπολη ΙΙΙ	300	255
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β	Μεγαλόπολη ΙV	300	256
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μελίτης	Μελίτη Ι	330	289
<b>Σύνολο ισχύος Λιγνιτικών Μονάδων:</b>			<b>4337</b>	<b>3912</b>
<b>Μονάδες Φυσικού Αερίου Συνδυασμένου Κύκλου (ΜΣΚ)</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αλιβερίου	Αλιβέρι V	426,9	417
ΔΕΗ	ΑΗΣ Κομοτηνής	ΜΣΚ Κομοτηνής	484,6	476,3
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο ΙV («Μεγάλη ΜΣΚ»)	560	550,2
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο V («Νέα ΜΣΚ»)	385,2	377,6
ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	ΜΣΚ ΕΝΘΕΣ	408,4	400,3
ΗΡΩΝ ΙΙ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΟΙΩΠΙΑΣ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ ΙΙ	ΜΣΚ ΗΡΩΝ ΙΙ	432	422,1
ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER	ΘΗΣ Αγ. Θεοδώρων	ΜΣΚ Αγ. Θεοδώρων	436,6	433,5
ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ Θιοβής	ΜΣΚ Θιοβής	421,6	410
PROTERGIA	ΘΗΣ Αγ. Νικολάου	ΜΣΚ Αγ. Νικολάου	444,5	432,7
<b>Σύνολο ισχύος Μονάδων ΦΑ Συνδυασμένου Κύκλου:</b>			<b>3999,8</b>	<b>3919,7</b>
<b>Μονάδες Φυσικού Αερίου Ανοικτού Κύκλου</b>				
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	3 μονάδες	148,5	147,8
<b>Σύνολο ισχύος Ατμοστροβλικών Μονάδων ΦΑ:</b>			<b>148,5</b>	<b>147,8</b>
<b>Καταμερόμενες Μονάδες ΣΗΘΥΑ</b>				
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ	ΘΗΣ Αλουμινίου	3 μονάδες	334 <sup>β)</sup>	334
<b>Σύνολο ισχύος Καταμερόμενων Μονάδων ΣΗΘΥΑ:</b>			<b>334</b>	<b>334</b>
<b>Σύνολο ισχύος Θερμοηλεκτρικών Σταθμών:</b>			<b>8819,3</b>	<b>8313,5</b>



Εικόνα 2: Γεωγραφική κατανομή των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής  
 Πηγή: ( Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η. Α.Ε.) n.d.)



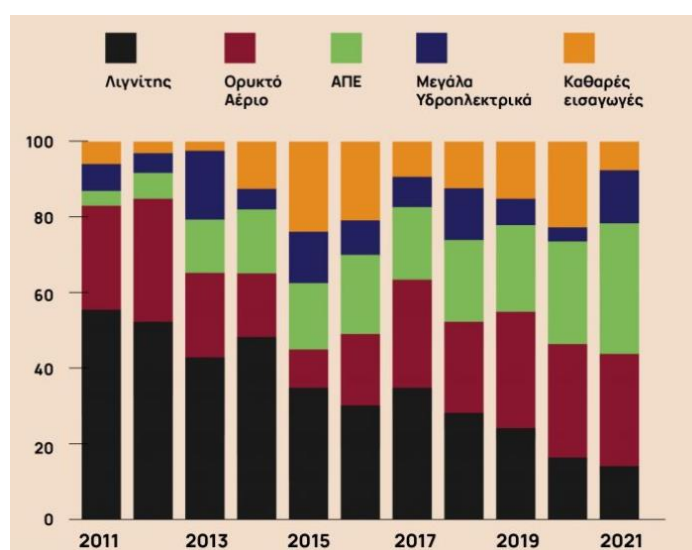
Εικόνα 3:Γεωγραφική κατανομή των ιδιωτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής  
 Πηγή: <https://elisme.gr/>



Διάγραμμα 1: Μείγμα Εγκατεστημένης Ισχύος Στην Ελλάδα 2021  
 Πηγή: <https://deddie.gr/>

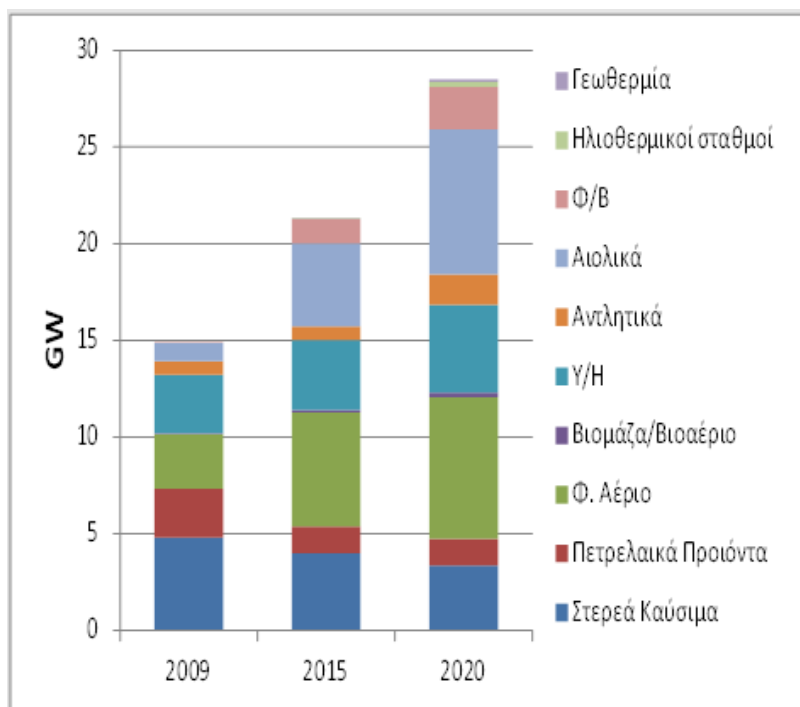
Είναι γνωστό ότι ο λιγνίτης αποτέλεσε και αποτελεί την ναυαρχίδα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα καθώς είναι το καύσιμο με τους περισσότερους εγχώριους πόρους. Ωστόσο η Ελλάδα είναι εξαρτώμενη από τα προϊόντα πετρελαίου και τις συχνές εισαγωγές τους, που δεν προσφέρουν σταθερότητα το ενεργειακό μείγμα. Ειδικά αυτή την περίοδο της ενεργειακής κρίσης η Ελλάδα έχει στραφεί εκ νέου στην λιγνίτη παρά τις φυσικές του επιπτώσεις κατά την καύση του.

Παραταύτα πλέον με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για το περιβάλλον και το κλίμα, και τους περιορισμούς που εντάσσονται καθημερινά για τους αέριους περιβαλλοντικούς ρύπους, παρατηρείται μια νέα προσέγγιση ως προς τις Α.Π.Ε. και την αναγκαιότητα τους. Έτσι λοιπόν το εθνικό ενεργειακό σύστημα επηρεάζεται συνεχώς και ο σχεδιασμός και η σταθεροποίηση του κρίνονται αναγκαία. Ωστόσο την τελευταία δεκαετία παρατηρείται η αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα της χώρας.



Εικόνα 4: Μερίδιο των πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Πηγή: <https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/>.



Εικόνα 5: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Η/Π ανά καύσιμο

Πηγή: <https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/>.

### 1.3.1.2 Παραγωγή Ενέργειας

Η ανάγκη της ηλεκτρική ενέργειας στην κοινωνία όμως δεν περιγράφεται μόνο από την εγκατεστημένη ισχύ που διαθέτει η κάθε χώρα, αντιθέτως είναι η ενέργεια που μπορεί να αποδώσει κάθε σύστημα παραγωγής, όταν η ζήτηση αυξάνεται. Στην Ελλάδα υπάρχουν συγκεκριμένοι τρόποι με τους οποίους παράγει ενέργεια η χώρα αυτήν την στιγμή.

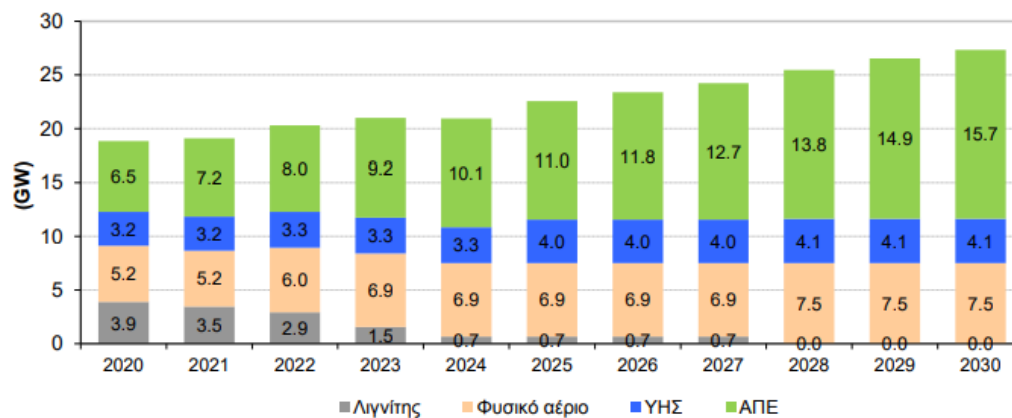
- Τις μονάδες φυσικού αερίου που αποτελούνται κυρίως από στροβίλους και έχουν βαθμό απόδοσης που αγγίζει το 98% Βαθμός απόδοσης περιγράφει πόση είναι η καθαρή ηλεκτρική ενέργεια συγκριτικά με την εγκαταστημένη ισχύ του σταθμού.
- Τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς συμπαραγωγής, οι οποίοι παράγουν ρεύμα και ατμό μέσω της καύσης του λιγνίτη και η απόδοσή τους αγγίζει το 90%.
- Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια τα οποία δεν παρουσιάζουν καθόλου απώλειες και έχουν βαθμό απόδοσης 100%
- Τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες τα οποία παρουσιάζουν βαθμός απόδοσης που αγγίζει το 20% και 30% της εγκατεστημένης τους ισχύς αντιστοίχως.
- Τέλος τις πετρελαϊκές μονάδες με απόδοση που αγγίζει το 95.7%.

Υψη	Ποσοστό
Λιγνίτης	1.338 MWh – 15%
Φυσικό Αέριο	3.697 MWh-43%
Υδροηλεκτρικά	1.887 MWh -22%
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	311 MWh – 4%
Ισοζύγιο Διασυνδέσεων	1.392 MWh – 16%
Τουρκία	459 MWh
Βουλγαρία	390 MWh
Βόρεια Μακεδονία	490 MWh
Αλβανία	53 MWh

Πίνακας 1: Ηλεκτροπαραγωγή στη Ελλάδα για το 2022.

Πηγή: <https://energypress.gr/>

Παρατηρείται λοιπόν ότι το η ηλεκτροπαραγωγή και το ενεργειακό μίγμα της Ελλάδος αποδίδεται σε τεράστιο ποσοστό στα βλαβερά συμβατικά καύσιμα. Το κυριότερο ποσοστό ανήκει σε μεγάλους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς, ενώ σταθερή μένει η ηλεκτροπαραγωγή μέσω των προϊόντων πετρελαίου, λόγω της γεωμορφολογικής εικόνας της Ελλάδος και κυρίως των νησιών που δεν μπορούν να συνδεθούν στο εθνικό δίκτυο. Αναφέρθηκε και πριν ότι την τελευταία δεκαετία βλέπουμε μια συνεχή αύξηση στην χρήση των Α.Π.Ε. και την εισροή τους στο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής, το οποίο είχε αποτέλεσμα την μείωση παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του λιγνίτη. Ωστόσο μέσω της ενεργειακής κρίσης, που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια και με την συνεχή αύξηση της ζήτησης έφεραν εκ νέου τον λιγνίτη στην επιφάνεια με ταυτόχρονη μείωση των επενδύσεων σε Α.Π.Ε. ,με αποτέλεσμα να απομακρυνόμαστε από τους στόχους για την ενέργεια και το κλίμα που έθεσε η Ευρώπη και το κράτος.



Εικόνα 6: Εξέλιξη παραγωγικού δυναμικού για την περίοδο 2020-2030

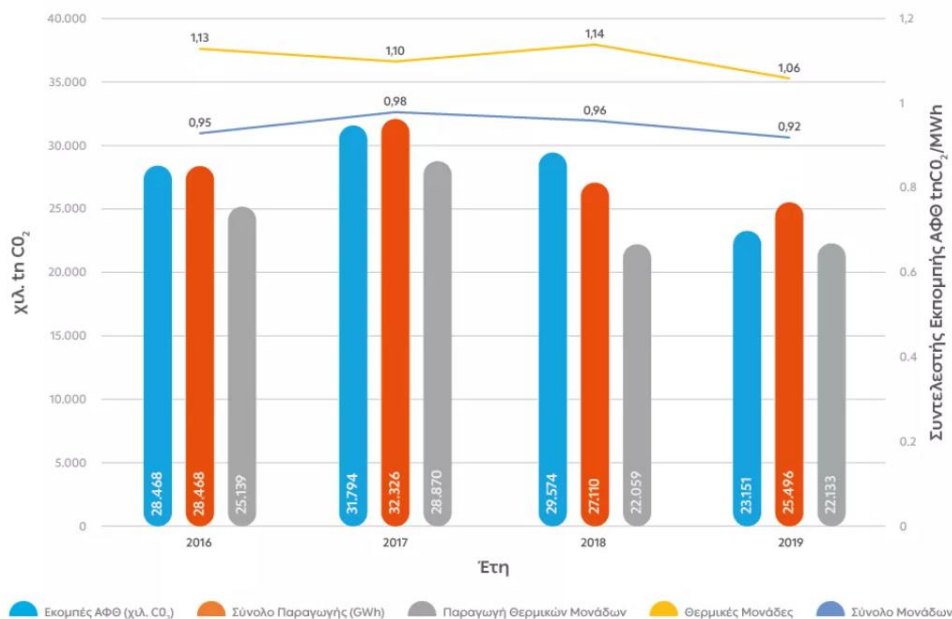
Πηγή: <https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/>.

### 1.3.1.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα διεθνή στατιστικά και την Eurostat η Ελλάδα κατέχει την 6<sup>η</sup> θέση παγκοσμίως σε παραγωγή-εξόρυξη λιγνίτη, ενώ στην Ευρώπη κυμαίνεται στην δεύτερη θέση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις η αποθηκευμένη εγχώρια ποσότητα λιγνίτη, μπορεί να τροφοδοτήσει, στις ίδιες συνθήκες, την Ελλάδα για τα επόμενα 40 χρόνια. Η απαρχή της παραγωγής μέσω υδρογονανθράκων αποτυπώνεται στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα όπου χρειαζόταν περίπου 13 κιλά άνθρακα για την παραγωγή μιας kWh με την σύγχρονη απόθεση 37 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον.

Η αποδοτικότητα των λιγνιτικών μονάδων βελτιώθηκε με την πάροδο του χρόνου και σήμερα έχουν φτάσει σε ένα επίπεδο που αγγίζει το 30%, κυρίως λόγω της χαμηλής θερμογόνου ικανότητα του λιγνίτη που περιορίζει την αποδοτικότητα. Ωστόσο πλέον το μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής έχει εμπλουτιστεί με φυσικό αέριο, το οποίο πρωτοστατεί. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω ανάγκης τα ελληνικά νησιά χρησιμοποιούν εξολοκλήρου μονάδες πετρελαίου.

Η συνεχή ηλεκτροπαραγωγή μέσω των προϊόντων του άνθρακα έχουν ως αποτέλεσμα την έκχυση αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον.



Εικόνα 7: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με την ΔΕΗ  
Πηγή://[www.opengov.gr](http://www.opengov.gr)



### 1.3.2 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από το ηπειρωτικό και το νησιωτικό σύστημα, στο επίπεδο της υπερύψηλης τάσης των 400 kV και στην υψηλή τάση των 150 και 66 kV. Η αρμόδια αρχή διαχείρισης του συστήματος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας καλείται «Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας» ή «Α.Δ.Μ.Η.Ε.». Έτσι λοιπόν οι κυρίες συνιστώσες του συστήματος μεταφοράς είναι:

- Γραμμές Μεταφοράς (εναέριας, υπόγειας και υποβρύχιας),
- Υποσταθμοί μέσης και χαμηλής τάσης
- Και υποσταθμοί υπερύψηλης τάσης.

Σύμφωνα με τον Α.Δ.Μ.Η.Ε. η σπονδυλική στήλη του συστήματος είναι οι τρεις γραμμές υπερύψηλης τάσης των 400kV, που μεταφέρουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το ενεργειακό κέντρο της δυτικής Μακεδονίας. Στην δυτική Μακεδονία παράγεται το 70% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής της χώρας. Το σύστημα λοιπόν πέρα από τις βασικές διασυνδέσεις αποτελείται επίσης και από εναέρια, υπόγεια και υποβρύχια καλώδια τα οποία καθιστούν εύκολη και ταχύρρυθμη μεταφορά ενέργειας στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Επιπρόσθετα πρέπει να αναφερθεί ότι το ελληνικό σύστημα λειτουργεί συγχρόνως με το καθιερωμένο Ευρωπαϊκό σύστημα. Η λειτουργία αυτή είναι δυνατή μέσω της χρήσης γραμμών μεταφορά 400kV για την διασύνδεση της Ελλάδας με την Αλβανία, Βουλγαρία, Βόρεια Μακεδονία και την Τουρκία. Επιπλέον η Ελλάδα συνδέεται ασύγχρονα με την Ιταλία μέσω υποθαλάσσιας ένωσης. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ένα μεγάλο έργο που περατώθηκε το 2022 ήταν η διασύνδεση της ηπειρωτικής χώρας με την νήσο της Κρήτης, ενώ υπάρχουν νέα σχέδια στο προσκήνιο για την διασύνδεση πολλών νησιών με το υφιστάμενο δίκτυο όπως και η ανάπτυξη του συστήματος, ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη διείσδυση Α.Π.Ε.



Εικόνα 8:Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς Ελλάδα 2020.  
 Πηγή: <https://www.admie.gr/>



Εικόνα 9:Προσδοκίες διασύνδεσης του συστήματος  
 Πηγή: <https://www.admie.gr/>

Figure 6. Electricity transmission network in CEE



Εικόνα 10: Δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας  
Πηγή: <https://www.ceep.be/3176-2/>

### 1.3.3 Το Ελληνικό Σύστημα Διανομής

Το εγχώριο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης μέχρι τον τελικό χρήστη. Διαχειριστής του συστήματος είναι ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. ή Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ουσιαστικά το δίκτυο περιλαμβάνει όλους τους υποσταθμούς μέσης και χαμηλής τάσης που κυμαίνονται από 0,4 έως 20 kV, τα μέσα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (εναέρια καλώδια-γραμμές και τον κατάλληλο εξοπλισμό). Σε αυτό το δίκτυο συνδέονται και οι τελικοί χρήστες είτε στην χαμηλή τάση στα 400 V είτε στην μέση τάση στα 20kV. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα διανομής της μέσης τάσης χωρίζεται σε 2 επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα πάντα την δομή και τον τρόπο αξιοποίηση του:

- Βρογχοειδές Δίκτυο Διανομής
- Ακτινικό Σύστημα Διανομής

# 2: Τα χαρακτηριστικά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

---

## 2.1 Ορισμοί περί των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η κοινωνία προοδεύει, αναπτύσσεται μέσω των νέων τεχνολογιών που ανακαλύπτονται με αποτέλεσμα οι ενεργειακές ανάγκες να αυξάνονται διαρκώς. Πλέον ανά τον κόσμο γίνεται αντιληπτή η επίδραση που έχει η ενεργειακή κρίση στην σύγχρονη κοινωνία και η τεράστια εξάρτηση που υπάρχει από τους υδρογονάνθρακες και ειδικά από το φυσικό αέριο, έχει φέρει τεράστιες αναταραχές στο κοινωνικό ισοζύγιο. Πολλές χώρες, πολλές κοινωνίες εξαρτώνται πλήρως από το φυσικό αέριο για την παραγωγή του ενεργειακού μείγματος της χώρας. Ωστόσο η αλόγιστη χρήση αυτών των μέσων παραγωγής ενέργειας έχουν επιφέρει καταστροφικές περιβαλλοντικές συνέπειες. Για αυτό, τόσο λόγω της ενεργειακής κρίσης όσο και των περιβαλλοντικών συνεπειών η χρήση τέτοιων καυσίμων έχει γίνει ένας αστάθμητος παράγοντας και οι χώρες στρέφονται σε εναλλακτικούς τρόπους ηλεκτροδότησης και παραγωγής ενέργειας. Έτσι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έρχονται στο προσκήνιο. Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται οι μορφές ενέργειας που αναπαράγονται από φυσικές διαδικασίες και βρίσκονται σε αφθονία στο περιβάλλον. Σήμερα θεωρούνται ως οι πιο μη ρυπογόνες τεχνολογίες παραγωγής, καθώς δεν χρειάζεται κάποια περαιτέρω διαδικασία για την χρήση τους όπως γίνεται μέσω της καύσης των ορυκτών καυσίμων, για να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια.

Το διεθνές Κοινοβούλιο ορίζει τις Α.Π.Ε. ως τις μορφές ενέργειας που ανανεώνονται φυσικά και αδιάκοπα. Έτσι τις διαχωρίζει σε 2 υποκατηγορίες, τις ανανεώσιμες πηγές που παράγονται χωρίς την χρήση καυσίμων και τις πηγές που κρίνεται απαραίτητη η χρήση κάποιου καυσίμου.

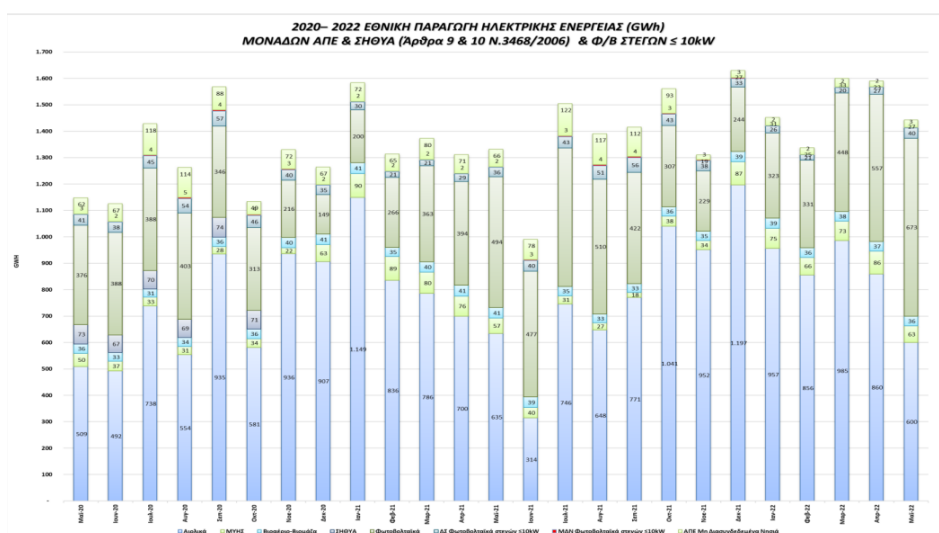
### **A. Ήπιες και καθαρές μορφές ενέργειας:**

- Αιολική Ενέργεια: Είναι η ενέργεια που παράγεται από τα κινούμενα σωματίδια του αέρα. Για να παραχθεί κρίνεται απαραίτητη η χρήση ανεμογεννητριών.
- Ηλιακή Ενέργεια: Ορίζεται ως η ενέργεια που παράγεται κατά την εκμετάλλευση της ακτινοβολίας του ηλίου μέσω φωτοβολταϊκών
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Είναι η ενέργεια που παράγεται μέσω της δυναμικής ενέργειας του κινούμενου νερού η οποία αποταμιεύεται μέσα σε βαρυτικό πεδίο και συγχρόνως με την αποθήκευση μεγάλου όγκου νερού κατά την κατάπτωση γίνεται κινητική. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι στελέχωση από υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

- Ενέργεια από την θάλασσα:
  - Ενέργεια από την παλίρροια: Εκμετάλλευση του φαινομένου της παλίρροιας και της βαρυτικής ιδιότητας που ανυψώνει το νερό, το νερό αποθηκεύεται και κατά την ύστερη κατάπτωση του διοχετεύεται σε μια τουρμπίνα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
  - Κυματική Ενέργεια: Εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας που δημιουργούνται από τα κύματα
  - Ωκεάνια ενέργεια: Βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο, ωστόσο λειτουργεί μέσω της εκμετάλλευσης της διαφοράς θερμοκρασίας των διαφόρων στρωμάτων του ωκεανού.
  - Όσμωτική Ενέργεια: Είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την ανάμειξη του θαλασσινού και γλυκού νερού και ανακτάται μέσω ειδικής μεμβράνης κατά την πρόσμιξη των δύο υγρών.
- Γεωθερμική Ενέργεια: Είναι η εκμετάλλευση της ραδιενεργής αποσύνθεσης των πετρωμάτων στο υπέδαφος και ουσιαστικά της θερμικής ενέργειας που παράγεται είτε για την απευθείας χρήση της θερμότητας είτε χρήση αυτής καθ' αυτής της θερμότητας για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

## B. Ανανεώσιμα Καύσιμα:

- Αστικά Απόβλητα: Κατά την χρήση ης διαλογής των απορριμμάτων από τον αστικό ιστό και η συνεχής αύξηση του πληθυσμού των απορριμμάτων αλλά και των πόλεων , έχουν επιφέρει την ανάγκη για νέους τρόπους χρησιμοποίησης των απορριμμάτων και ενέργειας. Έτσι κατά την καύση-αποτέφρωση των απορριμμάτων σε ειδικές μονάδες μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια και ατμός για τις ανάγκες θέρμανσης.
- Βιοκαύσιμα: Είναι τα καύσιμα που προέρχονται από οργανικά προϊόντα και προέρχονται από την βιομάζα, η οποία είναι το κλάσμα που προέρχεται από την επεξεργασία των οργανικών προϊόντων.



Εικόνα 11: Παραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Πηγή: <https://deddie.gr/>

## 2.2 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια ορίζεται ως η επερχόμενη ακτινοβολία που προέρχεται από τον ήλιο, με την δυνατότητα να παράξει συγχρόνως θερμότητα, χημικές αντιδράσεις ή ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια που καταφτάνει στην ατμόσφαιρα της γης υπερνικά σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη. Η ηλιακή ενέργεια λοιπόν με την κατάλληλη χρήση, έχει την δυνατότητα να υπερκαλύψει τις ενεργειακές ανάγκες παγκοσμίως. Η ηλιακή ενέργεια ως ένα ανεξάντλητο και καθαρό-περιβαλλοντικό μέσο παραγωγής ενέργειας, είναι σίγουρο ότι θα έχει μείζων ρόλο στην απανθρακοποίηση του ενεργειακού μίγματος του πλανήτη, με την ταυτόχρονη αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Η ηλιακή ενέργεια μέσω του διάχυτου φωτός που φτάνει από τον ήλιο είναι πιο ισχυρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που λαμβάνει ο πλανήτης Γη. Ωστόσο η ένταση που λαμβάνει η Γη είναι αισθητά πιο ασθενής, αυτό οφείλεται στην τεράστια ακτινική απόσταση που πρέπει να διανύσουν οι ακτίνες του ήλιου. Επιπρόσθετα ένα μεγάλο ποσοστό κοντά στο 54% του ηλιακού φωτός απορροφάτε από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα και από αυτό το 54% διαχωρίζεται σε, 45% υπέρυθρη, και κάποιες ελάχιστες ποσότητες υπεριώδης ακτινοβολίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά τον κόσμο μπορεί να υπερκαλυφθεί 200.000 φορές από το δυναμικό που προσφέρει η ηλιακή ενέργεια καθημερινά. Μπορεί η ηλιακή ενέργεια να είναι αρκετή για να καλύψει τις ανάγκες της Γης και ακόμα να προσφέρεται δωρεάν, όμως έχει υψηλό κόστος συλλογής, μετατροπής και αποθήκευσης της ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών. Πλέον οι τιμές τόσο εγκατάστασης όσο και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών έχουν μειωθεί αισθητά και είναι προσβάσιμες από όλους.

Η προσπίπτουσα στην γη Ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται κατά κόρον πλέον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως έχει αναφερθεί, και για να παραχθεί αυτή η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται δύο τρόποι:

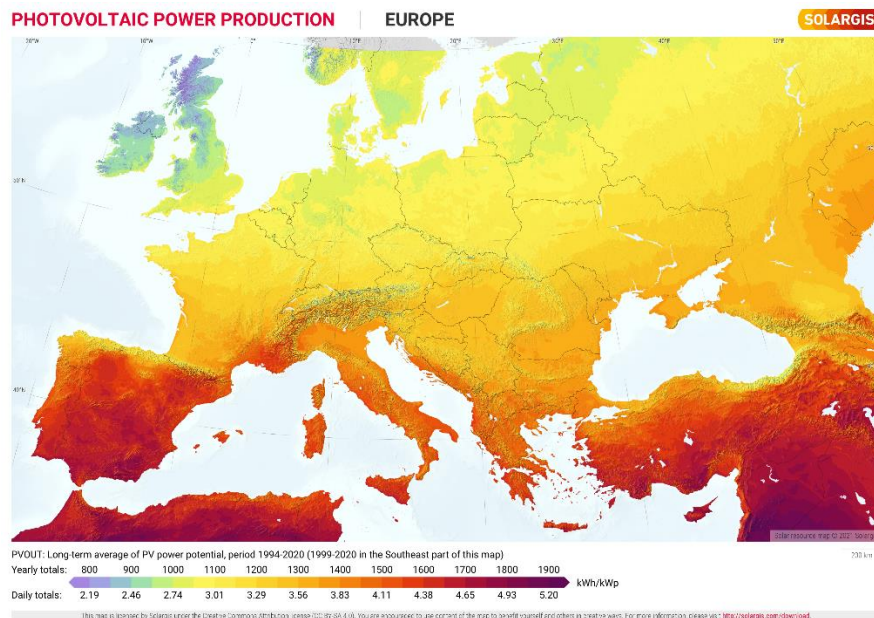
- Θερμική αξιοποίηση:
  - Χαρακτηρίζεται από την χρήση της ακτινοβολίας για να παραχθεί θερμότητα που χρησιμοποιείται κυρίως για την θέρμανση νερού και για την δημιουργία ατμού, ο οποίος ατμός διοχετεύεται σε αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ενέργειας.
- Φωτοβολταϊκά:
  - Έχουν ως χαρακτηριστικό να μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Τα φωτοβολταϊκά είναι ο πλέον καθιερωμένος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, και η λειτουργία βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο και στην ικανότητα διάφορων στοιχείων όταν έρχονται σε επαφή με τον ήλιο να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Ουσιαστικά λοιπόν τα φωτόνια που χαρακτηρίζουν το ηλιακό φως αλληλοεπιδρούν και ενσωματώνονται με τα υλικά αυτά ( συνήθως είναι ημιαγωγοί π.χ. πυρίτιο) και διεγείρουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του υλικού. Έτσι παράγεται κίνηση μεταξύ των ηλεκτρονίων και συνεπώς ηλεκτρικό ρεύμα.



Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων φωτοβολταϊκών έχουν ως τελικό προϊόν το συνεχές ρεύμα (DC) που δεν ταυτίζεται με το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) του δικτύου. Για να μπορέσουν τα δύο αυτά είδη ηλεκτρικού ρεύματος απαιτείται μια συσκευή που λέγεται αντιστροφέας (inverter) έτσι ώστε να γίνεται ομαλά η σύνδεση των φωτοβολταϊκών με το δίκτυο ή με άλλες συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από ένα Φ/Β δεν θεωρείται αρκετή για να καλύψει βασικές ανάγκες, επομένως γίνεται συνδυασμός πολλών φωτοβολταϊκών για την δημιουργία ενός «panel». Έτσι λοιπόν τα Φ/Β βρίσκονται σε διάφορες συστοιχίες παράλληλες ή μη, ώστε να μπορέσει να καλυφθεί η προαπαιτούμενη ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι γεγονός ότι ο βαθμός απόδοσης ενός Φ/Β δεν είναι πολύ μεγάλος και αγγίζει περίπου το 30%. Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση στο σύστημα τα Φ/Β τοποθετούνται πάνω σε κινούμενες βάσεις, με σκοπό να απορροφάτε η μέγιστη προσπίπτουσα ακτινοβολία και να μεγιστοποιείται η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 12: Δυνητικό δυναμικό ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής

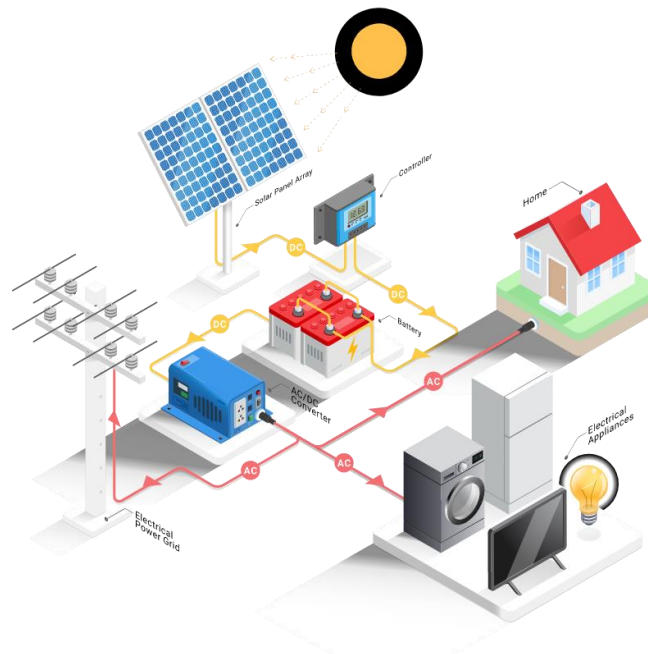
Πηγή: <https://solargis.com/cn/maps-and-gis-data/download/europe>

Οι τεχνολογίες που αφορούν τα φωτοβολταϊκά στην σύγχρονη εποχή και χρησιμοποιούνται ως επι των πλείστων είναι:

- Τα κρυσταλλικά Φ/Β με βάση το πυρίτιο.
  - Το πυρίτιο μεταλλάσσεται ανάλογα με τον τρόπο που κατεργάζεται κάθε φορά και μπορεί να προσδώσει **μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα** υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατασκευή Φ/Β.
- Φ/Β πλαίσια «thin film».
  - Είναι φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου και περιλαμβάνουν πλαίσια **άμορφου πυριτίου, τελλουριούχου καδμίου και δισεληνοϊνδιούχου χαλκού-γαλλίου**.
- Επίπεδα συμπαγή πλαίσια και

- Πλαίσια που είναι ειδικά για την ενσωμάτωσή τους σε κτιριακές μονάδες.

Στην σύγχρονη αγορά το μεγαλύτερο μέρος των Φ/Β είναι μονής όψης, δηλαδή η συλλογή ηλίου γίνεται από την μια πλευρά του Φ/Β και η ισχύς εξόδου του είναι συνάρτηση της διάχυτης και άμεσης ακτινοβολίας. Ακόμα υπάρχουν και Φ/Β διπλής όψης τα οποία παράγουν ενέργεια και από τις δύο πλευρές του Φ/Β και συχνά είναι πιο ανθεκτικά.



**Εικόνα 13: Σύστημα Φωτοβολταϊκού**

Πηγή: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/solar-energy-equipment-system-vector-34322713>

Οποιοδήποτε εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό panel χρησιμοποιείται για ένα σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κατά τ' αυτή την παραγωγή λοιπόν απαιτούμε την μέγιστη δυνατή ισχύ. Επομένως απαιτείται και η μέγιστη δυνατή απόδοση στην μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και αυτή υπολογίζεται από το πηλίκο της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύς προς την προσπίπτουσα ισχύ, η οποία αποδίδεται στην προσπίπτουσα ακτινοβολία. Ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες:

- Προπάντων από το κλίμα και την ηλιακή ένταση που υπάρχει στην περιοχή.
- Από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής καθώς στον νότο παρατηρείται η αύξηση της έντασης της ηλιακής ενέργειας.
- Η κλίση του φωτοβολταϊκού συγκριτικά με το οριζόντιο επίπεδο.



		Απώλεια ακτινοβολίας (%) συγκριτικά με την μέγιστη ετήσια ακτινοβολία									
Κλίση Φ/Β Panel (μοίρες)	90	41,7	42,5	41	41,2	40,3	41,1	41,4	43,5	45,3	48,3
	80	30,7	30,6	30,6	30,6	3,1	33,5	33,5	35,6	38,2	41,5
	70	20,6	20,7	20,9	21,5	22,4	25,9	25,9	28,4	31,6	35,3
	60	12,2	12,4	12,9	13,7	15,1	19,2	19,2	22,2	25,6	29,4
	50	5,7	6,1	6,5	7,8	9,2	13,9	13,9	16,7	20,1	24
	40	1,6	1,8	2,6	3,6	5,2	9,6	9,6	12,5	15,7	19,3
	30	0	0,1	0,7	1,8	3,2	7,1	7,1	9,6	12,3	15,3
	20	0,7	0,8	1,3	2,1	3,2	6,2	6,2	8	10,1	12,2
	10	3,8	3,9	4,2	4,6	5,3	6,9	6,9	7,9	9	10,1
	0	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
Αζιμούθιο (μοίρες)		0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90

Πίνακας 2: Απόδοση του Φ/Β σε διαφορετικούς προσανατολισμούς.

Πηγή:

[https://www.peimar.com/ww/products/?fbclid=IwAR0XuAY7SjYmeletE2uktTk8CZ8ltU2wPMOAO1Kw\\_AKM-NNcht\\_tgz5G1zg](https://www.peimar.com/ww/products/?fbclid=IwAR0XuAY7SjYmeletE2uktTk8CZ8ltU2wPMOAO1Kw_AKM-NNcht_tgz5G1zg)

### 2.2.1 Τεχνολογίες Τοποθέτησης Ηλιακής Ενέργειας

Ο τρόπος απορρόφησης και εν τέλει της διάθεσης- εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από σύστημα περιστροφής του φωτοβολταϊκού. Δηλαδή αν θα είναι σταθερό, αν θα υπάρχει κάποιος μηχανισμός παρακολούθησης ( ακολουθεί τις ακτίνες του ηλίου) κτλ. Εν γένει τα περισσότερα φωτοβολταϊκά πάρκα που παρατηρούνται στην Ελλάδα δεν διαθέτουν σύστημα παρακολούθησης. Ωστόσο η έννοια της παρακολούθησης σχετίζεται άμεσα με την παραγόμενη ισχύ, όσο πιο συχνά ακολουθεί τις ακτίνες του ηλίου, το φωτοβολταϊκό ( για να βρίσκεται κάθετα σε αυτές), τόσο μεγαλύτερη ισχύ παράγει.

- Σταθερά- Fixed Φωτοβολταϊκά: Το συγκεκριμένο είδος ηλιακών είναι προσανατολισμένα και «καρφωμένα» στο έδαφος, ενώ αποτελούν την φθηνότερη εκδοχή φωτοβολταϊκών, Ουσιαστικά η κλίση και το αζιμούθιο του πάνελ είναι σταθερά. Ενδείκνυται να τοποθετούνται προς τον ισημερινό με την κλίση να είναι αάλογη με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής τοποθέτησης, ο λόγος είναι ότι έτσι μεγιστοποιείται η ηλεκτροπαραγωγή.
- Οριζόντια προσαρμογή ανά μήνα: Οι συγκεκριμένοι τύποι φωτοβολταϊκών, έχουν την δυνατότητα οριζόντιας περιστροφής κατά κύριο λόγο στον άξονα Ανατολής-Δύσης. Ενώ η γωνία κλίσης ρυθμίζεται από τον χειριστή στην απαρχή κάθε μήνα, με απώτερο σκοπό, η ακτινοβολία να προσπίπτει κάθετα στο πάνελ.
- Οριζόντια προσαρμογή ανα εβδομάδα: Εκ νέου στον συγκεκριμένο τύπο η περιστροφή γίνεται κατά τον άξονα Ανατολής-Δύσης. Ενώ η γωνία ορίζεται στην αρχή κάθε εβδομάδας, ενώ ο απώτερος σκοπός μένει ίδιος.
- Οριζόντια προσαρμογή καθημερινώς: Εκ νέου στον συγκεκριμένο τύπο η περιστροφή γίνεται κατά τον άξονα Ανατολής-Δύσης. Ενώ η γωνία ορίζεται στην αρχή κάθε ημέρας, ενώ ο απώτερος σκοπός μένει ίδιος.

- Συνεχής προσαρμογή οριζόντιου άξονα: Η κλίση στην προκειμένη περίπτωση ρυθμίζεται συνεχώς, ενώ η ρύθμιση γίνεται στον άξονα Ανατολής-Δύσης. Σκοπός της συνεχώς εναλλασσόμενης κλίσης είναι η μείωση της γωνίας πρόσπτωσης της ακτινοβολίας.
- Συνεχή προσαρμογή ως προς τον κατακόρυφο άξονα : Στην προκειμένη περίπτωση ρυθμίζεται συνεχώς μόνο η τιμή του αζιμούθιο, ώστε να ελαχιστοποιείται η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών.
- Προσαρμογή σε δύο άξονες: Η προσαρμογή είναι ελεύθερη και το πάνελ περιστρέφεται σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Τα συγκεκριμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι τα πιο αποδοτικά αλλά συγχρόνως και τα πιο ακριβά

## 2.3 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται εξολοκλήρου από τον άνεμο που διατρέχει την επιφάνεια της γης. Επομένως βασική προϋπόθεση ύπαρξης της αιολικής ενέργειας είναι ο αέρας ο οποίος δημιουργείται έμμεσα από 3 τρόπους ,την θέρμανση της ατμόσφαιρας από την ήλιο, την περιστροφή και την ανομοιογένεια της επιφάνειας της γης. Είναι γνωστό ότι το (1-2)% της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στην ατμόσφαιρα της γης μεταλλάσσεται σε αέρα. Κατά την κατάρπτωση της ηλιακής ενέργειας στη επιφάνεια της γης και στις περιοχές του ισημερινού, όπου παρατηρείται να είναι πιο έντονη η ισχύς της ακτινοβολίας, θερμαίνουν τις περιοχές αυτές. Έτσι η διαφορά θερμοκρασίας που παρατηρείται στον ισημερινό κι στους πόλους διαμορφώνει μια ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης, έτσι παρατηρείται η μεταφορά διάφορων αέριων μαζών από τις θερμότερες στις ψυχρότερες περιοχές κι αντιστρόφως, και έτσι δημιουργείται ο άνεμος. Έπειτα από παρατηρήσεις μπορεί να διεκπεραιωθεί ότι αν υπήρχε η ικανότητα να απορροφηθεί το ολικό αιολικό δυναμικό του πλανήτη, προσεγγίζεται ότι η ηλεκτρική ισχύς που θα μπορούσε να παραχθεί θα κάλυπτε τις ανάγκες τις ανθρωπότητας εντός ενός χρόνου τουλάχιστον δύο φορές.

Από τις μελέτες που έχουν δημοσιευθεί γύρω από την αιολική ενέργεια για να μπορέσει μια περιοχή να θεωρηθεί ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη, θα πρέπει η μέση ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα από την επιφάνεια της γης να ξεπερνά τα 5,1m/s. Με αυτές τις συνθήκες η περιοχή χαρακτηρίζεται ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη και οι τεχνολογικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χαρακτηρίζονται βιώσιμες. Αξίζει να σημειωθεί ότι και το κόστος εγκατάστασης απλών ανεμογεννητριών έχει ελαττωθεί με το πέρασμα του χρόνου καθώς η αιολική ενέργεια εδραιώνεται και σταθεροποιείται στην αγορά ενέργειας.

Οι απαιτήσεις όμως μια κοινωνίας δεν μπορούν να καλυφθούν από μια μόνο ανεμογεννήτρια και επομένως χρειάζεται ένα σύμπλεγμα ανεμογεννητριών, αυτό το σύμπλεγμα καλείται αιολικό πάρκο. Πλέον η ύπαρξη ενός αιολικού πάρκου δεν υφίσταται μόνο χερσαία αλλά λόγω της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, παρατηρούνται επενδύσεις για την τοποθέτηση των ανεμογεννητριών στην θάλασσα. Η τοποθέτηση των πάρκων στην θάλασσα έχει πολλαπλά οφέλη, με κυριότερο την σπανιότητα με την οποία παρατηρούνται φαινόμενα αϋπνίας και όταν εμφανίζονται δεν διαρκούν αρκετά. Ως μειονέκτημα χαρακτηρίζεται η δυσκολία στην μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας και η συντήρηση του πάρκου.

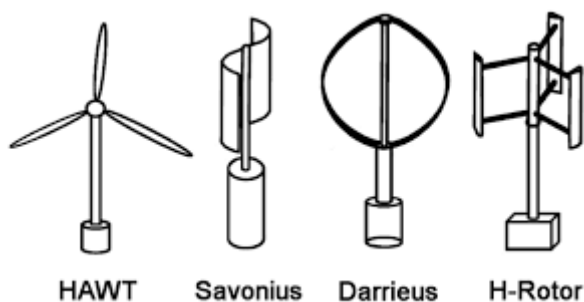


Εικόνα 14:Υπεράκτιο και Ηπειρωτικό αιολικό πάρκο.

Πηγή: <https://ukinvestormagazine.co.uk/bp-submits-10bn-plan-to-build-offshore-win-farm-in-aberdeen/>

Για να γίνει δυνατή η χρήση του ανέμου για την παραγωγή ενέργειας απαιτούνται οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Ανεμογεννήτριες Κάθετου Άξονα, τα πτερύγια τους είναι τοποθετημένα στις δύο άκρες του κατακόρυφου δρομέα.
- Ανεμογεννήτριες Οριζόντιου Άξονα, παρομοιάζουν σε μεγάλο βαθμό τις τουρμπίνες ενός αεροπλάνου, έχουν τρεις πτερύγια και το μέγεθος τους ποικίλει ανάλογα με την ισχύ που απαιτείται.



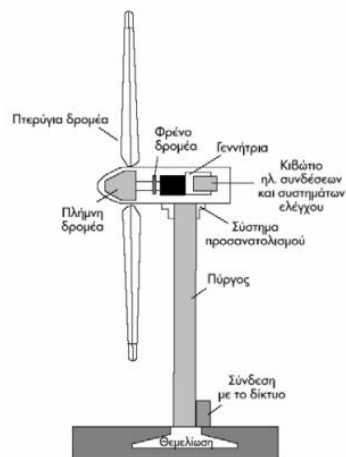
Εικόνα 15: Ανεμογεννήτριες Οριζόντιου και Κάθετου Άξονα

Πηγή: <https://sunen.gr/en/aytonoma-systimata-me-fotovoltaika-anemogennitria-mpataries-kai-ilektrogennitria-2/>

Έτσι όπως έχει εξελιχθεί η αγορά το μεγαλύτερο μερίδιο το κατέχουν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου επιπέδου, το οποίο αγγίζει το 90%. Και η ανεμογεννήτρια αυτή αποτελείται από:

- Δρομέας,
- Την γεννήτρια παραγωγής ενέργεια,
- Πτερύγια,
- Πύργος,
- Σύστημα προσανατολισμού και αυτομάτου ελέγχου,
- Σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται σε δύο τεχνολογίες μεταβλητών και σταθερών στροφών οι οποίες επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις που ζητούνται. Βέβαια οι μεταβλητές στροφές κυριαρχούν στην αγορά γιατί διαθέτουν ευρεία διαχείριση της ταχύτητας του ανέμου. Τέλος ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα που χαρακτηρίζει τις ανεμογεννήτριες μπορούν να χαρακτηριστούν ως επαγωγής τύπου κλωβού, με γεννήτρια επαγωγής τυλιγμένου δρομέα, ανεμογεννήτριες, διπλής τροφοδότησης (DFIG), ανεμογεννήτριες με σύγχρονη γεννήτρια και συστήματα μετατροπών πλήρους ισχύος



Εικόνα 16:Τα βασικά τμήματα μιας ανεμογεννήτριας.

Πηγή: <https://automationforum.co/what-is-wind-energy-and-how-does-it-work/>



Εικόνα 17:Μέση ταχύτητα ανέμου στην Ευρώπη.

Πηγή:

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.esa.int%2FESA\\_Multimedia%2FImages%2F2018%2F01%2FWind\\_speed\\_in\\_Europe&psig=AOvVaw1FxiU3Yx7huk0jRjiOJ84y&ust=1686581521516000&source=images&cd=vfe&ved=0CAQQjB1qFwoTCKjKzve7u\\_8CFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.esa.int%2FESA_Multimedia%2FImages%2F2018%2F01%2FWind_speed_in_Europe&psig=AOvVaw1FxiU3Yx7huk0jRjiOJ84y&ust=1686581521516000&source=images&cd=vfe&ved=0CAQQjB1qFwoTCKjKzve7u_8CFQAAAAAdAAAAABAE)

### 2.3.1 Διαχωρισμός Τεχνολογιών Αιολικής Ενέργειας

Κάποια από τα συνήθη χαρακτηριστικά των περισσότερων ανεμογεννητριών είναι:

- Παραγωγή ισχύος μετά το πέρας του ορίου που αφορά την ταχύτητα ανέμου.
- Η ισχύς αυξάνεται συναρτήσει της ταχύτητας ανέμου μέχρι την ονομαστική ισχύς της Α/Γ.
- Δεν παράγεται ισχύς μετά την ταχύτητα αποκοπής, η οποία είναι μοναδική για κάθε γεννήτρια.

Για να μπορέσουν να ελεγχθούν τα παραπάνω έχουν αναπτυχθεί κάποια συστήματα ελέγχου γύρω από τις ανεμογεννήτριες, ώστε να προστατεύεται το φορτίο και ο στρόβιλος της μηχανής, από την έκθεση της Α/Γ στις υψηλές ταχύτητες ανέμου

- Pitch Control- Ρύθμιση Βήματος: Η ανεμογεννήτρια περιέχει ένα σύστημα ελέγχου, το οποίο μειώνει την αεροδυναμική της απόδοση. Ουσιαστικά λοιπόν το κάθε πτερύγιο της Α/Γ περιστρέφεται ακτινικά στο άξονα περιστροφής που διαθέτουν. Όλα αυτά κατά την διάρκεια που η ταχύτητα του αέρα προσεγγίζει την ονομαστική ταχύτητα της Α/Γ. Με το που η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί τότε η ανεμογεννήτρια, δηλαδή η προστιθέμενη ρύθμιση, αλλάζει το βήμα του πτερυγίου. Οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες κατά κύριο λόγο δεσμεύουν την ταχύτητα του αέρα πιο αποδοτικά ακόμα και σε μικρότερες ταχύτητες καθώς, ανανεώνεται συνεχώς το βήμα του πτερυγίου.
- Ανεμογεννήτριες κατά Stall: Άλλος ένας μηχανισμός ρύθμισης της ισχύος, στην προκειμένη περίπτωση το ακροπτερύγιο έχει σχεδιαστεί ώστε να αυξάνει την γωνία προσβολής του ανέμου, το οποίο το πετυχαίνει με την αεροδυναμική ρύθμιση που το διατρέχει κατά μήκος του άξονα του. Η γωνία προσβολής ουσιαστικά μεταφέρει τον αέρα στην μία πλευρά του πτερυγίου και έτσι παρουσιάζονται κάποιες ιδιαίτσες αναταράξεις και έτσι αποκόπτεται η λειτουργία της Α/Γ.

Πέρα από τον τρόπο ελέγχου που παρουσιάζουν οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες, συνήθως διαχωρίζονται ανάλογα το μέγεθός και κυρίως ανάλογα την ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας. Έτσι υπάρχουν οι ανεμογεννήτριες μικρής μεσαία και μεγάλης κλίμακας.

- Μικρής κλίμακας: Η διάμετρο των πτερυγίων των συγκεκριμένου είδους ανεμογεννητριών κυμαίνεται μεταξύ 0,510 m και η εγκατεστημένη ισχύς τους προσεγγίζει τα 250 kW. Αυτού του είδους οι ανεμογεννήτριες απευθύνονται σε ιδιώτες και ιδιωτική χρήση, ενώ είναι ιδανικές για τις απομακρυσμένες περιοχές της χώρας, που δεν υπάρχει άμεση πρόσβαση με το ηπειρωτικό δίκτυο.
- Μεσαίας κλίμακας: το μέγιστο ύψος τους δεν ξεπερνά τα 100 m, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς είναι κοντά 0,11 MW. Οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες ενδείκνυται για μη διασυνδεδεμένες περιοχές αλλά και σε ιδιώτες όπως οι επιχειρήσεις, που έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες.
- Υψηλής κλίμακας: Οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες έχουν τεράστια εγκατεστημένη ισχύ που αγγίζει τα 13 MW και το ύψος τους ξεπερνάει τα 150 m. Έχουν ιδιαίτερη δομή και συναντιούνται σε μεγάλα αιολικά πάρκα που έχουν άμεση διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο της εκάστοτε χώρας.

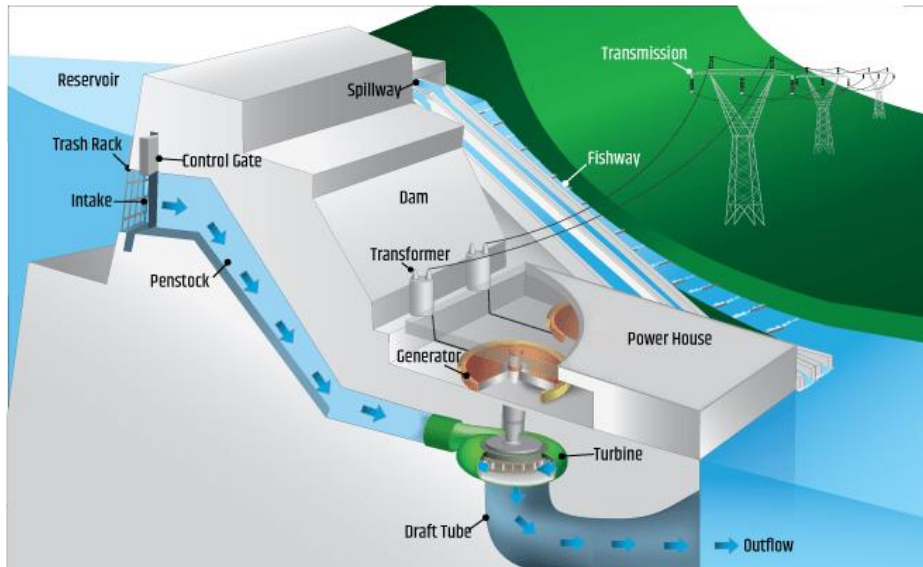
Στην συνέχεια παρουσιάζονται και δύο τύπου ανεμογεννητριών που αφορούν την ονομαστική ταχύτητα της ανεμογεννήτριας:

- Α/Γ σταθερής ταχύτητας: Θεωρούνται από τις παλαιότερες τεχνολογίες και για αυτό το κόστος τους δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο, συγχρόνως όμως και ο σχεδιασμός τους είναι και πιο απλοϊκός. Ο συγκεκριμένος τύπος ανεμογεννητριών προσφέρει ιδιαίτερα χαμηλή απόδοση, καθώς οι εσωτερικές γεννήτριες του κλωβού δεν μπορούν να συγχρονιστούν με τις εναλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Ενώ για την αντιστάθμιση της Άεργου ισχύς χρειάζεται πρόσθετος εξοπλισμός, που σημαίνει ότι αυξάνεται το συνολικό κόστος της Α/Γ. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές με σταθερό αιολικό δυναμικό.
- Μεταβλητής Ταχύτητας: έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε ένα αρκετά μεγάλο μήκος ταχυτήτων. Ειδικότερα έχουν σκοπό την δέσμευση του βέλτιστου αιολικού δυναμικού.

## 2.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Υδροηλεκτρική ενέργεια καλείται η εκμετάλλευση της δυναμική και της κινητικής ενέργειας που παράγεται κατά την κατάπτωση του νερού από διάφορα ύψη. Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας παρατηρείται στην φύση και ειδικά σε χειμάρρους, ποτάμια καταρράκτες. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση και το ύψος στο οποίο βρίσκεται το νερό, τόσο δυναμικά μεγαλύτερη είναι η ικανότητα του να παράξει ενέργεια. Το αποτύπωμα της εκμετάλλευσης της δυναμικής του νερού παρατηρείται από τα αρχέγονα χρόνια και από πολλούς θεωρείται ότι είναι πιο ιδανική και ολοκληρωμένη μορφή ανανεώσιμης πηγής για την παραγωγή ενέργειας. Η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού γίνεται μέσω των υδροηλεκτρικών εργοστασίων και αποτελούνται από:

- Φράγμα,
- Κλειστούς Αγωγούς,
- Υδροστρόβιλους,
- Γεννήτρια παραγωγής ενέργειας,
- Αγωγός πτώσης νερού,
- Αγωγός διαφυγής νερού,
- Υδατοταμιευτήρας.



Εικόνα 18:Υδροηλεκτρική μονάδα.

Πηγή: <https://www.samaviyavoice.com/2023/05/what-is-hydroelectric-energy.html>

Τα υδροηλεκτρικά έργα χωρίζονται σε δύο κλίμακες που ταξινομούνται σε «μεγάλα» και «μικρά» υδροηλεκτρικά έργα. Στα μικρά υδροηλεκτρικά παρατηρούνται διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκριτικά με τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά. Καθώς στα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα απαιτείται η τήρηση κάποιων προϋποθέσεων όπως είναι η δημιουργία φραγμάτων ή υπέρογκων δεξαμενών. Ωστόσο η μεγάλη συγκέντρωση υδάτινου όγκου επιφέρει και ζημιόγones συνέπειες και στο οικοσύστημα της περιοχής, αφού επηρεάζει εξολοκλήρου την γεωμορφολογία της περιοχής, την μετακίνηση των θαλάσσιων ειδών και συνήθως παρατηρείται και μια αλλαγή στο κλίμα της ενδεικνυόμενης περιοχής, λόγω της αυξανόμενης υγρασίας. Στην αντίπερα όχθη τα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια τοποθετούνται σε περιοχές με μικρότερη συσσώρευση νερού και η ισχύς τους μεταβάλλεται από 15 έως 30 MW.

Η λειτουργία ενός εργοστασίου υδροηλεκτρικής ενέργειας ξεκινάει μεταφέροντας ένα μέρος της ροής, το οποίο οδηγείται μέσω κατάλληλων αγωγών στον στρόβιλο που συνδέεται με έναν άξονα κίνησης ο οποίος δημιουργεί κινητική ενέργεια, η οποία προωθείται στην γεννήτρια και παράγεται ρεύμα.

Γενικά όσων αφορά την υδροηλεκτρική ενέργεια τόσο θεσμικά όσο και πολιτικά παρατηρείται μια προδιάθεση στην χρήση μικρών υδροηλεκτρικών έργων για τους λόγους που προαναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι η κατασκευή και λειτουργία ενός μεγάλου υδροηλεκτρικού εργοστασίου είναι ιδιαίτερα σύνθετη και ακριβή για έναν επενδυτή. Με την διάρκεια ζωής (50-200 χρόνια) να βασίζεται στο φράγμα και το πως επηρεάζεται η αποθηκευτική του δραστηριότητα από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κορμούς δέντρων και άλλα σώματα).

Η χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι εμφανή ανά την υφήλιο καθώς προσδίδει πολλά πλεονεκτήματα κατά την χρήση της:

- Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν την δυνατότητα να τεθούν σε άμεση λειτουργία όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται.



- Είναι από τις πιο καθαρές και ανεξάντλητες μορφές ενέργειας.
- Τα εργοστάσια έχουν την δυνατότητα να καλύψουν και άλλες ανάγκες όπως η ύδρευση.
- Μπορεί να ενισχύσει την ενεργειακή ανεξαρτησία μια χώρας.
- Μπορεί να συμβάλει στην οικονομική και κοινωνική άνθιση περιοχών.
- Μηδαμινή παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου.

## 2.5 Οι Α.Π.Ε. Στην Ελλάδα

Τη τελευταία δεκαετία έχει παρατηρηθεί μια αισθητή αύξηση στην χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας κατά την ηλεκτροπαραγωγή, με νέες και συχνές επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα. Ένας λόγος είναι η εναρμόνιση και η απλοποίηση του θεσμικού πλαισίου με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, τα οποία θέτουν πιο ελκυστικές και οικονομικά αποδεκτές του επενδύσεις σε αυτές τις μορφές ενέργειας. Είναι γεγονός ότι συγκριτικά με το 2011 η ημερήσια ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε. άγγιζε το 4,3% της ημερήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις 6.100 MWh, ενώ το 2019 παρατηρήθηκε αύξηση περίπου 500% με τις ημερήσιες MWh να αγγίζουν τις 30.000 και να καλύπτουν το 20,7% της ημερήσιας ζήτησης.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύ από Α.Π.Ε. καταγράφεται σε 5.400 MW:

- Φωτοβολταϊκά στέγης (<10kW) στο 6,5%.
- Φωτοβολταϊκά πάρκα στο 40%
- Αιολικά πάρκα στο 48%
- Βιομάζα και Βιοαέριο στο 1,5%
- Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μικρής κλίμακας στο 4%.

Στην Ελλάδα τα παλαιότερα χρόνια η χρήση των Α.Π.Ε. γινόταν αποκλειστικά για την θέρμανση του νερού στα νοικοκυριά, κυρίως μέσω των ηλιακών θερμικών συστημάτων (ηλιακοί θερμοσίφωνες) και μέσω της χρήσης βιομάζας. Ωστόσο είναι γνωστό ότι η Ελλάδα πρωτοστάτησε στην χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως με την χρήση αιολικών και φωτοβολταϊκών. Παρά τα πρωτεία και την εκμετάλλευση που παρατηρείται προς τις Α.Π.Ε. η ανάγκη για ενέργεια αυξάνεται ραγδαία και η δυναμική της χώρας και του κλίματος δεν αξιοποιείται στο έπακρον.

Πλέον διαφαίνεται ότι η Α.Π.Ε. κερδίζουν συνεχώς έδαφος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς έχουν ξεπεράσει τους περιορισμούς και τα προβλήματα των προηγούμενων χρόνων. Ενώ η χρήση τους προσφέρουν την δυνατότητα απανθρακοποίησης που αναζητούν συνεχώς οι κυβερνήσεις για να συμβαδίζουν με τις νέες πολιτικές για την ενέργεια και το κλίμα. Στις επικρατέστερες ανανεώσιμες μορφές ενέργεια όπως είναι η αιολική και ηλιακή, με την πάροδο των χρόνων παρατηρούνται τεράστιες αυξήσεις τόσο στην χρήση των Α.Π.Ε. όσο και στην ηλεκτροπαραγωγή. Με την ηλιακή ενέργεια την τελευταία δεκαετία να παρουσιάζει 25 φορές περισσότερη παραγωγή ενέργειας συγκριτικά με την προηγούμενη δεκαετία. Η αιολική παρουσιάζει τεράστια αύξηση και βλέπουμε ότι αυτές οι 2 τεχνολογίες θα πρωτοστατήσουν στην απαιτούμενη ενεργειακή μετάβαση.



ΕΤΟΣ	Α/Π		Φ/Β <sup>10</sup>		ΜΥΗΣ		ΣΒΙΟ		ΣΗΘΥΑ <sup>11</sup>		ΣΥΝΟΛΟ	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
2008	791	1661	11	5	158	325	39	177	63	35	1062	2203
2009	917	1908	46	45	183	657	41	182	141	144	1327	2937
2010	1039	2062	153	132	197	754	41	194	125	115	1555	3256
2011	1363	2596	439	442	205	581	45	199	89	142	2141	3959
2012	1466	3161	1126	1510	213	669	45	197	90	149	2940	5686
2013	1520	3392	2419	3408	220	771	46	210	90	119	4295	7900
2014	1662	3009	2436	3557	220	701	47	207	99	159	4464	7633
2015	1775	3856	2444	3629	224	707	52	222	100	188	4595	8602
2016	2047	4331	2444	3650	223	721	58	253	100	185	4872	9140
2017	2302	4777	2445	3719	230	586	61	278	100	195	5138	9555
2018	2555	5574	2491	3536	239	718	82	294	101	184	5468	10306
2019	3301	6854	2640	3713	240	688	87	362	105	186	6373	11803

Εικόνα 19: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και σταθμών  
Πηγή: <https://deddie.gr/>

### 2.5.1 Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και Α.Π.Ε.

Σύμφωνα με τα Εθνικά στατιστικά και δεδομένα αυτή την στιγμή υπάρχουν περίπου 29 συστήματα ηλεκτροπαραγωγής στην νησιωτική ελληνική επικράτεια, η επικράτεια αυτή αποτελείται από 57 νησιά. Είναι γεγονός ότι στα μη διασυνδεδεμένα νησιά παρατηρείται έντονη αστάθεια στην διανομή και την παραγωγή της ενέργειας, με συχνές διακοπές. Για αυτό τον λόγο χρειάζεται η εντονότερη διείσδυση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας σε αυτές τις περιοχές, για την αντιμετώπιση τόσο του κόστους παραγωγής μέσω του πετρελαίου που είναι ιδιαίτερα ακριβό, όσο και τις συχνές διακοπές ηλεκτροδότησης. Ωστόσο αυτή η διείσδυση των Α.Π.Ε. περιορίζεται κυρίως από τεχνικούς παράγοντες. Ειδικά αυτοί οι τεχνικοί παράγοντες αφορούν τα τεχνικά ελάχιστα, δηλαδή την απαραίτητη στάθμη ενέργειας που έχει ανάγκη ένα κοινωνικό σύνολο για να μπορεί να λειτουργεί σε αρμονία. Έτσι πέρα από τα τεχνικά ελάχιστα των θερμικών σταθμών που υπάρχουν στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, η διείσδυση των Α.Π.Ε. επηρεάζεται και από την ικανότητα του συστήματος να απορροφήσει αυτές τις μορφές ενέργειας, η οποία δεν είναι αισθητή.

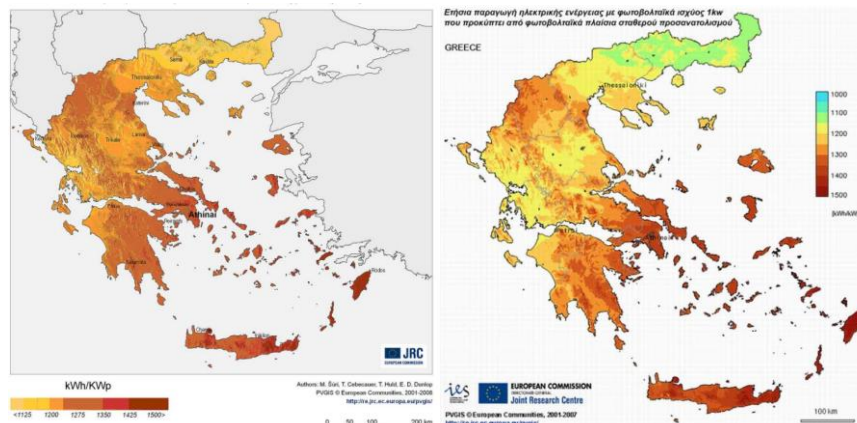
Η χρήση και η διείσδυση των Α.Π.Ε. στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ξεπερνάει σήμερα το 20% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής. Δυστυχώς όμως η δυνατότητα αύξησης αυτού του ποσοστού είναι αδύνατη λόγω των προηγούμενων λόγων που παρατέθηκαν. Για να γίνει αισθητή η διείσδυση χρειάζονται συστήματα αποθήκευσης ή την διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο αν και αυτό συνήθως δεν είναι εφικτό. Οπότε η πιο συμφέρουσα λύση είναι η χρήση υβριδικών συστημάτων από Α.Π.Ε., ειδικότερα αυτά περιλαμβάνουν κάποιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης. Ειδικά στην περίπτωση των ακατοίκητων νησιών και βραχονησίδων που διακατέχονται από αρκετά μεγάλες ταχύτητες ανέμου, με την σύγχρονη χρήση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών πάρκων.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΑ ΜΔΝ ΕΤΟΥΣ 2021 (kWh)			ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ Φ/Β ΣΤΑ ΜΔΝ ΕΤΟΥΣ 2021 (kWh)			ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ TRACKER ΣΤΑ ΜΔΝ ΕΤΟΥΣ 2021 (kWh)			ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Φ/Β ΣΤΕΓΩΝ ΕΤΟΥΣ 2021 (kWh)		
	ΠΛΗΘΟΣ ΑΠ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ (kW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΠΛΗΘΟΣ ΦΒ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ (kW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΠΛΗΘΟΣ ΦΒ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ (kW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΠΛΗΘΟΣ ΦΒ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ (kW)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)
ΑΓ.ΕΥΣΤΡΑΤΟΣ	0	20,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΑΓΑΘΟΝΗΙ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΑΜΟΡΓΟΣ	0	0,00	0,00	3	293,51	446.148,00	0	0,00	0,00	3	14,74	19.963,41
ΑΝΑΦΗ	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
ΑΡΚΙΟΙ	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
ΑΣΤΥΡΑΝΙΑ	0	0,00	0,00	4	319,21	524.548,80	0	0,00	0,00	6	29,55	43.298,41
ΓΑΙΔΟΣ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΔΟΝΟΥΣΑ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	223,04
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΘΗΡΑ	0	0,00	0,00	2	249,10	430.148,18	0	0,00	0,00	75	384,33	551.642,89
ΙΚΑΡΙΑ	0	985,00	4.182.831,00	3	398,80	660.509,60	0	0,00	0,00	19	93,65	134.951,43
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	0	1.400,00	4.312.950,00	15	1.022,43	1.693.536,60	2	139,46	290.542,40	5	24,57	37.155,46
ΚΡΗΤΗ	0	202.690,00	457.895.785,90	582	43.441,03	59.555.611,41	465	34.853,23	61.968.657,56	1.947	17.395,42	22.094.675,65
ΚΥΣΙΝΟΣ	0	665,00	0,00	3	238,25	393.250,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΚΩΣ	0	15.200,00	40.135.920,00	71	6.691,16	11.423.006,49	21	2.086,56	4.006.954,21	143	701,81	1.012.491,28
ΛΕΣΒΟΣ	0	13.950,00	36.281.680,00	108	7.093,56	11.020.631,82	25	1.744,40	3.312.370,40	41	193,85	260.244,92
ΛΗΜΝΟΣ	0	3.040,00	6.106.755,00	23	1.374,40	2.057.682,40	9	514,74	815.535,61	6	29,32	38.727,54
ΜΕΓΙΣΤΗ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΜΗΝΟΣ	3	2.850,00	6.428.439,50	5	496,63	820.160,00	2	119,43	177.584,88	15	73,71	102.536,36
ΜΥΚΟΝΟΣ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΟΒΟΔΟΙ	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0,00
ΠΑΡΟΣ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΠΑΤΜΟΣ	0	1.200,00	2.919.930,00	1	149,63	226.830,00	0	0,00	0,00	8	39,32	50.099,33
ΡΟΔΟΣ	0	48.550,00	99.044.619,40	163	12.953,13	19.461.545,99	53	5.211,25	11.282.492,00	248	1.211,24	1.744.329,28
ΣΑΜΟΣ	0	8.750,00	23.908.806,15	57	3.974,76	6.176.796,40	6	398,17	734.122,17	6	29,04	38.375,93
ΣΕΡΦΟΣ	0	0,00	0,00	1	99,84	159.440,00	0	0,00	0,00	9	39,67	53.094,29
ΣΗΦΟΣ	0	1.200,00	2.598.630,00	2	202,56	330.646,80	0	0,00	0,00	36	177,65	227.742,32
ΣΚΥΡΟΣ	0	0,00	0,00	4	317,52	473.920,00	0	0,00	0,00	5	24,56	30.300,72
ΣΥΜΗ	0	0,00	0,00	3	189,54	242.619,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΣΥΡΟΣ	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
ΧΙΟΣ	0	10.450,00	24.434.244,66	50	4.674,19	6.968.483,64	5	499,26	911.129,20	334	1.629,17	2.212.976,27
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3</b>	<b>310.750,00</b>	<b>708.241.591,61</b>	<b>1.100</b>	<b>84.181,23</b>	<b>123.067.495,13</b>	<b>588</b>	<b>45.566,48</b>	<b>83.498.388,43</b>	<b>2.906</b>	<b>22.071,78</b>	<b>28.652.228,48</b>

Εικόνα 20: Παραγωγή μέσω ΑΠΕ στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας  
 Πηγή: <https://deddie.gr/>

## 2.5.2. Ηλιακή Ενέργεια Στην Ελλάδα

Οι δυνατότητες της ηλιακής ενέργειας είναι γνωστές και έχουν μελετηθεί επαρκώς, έτσι βγαίνει το συμπέρασμα ότι η ηλιακή ενέργεια είναι προβλέψιμη, καθώς η απορρόφηση της εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης και τις γεωκλιματικές συνθήκες τις εκάστοτε περιοχής. Το μείζον ζήτημα της όλης διαδικασίας είναι πόσες κιλοβατώρες μπορεί να προσδώσει το σύστημα ετησίως. Έχει παρατηρηθεί ότι στην Ελλάδα κατά μέσο όρο ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με εγκατεστημένη ισχύ 1 kW μπορεί να παράξει έως και 1300 kWh.



Εικόνα 21: Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά βέλτιστης κλίσης και ετήσια ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά σταθερού άξονα (προσανατολισμού)  
 Πηγή: <https://myengineeringworld.net/2013/08/Excel-photovoltaic-system-calculator-Greece.html>

Οι παραπάνω εικόνες δίνουν μια σαφή περιγραφή στο πως κατανέμεται η ηλιακή ενέργεια στις διάφορες περιοχές της χώρας και την δυνητική ικανότητα της κάθε περιοχής στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης των Φ/Β. Ωστόσο για τον ακριβή υπολογισμό της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος λαμβάνονται υπόψιν ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί, η περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση, αποκλίσεις από την ιδανική γωνία κλίσης κ.α.

Η Ελλάδα χωρίζεται σε δύο γεωγραφικές περιοχές την Νότια και την Κεντρική-Βόρεια, οι οποίες περιλαμβάνουν περιοχές της ηπειρωτικής χώρας με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες.

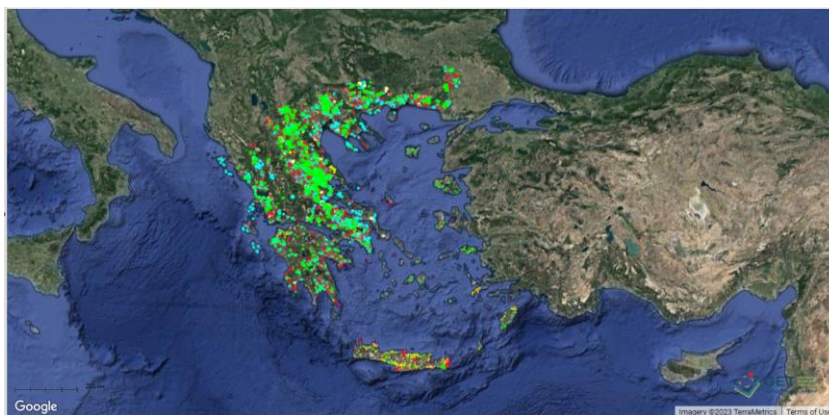
- Στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα υπολογίζεται ότι η ενέργεια που παράγει 1kW εγκατεστημένης ισχύς φωτοβολταϊκών αντιστοιχεί σε 1200-1300 kWh ετησίως.
- Στην Νότια Ελλάδα υπολογίζεται ότι η ενέργεια που παράγει 1kW εγκατεστημένης ισχύς φωτοβολταϊκών αντιστοιχεί σε 1250-1400 kWh ετησίως.

Η ηλιακή ακτινοβολία, συνεπώς και ηλιακή ενέργεια προσφέρουν μια ανεξαρτησία στον οποιοδήποτε χρήστη, αφού περιγράφεται και είναι μια ανεξέλεγκτη και καθαρή ενέργεια, η οποία δεν μπορεί να ελεγχθεί είναι ανεξάντλητη, και έχει την δυνατότητα της σταθεροποίησης του ενεργειακού ισοζυγίου του εκάστοτε τόπου. Η Ελλάδα στηρίζει και ενισχύει με συνεχείς επενδύσεις στον χώρο της ενέργειας τόσο τις τοπικιστικές όσο και τις εθνικές, που αφορούν την ηλεκτροπαραγωγή μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα οφέλη που παρουσιάζουν αυτά τα συστήματα κυμαίνονται σε διάφορες πτυχές τις κοινωνίας με ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία και στην βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος.



Εικόνα 22: Η μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα.

Πηγή: <https://deddie.gr/>



**Εικόνα 23:Εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα**  
 Πηγή: <https://www.rae.gr/>

Πάραυτα με την πάροδο των χρόνων παρατηρούνται ενδείξεις εμπιστοσύνης και ασφάλειας προς τα συστήματα των φωτοβολταϊκών και αυτό συνεπάγεται μέσα από τις συνεχείς επενδύσεις που παρατηρούνται και με την τεράστια αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι την ίδια περίοδο το 2021 η Ελλάδα είχε εγκατεστημένη ισχύ που άγγιζε 4.126 MWp , ενώ το 2022 παρατηρήθηκε μια αύξηση της τάξεως του 32% με την εγκατεστημένη ισχύ να αγγίζει τα 5.466 MWp.

Ωστόσο τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα δεν έχουν αναφερθεί:

- Ανεξαρτησία της ηλεκτροπαραγωγής από τα ορυκτά καύσιμα τόσο ηπειρωτικά όσο και στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα.
- Ηλεκτροπαραγωγή με μηδαμινή ρύπανση.
- Δεν χρειάζονται ιδιαίτερη συντήρηση.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής τουλάχιστον 25 χρόνια.
- Λειτουργούν χωρίς θόρυβο.

Στόχοι Φωτοβολταϊκών	2020	2022	2025	2027	2030
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς	3	3,9	5,3	6,3	7,7
Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά σε TWh	4,5	6	8,2	9,7	11,8
Συμμετοχή φωτοβολταϊκών στην εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή	8,70%	11,30%	15%	17,70%	20,7%

**Πίνακας 3:Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα για τα φωτοβολταϊκά έως το 2030.**  
 Πηγή: <https://www.rae.gr/>

Τα φωτοβολταϊκά όπως κάθε τεχνολογία παρουσιάζουν αδυναμίες και μειονεκτήματα ,όπως το υψηλό κόστος της επένδυσης, η αδυναμία αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας. Αντιθέτως επειδή τα φωτοβολταϊκά θεωρούνται μία άμεση και καθαρή ενέργεια δεν σημαίνει ότι δεν μπορούν δυνητικά να προκαλέσουν καταστροφή στο περιβάλλον. Καθώς είτε κατά την καύση τους είτε κατά την ανακύκλωση τους διαφεύγουν στο περιβάλλον επιβλαβείς αέριες ουσίες. Μολονότι οι τεχνολογίες ανακύκλωσης για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν αναπτυχθεί επαρκώς και κερδίζουν συνεχώς έδαφος.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί και το Net Metering συγχρόνως με τις αλληπάλληλες επενδύσεις που παρουσιάζονται τόσο τοπικιστικά όσο και ατομικά στην αγορά. Είναι ένα πρόγραμμα που η κυβέρνηση το στηρίζει με διάφορα «πακέτα» στήριξης και ουσιαστικά προσφέρει σε ιδιώτες και επιχειρήσεις. Αφορά λοιπόν τον ενεργειακό συμψηφισμό, μεταξύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και της παραγόμενης ενέργειας του με το ήδη υπάρχων σύστημα ηλεκτροδότησης-κατανάλωσης του οικήματος. Έτσι λοιπόν κατά τις στιγμές της μέρας που η ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος υπερβαίνει την ημερήσια κατανάλωση, το πλεόνασμα αυτό διοχετεύεται στο δίκτυο και ο ιδιώτης καλούμενος πλέον «αυτοπαραγωγός» λαμβάνει μείωση στον επόμενο λογαριασμό. Στις περιπτώσεις που η παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα δεν επαρκεί για την κάλυψη της ημερήσιας ζήτησης, ιδιώτης καλύπτει την ανάγκη μέσω του δικτύου και διαφορά εμφανίζεται εκ νέου στον λογαριασμό.

### 2.5.3 Αιολική Ενέργεια Στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διακατέχεται από ιδιαίτερα πλούσιο αιολικό δυναμικό και η σύγχρονη αξιοποίηση του, μπορεί να φέρει σημαντική ενεργειακή και κοινωνική ανεξαρτησία. Τα οφέλη της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας είναι αρκετά. Πρώτα από όλα με την χρήση μιας ανεξάντλητης μορφής ενέργειας ελαττώνονται σε μεγάλο βαθμό τα ποσοστά ρύπανσης του περιβάλλοντος, καθώς μια ανεμογεννήτρια μπορεί να αντικαταστήσει επιτυχώς ένα σύστημα καύσης, ελαττώνοντας έτσι το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον η αιολική ενέργεια με την αύξηση της παραγόμενης ισχύς, μειώνει τόσο την χρήση των εισαγόμενων ορυκτών όσο και την εισαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προσφέροντας στην Ελλάδα την λεγόμενη ενεργειακή ανεξαρτησία που πασχίζει να πετύχει.

Ιστορικά το 1<sup>ο</sup> αιολικό πάρκο δημιουργήθηκε και το λειτούργησε η Δ.Ε.Η. στην Κύθνο την δεκαετία του 80. Την σημερινή εποχή παρατηρείται με τεράστιο ενδιαφέρον η ζήτηση και η ανάγκη για αλλαγή των υφιστάμενων μορφών ενέργειας. Έτσι η αιολική ενέργεια γίνεται ολοένα και πιο ελκυστική. Στην Ελλάδα αυτή την στιγμή είναι εγκατεστημένα περίπου 4.374 MW αιολικού δυναμικού, σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ. Ωστόσο ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύς που ξεπερνά το 45% ανήκει σε ιδιώτες επενδυτές. Πιο συγκεκριμένα οι εταιρίες αυτές είναι για την περίοδο 2021:

- Η ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή με 703 MW (16,1%)
- ο ΕΛΛΑΚΤΩΡ με 482 MW (11,0%),
- η ENEL Green Power με 368 MW (8,4%),
- η EREN με 283 MW (6,5%) και
- η Iberdrola Rokas με 271 MW (6,2%).

Στην αντίπερα όχθη οι κατασκευαστές των ανεμογεννητριών διαφέρουν και είναι ξένοι όμιλοι που δραστηριοποιούνται και στην Ελλάδα:

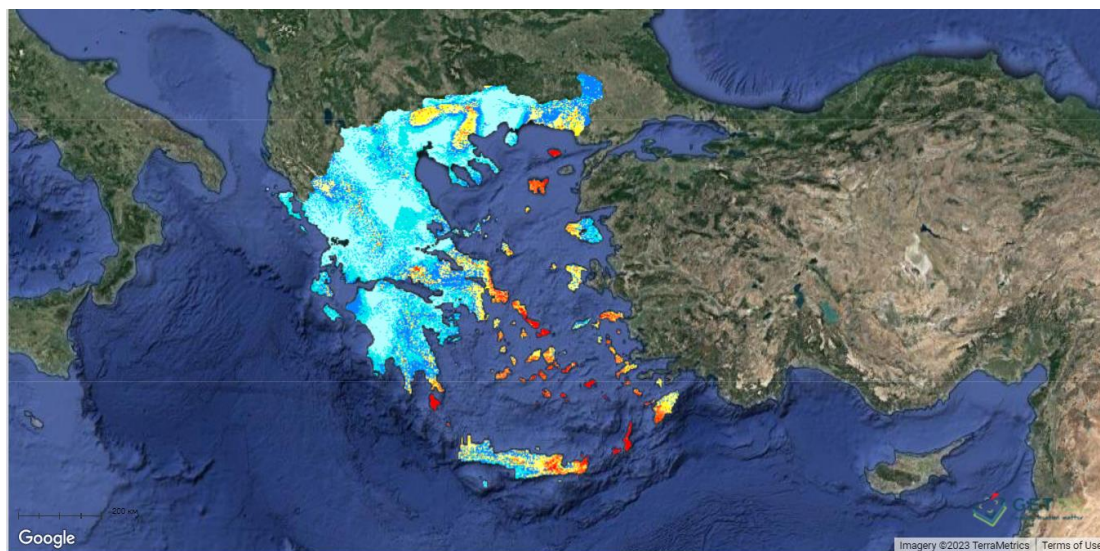
- Η Vestas που διοχετεύει το 44,8% της ισχύος της αγοράς.
- Η Enercon με το 25,4%,
- Η Siemens Gamesa που προμηθεύει το 18,2%,
- Η Nordex με το 6,9%.





Εικόνα 24: Η εγκατεστημένη Αιολική Ισχύς ανά περιοχή για το 1ο εξάμηνο του 2022.

Πηγή: <https://www.admie.gr/>



Εικόνα 25: Το Αιολικό δυναμικό τη Ελλάδος.

Πηγή: <https://www.rae.gr/>

## 2.5.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια Στην Ελλάδα

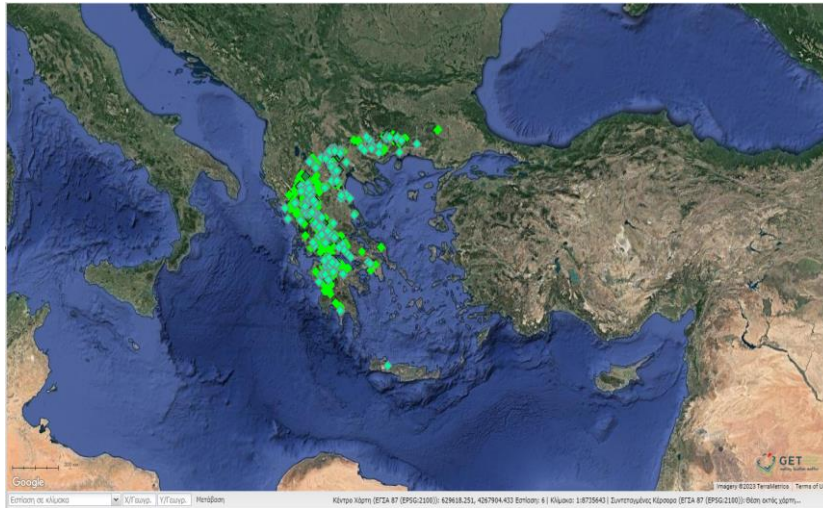
Η Ελλάδα για να μπορέσει να επιτύχει τους εθνικούς αλλά και ευρωπαϊκούς στόχους δεν αρέσκεται μόνο στην χρήση αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων. Για αυτό στρέφει το ενδιαφέρον της προς την ενίσχυση και στις επενδύσεις υδροηλεκτρικών εργοστασίων μικρής κλίμακας. Εκμεταλλευόμενη τον έντονο βραχώδη γεωμορφολικό χαρακτήρα της, Η Ελλάδα κατασκευάζει φράγματα για την δημιουργία τεχνητών λιμνών. Αυτή η διαδικασία επωφελεί την δημιουργία και την κατασκευή υδροηλεκτρικών εργοστασίων εκμεταλλευόμενη το υδροδυναμικό της περιοχής, για την ηλεκτροπαραγωγή. Τα υδροηλεκτρικά έργα διασφαλίζουν την ενεργειακή ευημερία μια χώρας και συμβάλουν αισθητά στον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα είναι εγκατεστημένα αυτή την στιγμή περίπου στα 3.060 MW και η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται είναι μεταξύ 4000-5000 GWh. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της χώρας καλύπτουν το 10% του εγχώριου ενεργειακού ισολογισμού και καλύπτει τα λεγόμενα «ημερήσια φορτία αιχμής». Τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια εντοπίζονται στην Βορειοδυτική Ελλάδα λόγω τόσο της μορφολογίας όσο και των συνεχόμενων βροχοπτώσεων και τον έντονων κλίσεων, του εδάφους. Τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα είναι:

- Στον Αχελώο στα Κρεμαστά με ισχύ που αγγίζει τα 437 MW.
- Στον Νέστο , στο Θησαυρό με 384 MW.
- Στον Αλιάκμονα, στο Πολύφυτο στα 375 MW.

Η Ελλάδα αυτή την στιγμή διαχειρίζεται μόλις το 1/3 της υδραυλικής ενέργειας, που παρατηρείται στην χώρα. Επομένως η δυνατότητα για περεταίρω ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών εργοστασίων είναι εφικτή με την τελευταία μεγάλη επένδυση να αγγίζει τα 159 MW στον Ιλαρίωνα. Σύμφωνα με το υπουργείο ενέργειας Η Δ.Ε.Η. έχει στην δικαιοδοσία της τα περισσότερα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της χώρας, κατέχοντας 15 υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι συνήθως μαζί με την κατασκευή των υδροηλεκτρικών εργοστασίων κατασκευάζονται και φράγματα τα οποία ευνοούν και την εκάστοτε περιοχή. Με την αύξηση του υδροφόρου ορίζοντα και την άρδευση του διαθέσιμου κάμπου , αν υπάρχει, την ύδρευση των κοντινών πόλεων και οικισμών και μέσω των εσόδων που παρατηρούνται, κατά την αξιοποίηση της «λίμνης» ως τουριστικό αξιοθέατο.



Εικόνα 26: Κατανομή Υδροηλεκτρικών εργοστασίων ανά την Ελλάδα  
 Πηγή: <https://www.rae.gr/>



Εικόνα 27: Εξέλιξη ανά 5-ετία της εγκατεστημένης ισχύς των ΥΗΣ στην Ελλάδα  
 Πηγή: <https://www.dei.gr>



# Κεφάλαιο 3: Υβριδικά Συστήματα

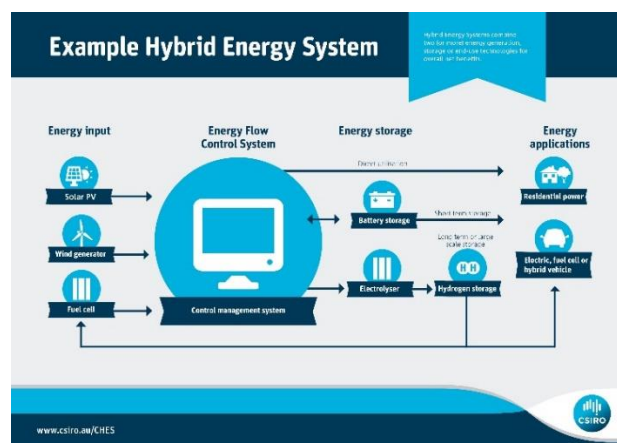
## 3.1 Υβριδικά συστήματα

Έχει ήδη αναφερθεί και στις προηγούμενες ενότητες, πως υπάρχουν πολλοί εναλλακτικοί τρόποι παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας όπως είναι η αιολική, ηλιακή υδροηλεκτρική ενέργεια, η χρήση συσσωρευτών και υδρογόνου κτλ. Κύριο μέλημα όμως των παραπάνω τρόπων παραγωγής ενέργειας είναι σύγχρονη ηλεκτροπαραγωγή με αξιόπιστα μέσα και εφαρμογές, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο η χρήση και η ανάπτυξη των ανανεώσιμων μεθόδων παραγωγής δεν είναι πάντα εφικτή, καθώς υπάρχουν διάφοροι οικονομοτεχνικοί και λειτουργικοί παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις μορφές ενέργειας. Για τους παραπάνω λόγους όλες οι εγκαταστάσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνδυάζονται είτε με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας είτε με άλλες πράσινες μορφές ενέργειας. Ο συνδυασμός τουλάχιστον δύο διαφορετικών μορφών παραγωγής ενέργειας, καλείται υβριδικό σύστημα.

Ο παραπάνω όρος «Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ενέργειας» καλούνται τα συστήματα που στην ίδια εγκατάσταση περιέχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Το σύνηθες υβριδικό σύστημα κατέχει έναν συμβατικό τρόπο παραγωγής (π.χ. μονάδα φυσικού αερίου), πάντα όμως με την σύγχρονη χρήση ενός ανανεώσιμου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την χρήση συσσωρευτών για αποθήκευση της ενέργειας, συστήματα ελέγχου, εξισορρόπησης δικτύου και μικροδικτύων.

Σύμφωνα με την νομοθεσία της Ελλάδος και ειδικότερα κατά τον νόμο 3468 του 2006 ένα σύστημα χαρακτηρίζεται υβριδικό όταν ισχύουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Η χρήση μιας μορφής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας κρίνεται απαραίτητη.
- Η ολική ενέργεια απορρόφησης του δικτύου να μην ξεπερνά το 30% της ολικής κατανάλωσης για της πλήρης φόρτισης των συσσωρευτών.
- Συνολική μέγιστη ισχύ που μπορεί να παραχθεί από τις ανανεώσιμες πηγές της εγκατάστασης δεν πρέπει να ξεπερνάει την εγκατεστημένη ισχύ των συσσωρευτών της εγκατάστασης, με όριο προσαύξησης το 20% της ισχύος.



Εικόνα 28: Υβριδικό σύστημα παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας  
Πηγή: <https://blog.csiro.au/energy-pick-n-mix-hybrid-systems-next-big-thing/>

### 3.1.1 Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα

Τα αποκαλούμενα αυτόνομα υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατά κύριο λόγο δεν είναι συνδεδεμένα από τα εθνικά δίκτυα, ενώ το παραπάνω σύστημα δεσμεύει και χρησιμοποιεί διάφορους τύπους ηλεκτροπαραγωγής. Κατά ένα μεγάλο ποσοστό παρατηρείται η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι δεν παρατηρείται και η χρήση των συμβατικών μεθόδων. Η διακύμανση στο μέγεθος της ισχύος διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις που αναγκάζεται το σύστημα να υπερκαλύψει. Η ανάγκη της διαφοροποίησης των συμβατικών συστημάτων σε υβριδικά επικεντρώνεται κυρίως στην μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της εγκατάστασης, αλλά και στην χρήση λιγότερου καυσίμου.

Η ουσιαστικότερη διαφορά των αυτόνομων συστημάτων με τα ήδη συνδεδεμένα συστήματα είναι πως οποιαδήποτε ώρα απαιτούνται να παρέχουν την συνολική ενέργεια που ζητείται ή να αποκόπτεται η παροχή του φορτίου όταν δεν είναι εφικτή η παραπάνω απαίτηση. Συγχρόνως πρέπει να υπάρχει η επιλογή της ρύθμισης της συχνότητας & της τάσης του απομονωμένου δικτύου. Ουσιαστικά το δίκτυο πρέπει να είναι συνεχώς ευσταθές, και ένας τρόπος ρύθμισης είναι κατά την περίοδο της ημέρας που η παραγωγή μέσω των Α.Π.Ε. υπερβαίνει το απαιτούμενο φορτίο, είναι αυτή η περίσσεια ενέργεια πρέπει να αποθηκεύεται είτε να χρησιμοποιηθεί εκ νέου.

Υπάρχουν περιπτώσεις που κατά την διάρκεια της ημέρας οι μονάδες συσσωρευτών δρουν και ως φορτία. Οι περισσότερες, αν όχι όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν τίθενται σε λειτουργία μόνο όταν το δίκτυο μπορεί να απορροφήσει την παραγόμενη ενέργεια, αλλά λειτουργούν και σε στιγμές της ημέρας που η ζήτηση καλύπτεται πλήρως. Επομένως αυτή η περίσσεια καθαρή ενέργεια πρέπει να αποταμιευτεί σε συστήματα μακροπρόθεσμης ή βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης.

Τα υβριδικά συστήματα λοιπόν προσδίδουν την δυνατότητα την μέγιστη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως σε απομονωμένα δίκτυα όπως είναι τα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος, που παρατηρούνται περιορισμοί σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση των Α.Π.Ε., λόγω των τεχνικών ελαχίστων των συμβατικών μηχανών ηλεκτροπαραγωγής.

### 3.1.2 Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των υβριδικών σταθμών

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των υβριδικών συστημάτων είναι ο ανεπηρέαστος σχεδιασμός τους, καθώς δεν επηρεάζονται από τις συχνές εξωγενείς μεταβολές του συστήματος. Επομένως τα παραπάνω συστήματα μπορούν να χαρακτηρισθούν και δυναμικά, ενώ η λειτουργία συνεχούς εναλλαγής των διαθέσιμων πηγών ενέργειας προσδίδει την βέλτιστη αξιοποίηση της εκάστοτε τεχνολογίας. Η ενέργεια που παράγεται και παραδίδεται συναγωνίζεται την ενέργεια που προσδίδεται από ένα κοινότυπο δίκτυο, ενώ το εύρος του φορτίου ποικίλει.

Οι κυριότερες εφαρμογές των υβριδικών συστημάτων παρατηρούνται στις δύσβατες περιοχές, που καθιστούν αδύνατη την διασύνδεση με το κεντρικό σύστημα ηλεκτροδότησης, συγχρόνως και η μεταφορά των αναγκαίων καυσίμων χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα ακριβή. Είναι σύνθητες λοιπόν τα υβριδικά συστήματα εμφανίζονται κυρίως σε νησιά και αγροτικές περιοχές, καθώς θεωρείται άστοχη η επένδυση διασύνδεσης των περιοχών αυτών με το κεντρικό δίκτυο.

Συνεπώς τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης ενός υβριδικού συστήματος είναι:

- Εξασφάλιση της αξιοπιστίας του συστήματος.
- Βέλτιστη αξιοποίηση των χαρακτηριστικών της κάθε τεχνολογίας
- Εξασφάλιση υψηλής απόδοσης.
- Δυνατότητα κάλυψης φορτίων ζήτησης ακόμη και σε χαμηλή δυναμική των ανανεώσιμων πηγών.
- Πιο οικονομική χρήση συμβατικών εγκαταστάσεων και τόνωση εθνικών συμφερόντων από την ανεξαρτητοποίηση από τα συμβατικά καύσιμα.
- Εν δυνάμει παραγωγή γλυκού νερού δια μέσου αφαλάτωσης χρησιμοποιώντας την αποκρυπτόμενη ενέργεια των ανεμογεννητριών .

### 3.2 Τρόποι αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο σύνολο της η έννοια αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, αφορά την χρήση και την δέσμευση της παραγόμενης ενέργειας και την αξιοποίηση της σε μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Η συνήθης ονομασία της τεχνολογίας που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια καλείτε μπαταρία ή συσσωρευτής. Ακόμα η αποθήκευση ενέργειας αφορά και την μετατροπή της δεσμευόμενης ενέργειας σε διαφορετική μορφή, ώστε να διευκολύνεται η αποθήκευση της ενέργειας. Είναι γνωστό ότι οι τρόποι αποθήκευσης ενέργειας ποικίλουν και διακρίνονται σε μεγάλες κατηγορίες, οι τεχνολογίες βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης και οι τεχνολογίες μακροπρόθεσμης αποθήκευσης. Στη σημερινή εποχή παρατηρείται όπως έχει αναφερθεί η όλο ένα αυξανόμενη ανάγκη για την χρήση καθαρής ενέργειας και ειδικά μέσω της αξιοποίησης των Α.Π.Ε., έτσι λοιπόν η χρήση των τεχνολογιών αποθήκευσης είναι συνυφασμένη με την χρήση και την ζήτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η εξήγηση του παραπάνω φαινομένου βρίσκεται στο γεγονός ότι η ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ δεν είναι προβλέψιμη, με αποτέλεσμα η «τυχαία» ισχύς που παράγεται να μην είναι απαραίτητη την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Η δυνατότητα βραχυπρόθεσμης ή μακροπρόθεσμης αποθήκευσης αποτελεί κύρια προϋπόθεση για την βέλτιστη δυνατή χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να προσφέρει σε ένα κοινωνικό σύνολο ή σε μια επιχείρηση τα εξής:

- Αδιάλειπτη ισχύ.
- Διόρθωση παρερχόμενης παροχής
- Εξοικονόμηση καυσίμου ως προς τις γεννήτριες
- Μείωση κόστους παραγωγής της ενέργειας, ενώ συγχρόνως μειώνεται η χρήση καυσίμου στις συμβατικές μονάδες.

- Συγχρονισμός μεταξύ της ζήτησης και της παραγωγής.
- Διαχείριση ενέργειας και προώθηση της ενεργειακής αυτονομίας.

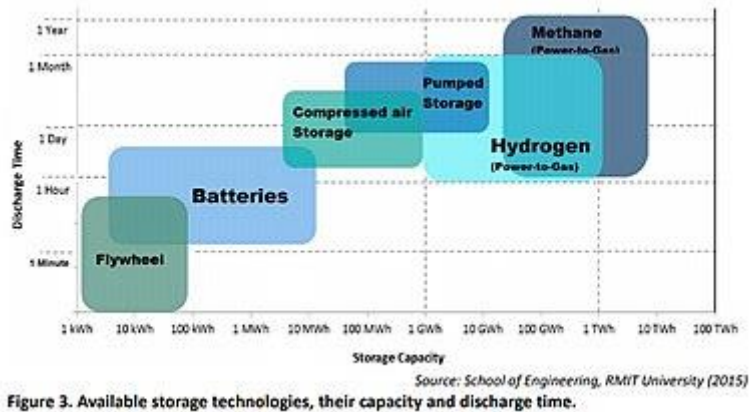


Εικόνα 29: Αποθήκευση Ενέργειας

Πηγή: <https://www.engineernewsnetwork.com/blog/gravitricity-sets-sights-on-leith-for-1-million-energy-storage-demonstrator/>

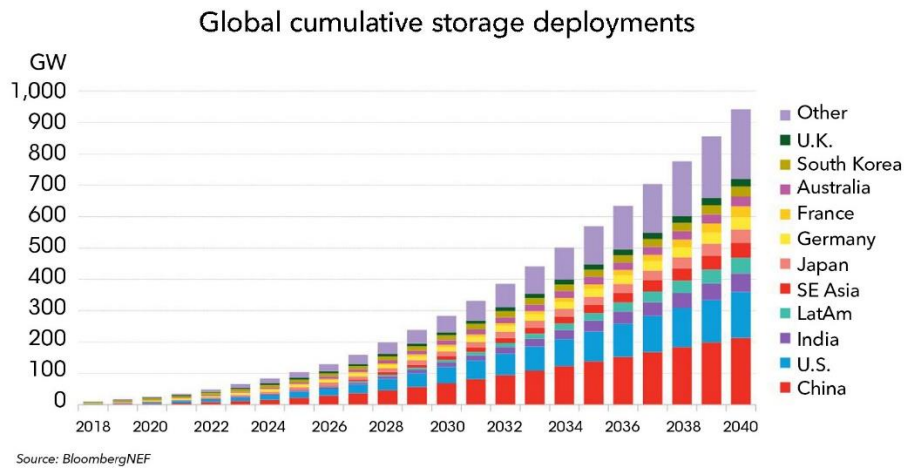
Στην σύγχρονη αγορά ενέργειας υπάρχουν διάφοροι τρόποι αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίοι μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με την μορφή ενέργειας που αποθηκεύουν την ηλεκτρική.

- I. **Ηλεκτρική αποθήκευση:** Η ενέργεια αποθηκεύεται ηλεκτροστατικά χρησιμοποιώντας πυκνωτές, υπερπυκνωτές και μαγνητική αποθήκευση, η οποία τεχνολογία καλείται SMES.
- II. **Μηχανική Αποθήκευση:** Είναι η δέσμευση της ηλεκτρικής ενέργειας και την μετατροπή της σε κινητική ή σε δυναμική ενέργεια:
  - a. «Flywheels»
  - b. Ελατήρια
  - c. Αντλιοστάμηση
  - d. Υδραυλικός συσσωρευτής
- III. **Θερμική Αποθήκευση:** Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται σε συστήματα εναλλαγής θερμοκρασίας.
  - a. «Seasonal thermal energy storage»
  - b. «Solar pond»
  - c. «Thermal energy storage»
- IV. **Χημική Αποθήκευση:** Είναι η συνηθέστερος τρόπος αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή η ενέργεια αποθηκεύεται ηλεκτροχημικά. Στην προκειμένη περίπτωση παραπάνω τρόπος αποθήκευσης αναφέρεται σε συστήματα μπαταριών είτε και στην σύγχρονη παραγωγή υδρογόνου μέσω κυψελών καυσίμου.
  - a. Μπαταρίες ιόντων – λιθίου, μόλυβδου, νικελίου –καδμίου, θείου – νατρίου,
  - b. Μπαταρίες ροής
  - c. Αποθήκευση με την σύγχρονη παραγωγή υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων.



Εικόνα 30: Διάρκεια φόρτισης και εκφόρτισης των συμβατικών μέσων αποθήκευσης  
 Πηγή: [http://www.change-climate.com/Renewables/Hydrogen\\_Economy\\_The.htm](http://www.change-climate.com/Renewables/Hydrogen_Economy_The.htm)

Παρατηρείται λοιπόν μια συνεχής αύξηση ως προς το ενδιαφέρον των επενδυτών προς τις τεχνολογίες αποθήκευσης. Στην Ελλάδα οι συζητήσεις περί αποθήκευσης και αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ πραγματοποιούνται πολλά χρόνια τώρα. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια διακρίνονται πολλές επενδύσεις από ιδιώτες, οι οποίες σε μεγάλο ποσοστό χρηματοδοτούνται από το κράτος αλλά και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με μεταρρυθμίσεις σχετικά με την ενέργεια και το κλίμα, η παγκόσμια κοινότητα έχει ως αυτοσκοπό την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης, που θα ανέρχονται στο 1TW έως το 2040.



Εικόνα 31: Αποτύπωση της προσδοκίας ανάπτυξης της εγκατεστημένης ισχύος των συστημάτων αποθήκευσης.  
 Πηγή: <https://www.astrasolar.com.au/post/bloombergnef-asia-pacific-to-become-battery-central>

Είναι βέβαιο ότι οι ΑΠΕ θα πρωταγωνιστήσουν τα επόμενα χρόνια τόσο σε επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής όσο και μείγμα της Ελλάδος. Με την εκκίνηση της αγοράς και του χρηματιστηρίου ενέργειας θα προωθηθεί και θα διευκολυνθεί η ενσωμάτωση μεγάλων σε κλίμακα ανανεώσιμων φορτιών στην αγορά ενέργειας. Πάραυτα η προσπάθεια που κάνει η χώρα για την προώθηση και την υιοθέτηση των παραπάνω τεχνολογιών παραμένει αισθητή.

Γεγονός όμως παραμένει η δέσμευση της Ελλάδος τόσο προς τους πολίτες της όσο και ως προς την Ευρωπαϊκή ένωση, σχετικά με την ένταξη των Α.Π.Ε. και των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για την επίτευξη των στόχων για ένα ενεργειακά βιώσιμο μέλλον. Τέλος η Ελλάδα προσφέρει την δυνατότητα της ενίσχυσης των επενδύσεων λόγω μορφολογίας και κλίματος και αναγνωρίζεται ως μια αναδυόμενη αγορά.

### 3.3 Συσχέτιση μικροδικτύου και υβριδικών συστημάτων

Οι υβριδικοί συστήματα, τα οποία συνδυάζουν πολλές πηγές ενέργειας όπως ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές, έχουν κερδίσει το ενδιαφέρον λόγω των πλεονεκτημάτων τους όσον αφορά την αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αυτά τα συστήματα προσφέρουν τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας βάσει της διαθεσιμότητας, της ζήτησης και του κόστους, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση της εξάρτησης από μια μόνο πηγή ενέργειας.

Ωστόσο, για να αξιοποιηθούν πλήρως τα οφέλη των υβριδικών συστημάτων, η ενσωμάτωση ενός μικροδικτύου είναι ζωτικής σημασίας. Ένα μικροδίκτυο αποτελεί ένα τοπικό και ανεξάρτητο δίκτυο ενέργειας που λειτουργεί παράλληλα με το κεντρικό δίκτυο, ικανό να παράγει, να διανέμει και να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια. Λειτουργεί ως η κινητήρια δύναμη του υβριδικού συστήματος, συνδέοντας και διαχειρίζοντας τις διάφορες πηγές ενέργειας, συστήματα αποθήκευσης και φορτία.

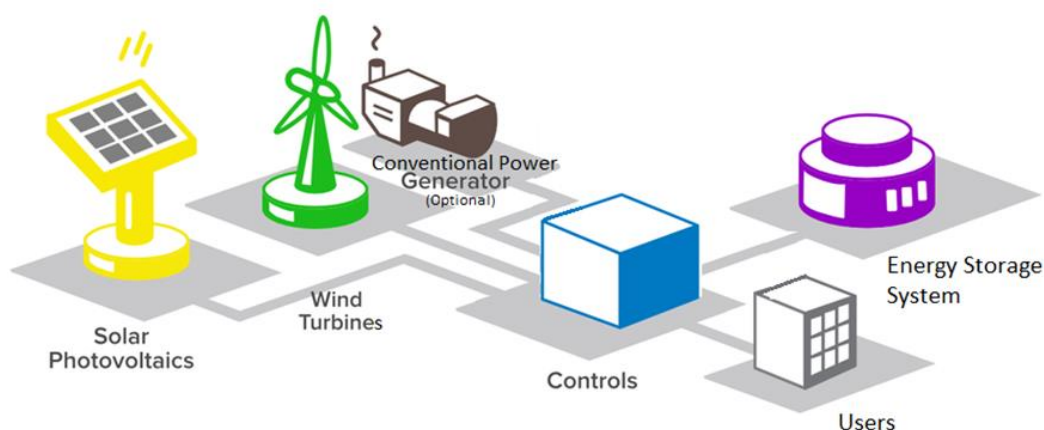
Ένα κύριο πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης ενός μικροδικτύου σε ένα υβριδικό σύστημα είναι η βελτιωμένη διαχείριση ενέργειας. Το μικροδίκτυο ελέγχει και συντονίζει έξυπνα τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας, βελτιστοποιώντας τη χρήση των διαθέσιμων πηγών ενέργειας. Βεβαιώνεται ότι οι πιο αποδοτικές και οικονομικά προσιτές πηγές χρησιμοποιούνται βάσει της ζήτησης, σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τη βέλτιστη κατανομή πόρων και τη μείωση των απωλειών.

Επιπλέον, τα μικροδίκτυα βελτιώνουν σημαντικά την ανθεκτικότητα των υβριδικών συστημάτων. Κατά τη διάρκεια διακοπών ρεύματος ή έκτακτων περιστατικών, ένα μικροδίκτυο μπορεί να απομονωθεί από το κεντρικό δίκτυο και να λειτουργήσει αυτόνομα, εξασφαλίζοντας αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε κρίσιμα φορτία. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτη σε απομακρυσμένες περιοχές, βιομηχανικά συγκροτήματα ή κοινότητες που είναι ευάλωτες σε διακοπές. Με την παροχή αξιόπιστης και σταθερής ενέργειας, τα μικροδίκτυα ενισχύουν τη συνολική ανθεκτικότητα και αξιοπιστία του υβριδικού συστήματος.

Τα μικροδίκτυα διευκολύνουν την ομαλή ενσωμάτωση ηλιακών πάνελ, ανεμογεννητριών και άλλων ανανεώσιμων πηγών στο μείγμα ενέργειας. Μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τον στοχαστικό χαρακτήρα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ισορροπώντας την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας, τοπικά. Η περίσσεια ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες ή να ανακατευθυνθεί πίσω στο κεντρικό δίκτυο, συμβάλλοντας έτσι στην ευστάθεια του δικτύου και μειώνοντας τη συνολική εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Επιπλέον, τα μικροδίκτυα προσφέρουν οικονομικά οφέλη. Εκμεταλλευόμενα τους τοπικούς ενεργειακούς πόρους, τα μικροδίκτυα μπορούν να μειώσουν τις ακραίες χρεώσεις στην ενέργεια, να βελτιστοποιήσουν τη χρήση της και να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες μεταφοράς και διανομής. Αυτό οδηγεί σε εξοικονόμηση κόστους για τους τελικούς χρήστες και τις εταιρείες, καθιστώντας το υβριδικό σύστημα πιο οικονομικά βιώσιμο.

Συνολικά, η ενσωμάτωση ενός μικροδικτύου σε ένα υβριδικό σύστημα είναι κρίσιμη για την απόδοσή του. Τα μικροδίκτυα επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας, ενισχύουν την ανθεκτικότητα, διευκολύνουν την ολοκλήρωση των ανανεώσιμων πηγών και προσφέρουν οικονομικά οφέλη. Συνδυάζοντας τις δυνατότητες των υβριδικών συστημάτων και των μικροδικτύων, μπορούμε να δημιουργήσουμε βιώσιμες, αποδοτικές και αξιόπιστες λύσεις ενέργειας για το μέλλον.



Εικόνα 32:Υβριδικό Μικροδίκτυο.

Πηγή: <https://www.nigeriaelectricityhub.com/download/electricity-access-in-sub-saharan-africa-case-for-renewable-energy-sources-micro-grid/>

# Κεφάλαιο 4: Συστήματα Μικροδικτύων

---

## 4.1: Σχετικά με τα μικροδίκτυα

Το μικροδίκτυο είναι μια τοπική μονάδα που δια καταβάλλεται από πηγές και φορτία ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία λειτουργεί όταν είναι συνδεδεμένη και συγχρονισμένη με το δίκτυο ηλεκτροπαραγωγής, ωστόσο προσφέρει την δυνατότητα αποσύνδεσης από το υφιστάμενο δίκτυο ανάλογα με τις οικονομικές και φυσικές συνθήκες. Στο μικροδίκτυο διαχειρίζεται την ενέργεια από διάφορες πηγές όπως είναι οι ηλιακοί συλλέκτες, οι ανεμογεννήτριες και τα ορυκτά καύσιμα. Συνήθως παρατηρούνται και χρησιμοποιούνται σε απομακρυσμένες και υπο-εξυπηρετούμενες περιοχές του δικτύου. Ωστόσο αποκτούν περισσότερη δημοτικότητα και στις αστικές περιοχές καθώς μπορούν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα του δικτύου, αλλά και την ικανότητα ενσωμάτωσης των Α.Π.Ε. Παρέχουν ακόμα βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο όπως είναι η ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου και την σταθεροποίηση της τάσης. Έτσι τα μικροδίκτυα γίνονται όλο και πιο δημοφιλή για τη βελτίωση της αξιοπιστίας, της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Το κυριότερο όμως πλεονέκτημα του μικροδικτύου είναι η λειτουργία «islanded mode», δηλαδή έχει την ικανότητα να αποσυνδεθεί από το κύριο ηλεκτρικό δίκτυο και να συνεχίσει να λειτουργεί ανεξάρτητα. Αυτή η ικανότητα ουσιαστικά χρησιμοποιείται σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ή άλλης έκτακτης ανάγκης, καθώς επιτρέπει στο μικροδίκτυο να παρέχει ισχύ σε κρίσιμα φορτία κατά την διάρκεια αυτής της ανωμαλίας. Τα μικροδίκτυα μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με τον τρόπο που ελέγχονται.

- «Centralized Control»: Κατ' αυτόν τον τρόπο ελέγχου, υπάρχει ένας κεντρικός ελεγκτής, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων σχετικά με τρόπο κατανομής της ενέργειας και της λειτουργίας του μικροδικτύου.
- «Distributed Control»: Το σύμπλεγμα των μικροδικτύων λαμβάνοντας αυτόνομες αποφάσεις σχετικά με την δική τους λειτουργία, ενώ παράλληλα επικοινωνούν μεταξύ τους.

Συνολικά λοιπόν τα μικροδίκτυα είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τη βελτίωση της αξιοπιστίας, της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

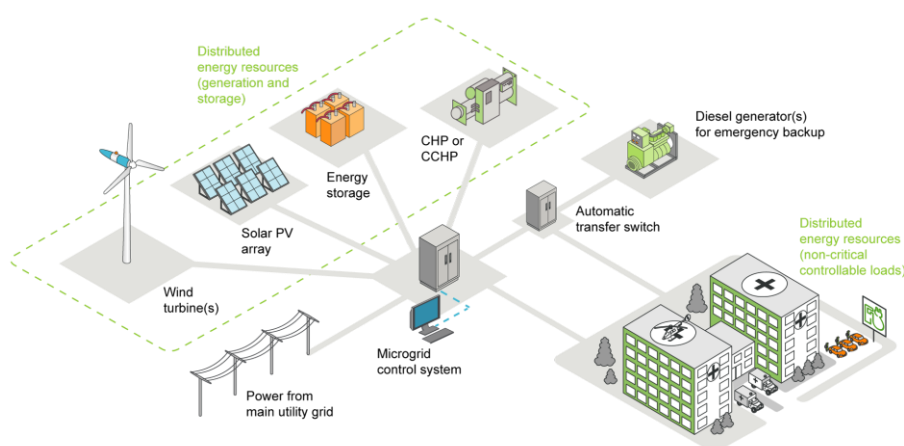
## 4.2: Οφέλη και Λειτουργία

Ως σύνοψη λοιπόν το μικροδίκτυο αφορά την συνδυασμένη ηλεκτροπαραγωγή και άντληση θερμότητας, σε συνδυασμό με ένα δίκτυο μεταφοράς και έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες μεταφοράς των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων μιας μικρής κοινωνίας. Όπως αναφέρθηκε το μικροδίκτυο έχει την δυνατότητα της αυτόνομης λειτουργίας, όταν δεν είναι συνδεδεμένο με το εθνικό δίκτυο «islanded mode», ή χωρίς κάποια αυτονομία όταν είναι διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό δίκτυο. Το μικροδίκτυο παριστά ένα δίκτυο μεταφοράς και διανομής και εμπεριέχει είτε κατανεμημένη είτε διεσπαρμένη παραγωγή, που το αναγκάζουν να δέχεται διάφορα φορτία σε διάφορες τάσεις.



Το μικροδίκτυο σαν μια σχετικά νέα τεχνολογία εναρμονίζεται πλήρως με τις νέες τάσεις και απαιτήσεις τόσο της Ευρώπης όσο και της Ελλάδος. Τα οφέλη είναι:

- Αξιοπιστία ενέργειας: Επίτευξη ανθεκτικότητας μέσω του «island mode» και την αποστασιοποίηση από κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.
- Πρόσβαση στην ενέργεια: Εύκολη ενεργειακή πρόσβαση σε λογικό κόστος όταν είναι δεν είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο.
- Ενεργειακή Ανεξαρτησία: Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων.
- Βελτιστοποίηση κόστους ενέργειας: Προσφορά ενεργειακής ευελιξίας ως προς το δίκτυο με βελτιστοποίηση του ενεργειακού μείγματος.



**Εικόνα 33:Το συνολικό σύστημα ενός μικροδικτύου.**

Πηγή: <https://www.pure-greenconsulting.com/project/swansea-university-bay-campus>

Η λειτουργία ενός μικροδικτύου θεωρείται ότι περιλαμβάνει τρία στάδια. Υπάρχουν οι τοπικές μονάδες παραγωγής ώστε να διασφαλίζεται η αυτόνομη λειτουργία σε περιπτώσεις ανάγκης, κυρίως μέσω της χρήσης Α.Π.Ε. Ωστόσο αυτή η απομονωμένη λειτουργία δεν παρατηρείται συχνά στην πραγματικότητα. Στην συνέχεια το σύστημα αποθήκευσης που είναι συνδεδεμένο με το μικροδίκτυο, ειδικά όταν στηρίζεται η λειτουργία της κοινωνίας στις Α.Π.Ε. και την διεσπαρμένη παραγωγή και η ύπαρξη ηλεκτρικών συσσωρευτών, αντλιών υδρογόνου κ.α., κρίνεται απαραίτητη για τη εύρυθμη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας όταν ζητείται. Τέλος άκρως απαραίτητο είναι η ύπαρξη ενός συστήματος διαχείρισης του μικροδικτύου και των στοιχείων του, για να διασφαλιστεί η ισορροπία μεταξύ της συνεχούς εναλλασσόμενης ενεργειακής ζήτησης και της παραγωγής.



Εικόνα 34: Διασύνδεση συστήματος διαχείρισης και των στοιχείων του μικροδικτύου.

Πηγή: [https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids\\_CCharalambides.pdf](https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf)

Όσον αφορά το σύστημα διαχείρισης των μικροδικτύων λειτουργούν όπως ακριβώς λειτουργούν και τα έξυπνα δίκτυα, απλά ένα μικροδίκτυο δεν μεταφέρει απλά την ενέργεια μεταφέρει και πληροφορίες. Έτσι μέσω αυτών των πληροφοριών τα μικροδίκτυα λαμβάνουν υπόψιν και διαχειρίζονται, την αιχμή της παραγόμενης ενέργειας και της ημερήσιας ζήτησης, τις διατιμήσεις λόγω καιρικών φαινομένων και την παραγωγική ικανότητα των διασυνδεδεμένων ενεργειακών στοιχείων. Έτσι με την χρήση απλών εφαρμογών το μικροδίκτυο αποφασίζει αν θα αποσυνδεθεί από το εθνικό δίκτυο, αν θα φορτίσει κάποια ηλεκτρικό αμάξι, ή αν θα τροφοδοτήσει την παραγόμενη ενέργεια είτε σε μπαταρίες είτε πίσω στο δίκτυο. Επομένως αυτή η αυτοματοποιημένη διαχείριση σκοπεύει στην διατήρηση της ισορροπίας του εκάστοτε φορτίου και στην αποδοτικότερη και οικονομικότερη χρήσης της καταναλισκόμενης ενέργειας.

### 4.3 Κατηγορίες μικροδικτύων

Οι στόχοι ενός συστήματος μικροδικτύου είναι κατά κύριο λόγο δύο, είτε χρησιμοποιούμε το μικροδίκτυο για την ηλεκτροδότηση μιας απομακρυσμένης περιοχής, είτε για την βελτιστοποίηση της αξιοπιστίας και την ενεργειακή διασφάλιση του δικτύου. Ουσιαστικά κάθε ενεργειακή ανάγκη που παρατηρείται μπορεί να υπερκαλυφθεί από τις δυνατότητες του μικροδικτύου. Τα μικροδίκτυα διαχωρίζονται συνήθως ανάλογα με την λειτουργία και την μέθοδο διασύνδεσης τους με το κεντρικό δίκτυο και τις τρόπο χρήσης τους, δηλαδή αν η χρήση είναι εμπορική, βιομηχανική ή για την εξυπηρέτηση των αναγκών μιας κοινωνίας.

Υπάρχουν λοιπόν τέσσερις κατηγορίες που διακρίνουν τα μικροδίκτυα:

- «Απομονωμένες εγκαταστάσεις μικροδικτύων εκτός του κεντρικού δικτύου»  
Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος χρήσης ενός μικροδικτύου, εφαρμόζεται σε περιοχές απομακρυσμένες είτε νησιωτικές είτε ηπειρωτικές στρατιωτικές βάσεις και κτίρια, οι οποίες παρουσιάζουν προβλήματα στην ηλεκτροδότηση τους, καθώς δεν έχουν άμεση πρόσβαση στο ηπειρωτικό δίκτυο. Έτσι βρίσκονται σε θέση να μειώσουν τη χρήση των ορυκτών για ηλεκτροπαραγωγή και να αυξήσουν την διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό τους μείγμα.

- «Απομονωμένα κοινοτικά μικροδίκτυα εκτός κεντρικού δικτύου»  
Είναι μικροδίκτυα που βρίσκονται κυρίως στα νησιά ή και απομονωμένες ηπειρωτικές κοινωνίες, ουσιαστικά δίνουν ενεργειακή πρόσβαση σε καταναλωτές, όπου το εθνικό δίκτυο δεν δύναται να εξυπηρετήσει αυτές τις περιοχές. Αυτή η κατηγορία μικροδικτύων έχουν υψηλό ποσοστό διείσδυσης Α.Π.Ε. και στοχεύουν στην άμεση και επαρκή ηλεκτροδότηση της περιοχής .
- «Μικροδίκτυα διασυνδεδεμένων εγκαταστάσεων με το κεντρικό δίκτυο».  
Αφορά κυρίως μεγάλες εγκαταστάσεις με πολύ μεγάλη ισχύ και με την βοήθεια των μικροδικτύων θέλουν να παρέχουν στο σύστημα μεγαλύτερη αξιοπιστία στην διαχείριση της ενέργειας. Έτσι αυτή η αξιοπιστία μειώνει το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης και αυξάνει την χρήση της «πράσινης ενέργειας», μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να συνδεθούν στο σύστημα.
- Κοινοτικά διασυνδεδεμένα μικροδίκτυα.  
Έχουν σχεδιαστεί με σκοπό τον ισότιμο διαμερισμό της ενέργειας στους διάφορους καταναλωτές του συνόλου. Εκ νέου με αυτόν τον τρόπο μειώνουν το κόστος της ενέργειας ανά καταναλωτή και τους ωθούν στην χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.

#### 4.4 Συστήματα Υβριδικών-Μικροδικτύων ανά τον κόσμο.

##### 4.4.1 Το νησί της Κύθνου

Συγκεκριμένα λοιπόν το νησί της Κύθνου εντοπίζεται στο Αιγαίο Πέλαγος, ενώ απέχει μόλις 50 χιλιόμετρα από την ηπειρωτική Ελλάδα. Αναπτύχθηκε στο νησί ,το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα «FP5 Microgrids», το οποίο είχε ως στόχο την αποκεντρωμένη στρατηγική ανάπτυξη για την διανομή της ενέργειας σε νησιωτικές περιοχές. Το πρόγραμμα αφορά την ανάπτυξη ενός μικρού αυτόνομου δικτύου, που να μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες της κοινότητας. Το συνολικό σύστημα αποτελούταν από ένα τριφασικό δίκτυο χαμηλής τάσης, από εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά για ηλεκτροπαραγωγή, καθώς και ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και μια εφεδρική γεννήτρια.

Ειδικότερα υπάρχουν εγκατεστημένα περίπου 10 kW φωτοβολταϊκών σε δύο περιοχές της Κύθνου, το σύστημα αποθήκευσης των 53 kWh και μια γεννήτρια πετρελαίου των 5 kW. Η 2<sup>η</sup> εγκατάσταση φωτοβολταϊκών έχει μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ που αγγίζει τα 2 kW, που έχει ως σκοπό να προσφέρει ισχύ στα συστήματα και τα κτίρια ελέγχου, με την υποστήριξη ενός αποθηκευτικού συστήματος 32 kWh. Ουσιαστικά η όλη εγκατάσταση αναφέρεται σε 12 εποχιακές κατοικίες , και καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτρισμού και άρδευσης, μέσω τριών μετατροπέων SMA.

Κατά την διάρκεια των ωρών που απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα ισχύος από αυτή που δύναται από τα Φ/Β, εκείνη την στιγμή τίθενται σε λειτουργία οι μετατροπείς των συσσωρευτών. Τέλος οι μετατροπείς έχουν ισοχρονισμένη λειτουργία ή λειτουργούν μέσω καμπυλών στατισμού, που επιτρέπει την μεταφορά πληροφοριών στα συστήματα που διαχειρίζονται την ισχύ. Οι μετατροπείς ελέγχουν και περιορίζουν την μετάδοση του φορτίου αν οι συσσωρευτές δεν είναι επαρκώς φορτισμένοι και συγχρόνως αν το σύστημα αποθήκευσης είναι επαρκών φορτισμένο, τότε περιορίζουν την ισχύ στην έξοδο των φωτοβολταϊκών.



Εικόνα 35: Η εγκατάσταση του μικροδικτύου στη Κύθνο.

Πηγή: [https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids\\_CCharalambides.pdf](https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf)

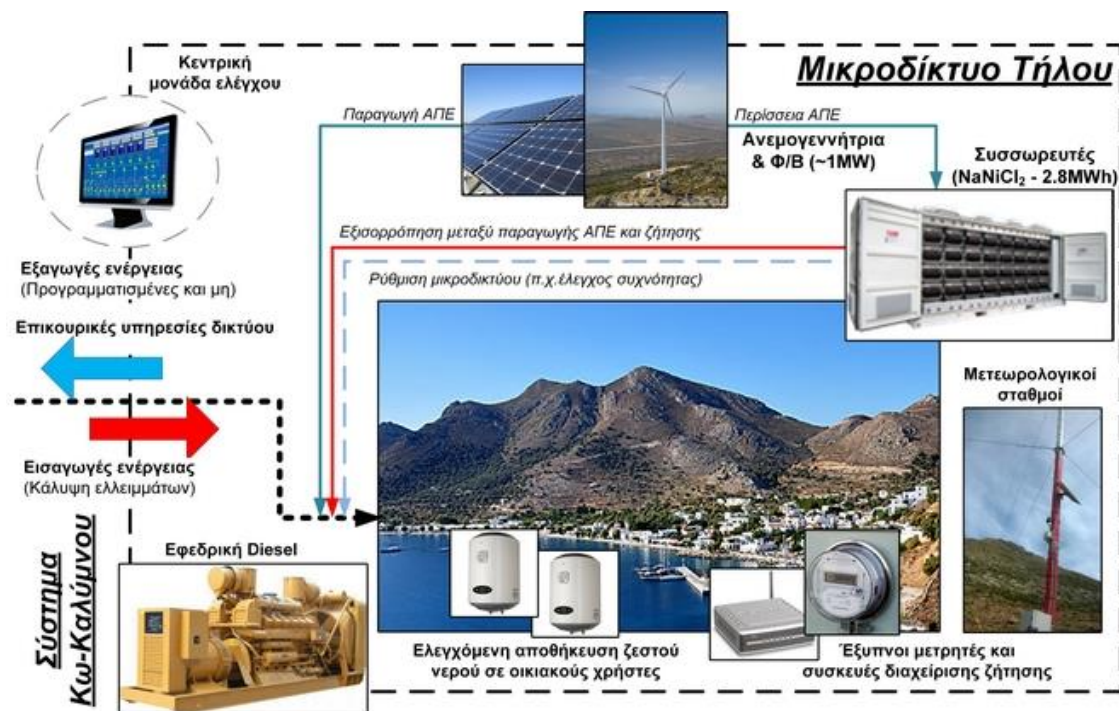
#### 4.4.2 Το νησί της Τήλου

Το σύγχρονο έργο της Τήλου αφορά την δημιουργία ενός εξολοκλήρου πράσινου νησιού, δηλαδή ένα ενεργειακά αυτόνομο νησί το οποίο θα τροφοδοτείται ενεργειακά μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η σχέση της νήσου Τήλου με τα μικροδίκτυα δημιουργήθηκε μέσω του ερευνητικού έργου « TILOS» και του ευρωπαϊκού προγράμματος Horizon2020, που είχε ως στόχο να αναπτύξει ένα λειτουργικό και καινοτόμο σύστημα ηλεκτροδότησης με την χρήση ενός μικροδικτύου. Ο σκοπός λοιπόν του ερευνητικού έργου ήταν η κάλυψη των αναγκών ηλεκτροδότησης 500 κατοίκων στην κοινότητα των Λιβαδιών. Το σύστημα του μικροδικτύου θα στηρίζεται σε ένα υβριδικό σύστημα που θα αποτελείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ( ανεμογεννήτριες και Φ/Β) και συσσωρευτές ( σύστημα αποθήκευσης ενέργειας). Η παραπάνω εγκατάσταση αφομοίωσε στρατηγικές διαχείρισης της ζήτησης, ενώ συγχρόνως αλληλοεπιδρούσε με το υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτροδότησης της Κω-Νισύρου, ενώ θα ενσωματωνόταν λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης (SCADA).

- 800 kW, φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 160 kWp
- και συσσωρευτές χωρητικότητας 2,8 MWh.
- Σύστημα μικροδικτύου.

Ο πυρήνας του παραπάνω εγχειρήματος είναι οι συσσωρευτές ενέργειας που υιοθετούν την τεχνολογία  $\text{NaNiCl}_2$  και βοηθούν στην ικανοποίηση των απαιτήσεων τόσο του προγράμματος όσο και του νησιού οι οποίες είναι:

- Η μέγιστη δυνατή διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο του νησιού, και επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου ενεργειακής αυτονομίας του νησιού.
- Διείσδυση ενεργειακού φορτίου από ανανεώσιμες πηγές στο δίκτυο Νισύρου-Κω.
- Αξιοπιστία και ευστάθεια στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Τήλου.
- Ενώ η ενέργεια που θα περισσεύει θα εντάσσεται εκ νέου στο ήδη υπάρχων σύστημα Κω-Τήλου



Εικόνα 36: Η εγκατάσταση του μικροδικτύου στη Τήλο.

Πηγή: <http://www.aiolikigi.gr/el/green-stories/%CF%84%CE%BF-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF-tilos/>

Το έργο είχε συνολικό προϋπολογισμό 13,7 εκατ. Ευρώ, η οποία επένδυση έφερε στο προσκήνιο την Ελλάδα, μέσω της νήσου της Τήλου και της δυνατότητας που έχει η χώρα, οι οποίες μπορούν να την καταστήσουν ενεργειακά αυτόνομη τα επόμενα χρόνια

Σύμφωνα με τις μελέτες και του γενικού συνασπισμού του έργου ο τελικός στόχος, αφορά την ανάπτυξη μια πλήρης ενεργειακής υποδομής, με την ικανότητα εφαρμογής σε πληθώρα απομονωμένων περιοχών, στις οποίες η ενεργειακή αυτονομία είναι μόνη λύση για την αντιμετώπιση των ενεργειακών ζητημάτων.

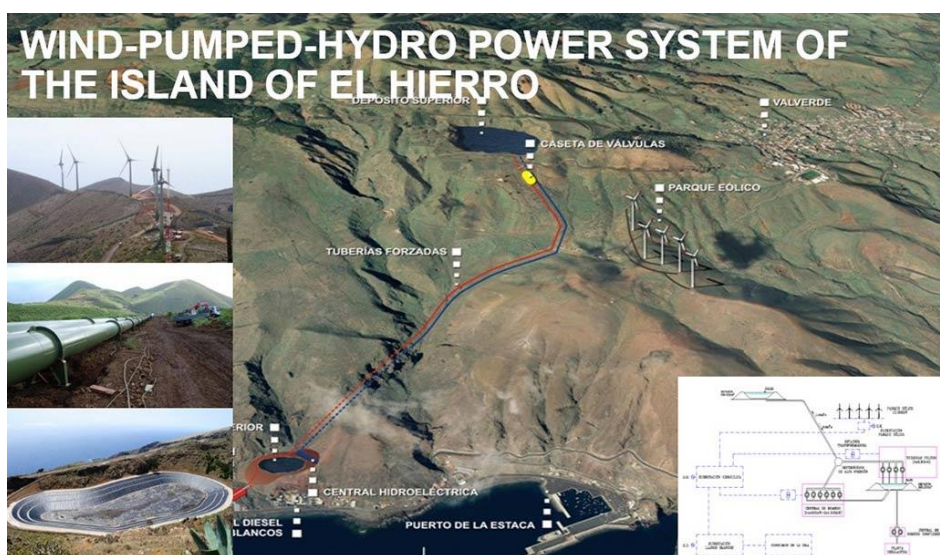


#### 4.4.3 Το σύστημα μικροδικτύου του νησιού Ελ Ιέρο

Το νησί Ελ Ιέρο ανήκει στο σύμπλεγμα των κανάρων νησιών και βρίσκεται στον Ατλαντικό ωκεανό και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της Ισπανίας, ωστόσο έχουν κρατήσει το δικαίωμα της αυτόνομης διοικητικής περιοχής. Ειδικότερα η νήσος Ελ Ιέρο αποτελεί το πιο μικρό νησί του παραπάνω συμπλέγματος καθώς κατοικείται από 10.500 ανθρώπους ενώ η επιφάνεια του δεν ξεπερνάει τα 278 τμ.χιλ., ενώ οι κλιματικές του συνθήκες μπορούν να θεωρηθούν τροπικές.

Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που απαιτούσε το νησί για να λειτουργεί έρρυθμα και χωρίς συνεχή «blackouts» άγγιζε τις 35 GWh, όλη η ενέργεια του νησιού περιορίζεται σε μόνο ένα σταθμό παραγωγής, που χρησιμοποιεί εξ' ολοκλήρου πετρέλαιο. Η μέγιστη ισχύς αυτού του σταθμού είναι τα 10,1 MW, ενώ παρατηρείται μια συνεχής αύξηση στην ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, η οποία κυμαίνεται από 7 έως 8 %. Καθώς η ηλεκτροπαραγωγή μέσω του πετρελαίου είχε τεράστιο κόστος, αποφασίστηκε η επένδυση σε ένα υβριδικό σύστημα, με την χρήση μικροδικτύου, αιολικών και υβριδικών σταθμών.

Το συνολικό σύστημα εξαρτάται από 5 ανεμογεννήτριες των 2,3 MW, οι οποίες θέτουν σε λειτουργία τον κοντινό αντλητικό σταθμό των 6 MW, προκειμένου να μεταφέρεται το αποθηκευμένο νερό του αρχικού ταμιευτήρα σε υψόμετρο 715 μέτρων. Το νερό καταλήγει στον τελικό ταμιευτήρα με χωρητικότητα 556.000 κυβικά μέτρα, ο οποίος είναι ένας κρατήρας ανενεργού ηφαιστείου. Το αποθηκευμένο νερό θέτει σε λειτουργία το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο συνολικής ισχύς 11,3 MW, ενώ όλο το σύστημα ελέγχεται από ένα κέντρο ελέγχου και ακολουθεί τις βασικές τεχνολογίες και μεθοδολογίες ενός μικροδικτύου. Το παραπάνω σύστημα καλύπτει περίπου το 8-0% την συνολικής ζήτησης του νησιού, ενώ το υπόλοιπο 20% καλύπτεται από φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία συνδέονται απευθείας με το δίκτυο του νησιού.



Εικόνα 37:Το υβριδικό σύστημα του νησιού στο Ελ Ιέρο.

Πηγή: <https://yenisplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/>

Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου δημοπρατήθηκε στα 54 εκατ. Ευρώ, με την σύμπραξη μιας εταιρίας Gorona del Viento El Hierro S.A. , η οποία δημιουργήθηκε από την Ισπανική κυβέρνηση, την Ισπανική Endesa και το Τεχνολογικό Ινστιτούτο των Καναρίων Νήσων. Ωστόσο έπειτα από συνεχής αναθεωρήσεις και το κόστος αυξήθηκε και εν τέλει έφτασε τα 8εκατ. Ευρώ.

Η ολοκλήρωση του έργου πραγματοποιήθηκε το 2014, ενώ η συνολική περίοδος κατασκευής διήρκεσε 5 χρόνια.

#### 4.4.4 Το σύστημα μικροδικτύου του νησιού Isle of Eigg

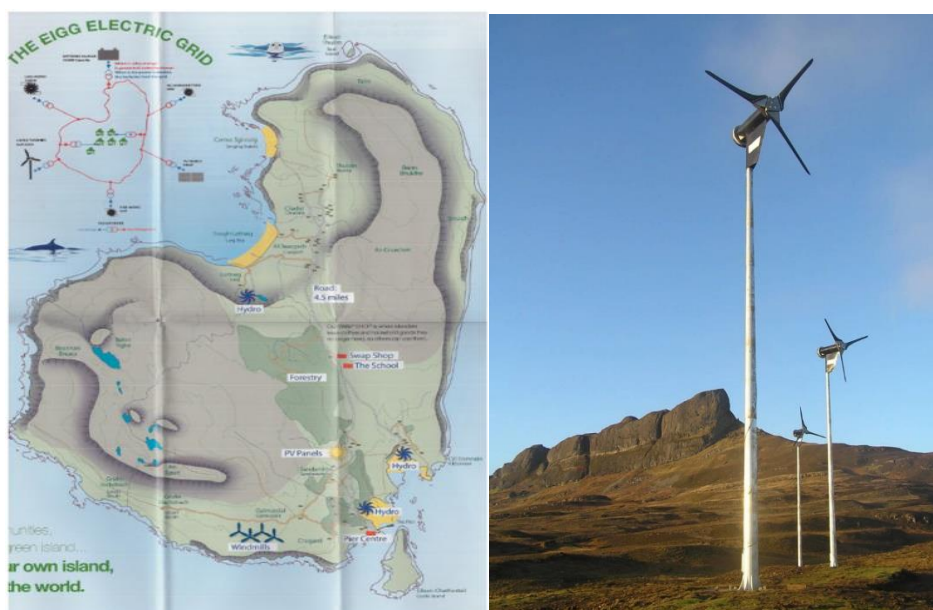
Η νήσος Eigg βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο της Γης, με συνολική έκταση τα 31 τετρ.χιλ, ενώ η ακριβής της τοποθεσία τοποθετείται στην δυτική πλευρά της Σκωτίας. Η όλη η συζήτηση γύρω, από την συγκεκριμένη νήσο αφορά την μεγάλη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η σημαντικότητα του έργου τονίζεται, διότι ολοκληρώθηκε και τέθηκε σε λειτουργία το όλο σύστημα στα τέλη του 2008, σε μια περίοδο που η τεχνολογία των Ανανεώσιμων βρισκόταν σε πρώιμο στάδιο, ενώ τότε ξεκινούσαν και οι συζητήσεις σχετικά με την εντονότερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή. Το νησί κατοικούταν μόνο από 90 ανθρώπους, ενώ μετά την διεξαγωγή και την υλοποίηση του έργου η δημοτικότητα του αυξήθηκε, αυξήθηκε και ο πληθυσμός, έτσι πλέον οι συνολικοί κάτοικοι ξεπερνούν τους 300. Το μεγαλύτερο προβλήματα που παρουσιαζόταν είναι ότι δεν υπήρχε κάποιο σχέδιο διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο, καθώς και η εξάρτηση από τις γεννήτριες πετρελαίου καθιστούσαν ιδιαίτερα ακριβή την ηλεκτροπαραγωγή. Ενώ αξιοσημείωτη προσπάθεια ήταν εγκατάσταση μικρών υδροηλεκτρικών συστημάτων, ώστε η κάτοικοι να παράγουν την ενέργεια ιδιωτικά.

Τον Φεβρουάριο του 2008 λοιπόν, έγινε η 1<sup>η</sup> διασύνδεση του νησιού με μια κεντρική παροχή ηλεκτροδότησης. Ο συνολικός προϋπολογισμός του εργοστασίου ανέρχεται στα 1,5 εκατομμύριο ευρώ. Το εργοστάσιο περιελάμβανε τρεις τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

- Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με συνολική ισχύ τα 9 KWp.
- Τρία υδροηλεκτρικά συστήματα ισχύος 6 kW, 6 kW & 100 kW αντιστοίχως
- Και ενός αιολικού πάρκου που αποτελούταν από 4 ανεμογεννήτριες, συνολικής ισχύς 24 kW.
- Ενώ προστέθηκε ένα πάρκο μπαταριών και μια γεννήτρια πετρελαίου, για να εξασφαλίσουν σταθερή ισχύ στο νησί.
- Τέλος υπάρχει και το συνολικό σύστημα διαχείρισης του, το οποίο διαχειρίζεται από την Eigg electricity.

Κάθε ιδιώτης συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο, ωστόσο υπάρχουν 2 περιορισμοί για να διοχετεύεται ισότιμα η ενέργεια, ουσιαστικά κάθε κατοικία περιορίζει την χρήση της στα 5 kW ημερησίως, ενώ κάθε επιχείρηση περιορίζεται στα 10 kW ενέργειας την ημέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κάτοικοι προπληρώνουν την ενέργεια που χρειάζονται μέσα στην μέρα, καθώς όλο το νησί διαθέτει συστήματα παρακολούθησης και μέτρησης της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Το παραπάνω έργο είχε την σύμφωνη γνώμη όλης της κοινότητας του νησιού, ενώ παράλληλα χρηματοδοτήθηκε μερικώς από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης.



Εικόνα 38:Το υβριδικό σύστημα του νησιού στο Isle of Eigg.

Πηγή: <https://yenisplatform.eu/renewables/wind-pumped-hydro-system-of-el-hierro/>

#### 4.4.5 Το σύστημα μικροδικτύου-αποθήκευσης ενέργειας των εταιρειών NEOEN – TESLA στο διασυνδεδεμένο σύστημα της νότιας Αυστραλίας.

Το έτος 2016 και ειδικά τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους, η Αυστραλία και συγκεκριμένα στην Αδελαΐδα ήρθε αντιμέτωπη με κάποιες απρόσμενες δυσκολίες στην μεταφορά και την διανομή ενέργειας, καθώς οι ανεξέλεγκτες καιρικές συνθήκες επέφεραν καταστροφές στο δίκτυο διανομής, καθώς και σε διάφορες εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η γενική ηλεκτροδότηση των κατοίκων κράτησε δύο εικοσιτετράωρα, ενώ οι εναέρια γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας επανεγκαταστήθηκαν έξι μήνες αργότερα. Μέσα από τις δυσκολίες και τις ανάγκες που επέφεραν οι καιρικές συνθήκες πάρθηκε η απόφαση να χρησιμοποιηθούν νέες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας.

Οι καιρικές αυτές συνθήκες δημιούργησαν την ανάγκη, ύπαρξης ενός εναλλακτικού τρόπου εξοικονόμησης και αποθήκευσης ενέργειας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Το συγκεκριμένο έργο λοιπόν αποτελείται από μια συστοιχία συσσωρευτών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία λιθίου. Επιπρόσθετα έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει περίπου 129 MWh, ενώ η μέγιστη δυνατή εκφόρτιση υπολογίζεται στα 100 MW, ενώ το έργο δημοπρατήθηκε στην περιφέρεια της Νότιας Αυστραλίας και κερδήθηκε από την εταιρία Neoen, παράλληλα η εταιρία Tesla ανέλαβε και εγκατέστησε ολόκληρο το συσσωρευτικό σύστημα. Η συνολική διάρκεια ολοκλήρωσης του παραπάνω εγχειρήματος είναι αξιόπαινη καθώς διήρκεσε μόλις 100 ημέρες, ενώ το έργο διοχετεύτηκε στο σύστημα διανομής το φθινόπωρο του 2017.



Η όλη εγκατάσταση βρίσκεται στο Hornsdale της Αυστραλίας, έχει συνδεθεί στο δίκτυο υπερύψηλής τάσης των 275 kV, ενώ είναι άμεσα συνδεδεμένη με το γειτονικό αιολικό πάρκο της περιοχής, που διατηρεί 300MW εγκατεστημένη ισχύς. Ωστόσο η κύρια λειτουργία του έργου αφορά, την διατήρηση της ενεργειακής αυτονομίας της περιοχής. Επομένως από τα 100 MW εκ φόρτισης που είναι διαθέσιμα μόνο τα 30MW διατίθενται για τυχών αγοραπωλησίες στην αγορά ενέργειας. Το σύστημα έχει υπερβεί κατά πολύ τις προσδοκίες των άμεσα ενδιαφερόμενων μερών, ενώ έχει ανακοινωθεί ότι η NEOEN, η εταιρία έχει αυξήσει κατά πολύ τα αναμενόμενα κέρδη της, κυρίως μέσω της πώλησης της ενέργειας. Επιπρόσθετα προσφέρει και επικουρικές υπηρεσίες στο σύστημα διανομής, ενώ το κύριο χαρακτηριστικό της εγκατάστασης είναι η άμεση απόκριση του συστήματος. Τέλος η ίδια η εγκατάσταση προσφέρει την δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας του συστήματος μεταφοράς, καθώς είναι και η πιο επικερδής υπηρεσία της εταιρίας.

Το έργο λοιπόν προσφέρει ασφάλεια και σταθερότητα στο δίκτυο, συγχρόνως μειώνει το κόστος εξισορρόπησης της συχνότητας του δικτύου και αίρει αρκετούς από τους περιορισμούς που θέτουν οι διαχειριστές ώστε να ελέγχεται συνολικό το δίκτυο μεταφοράς.

Συνοπλογίζεται ότι η χρήση των συσσωρευτών επέφερε την εξοικονόμηση 50 εκατ. Δολαρίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι από την έντονη κερδοφορία ο γαλλικός όμιλος NEOEN αποφάσισε να αυξήσει την απόδοση των συσσωρευτών κατά 50 %, επομένως η συνολική ισχύ θα είναι 150 MW. Η συνολική δαπάνη του εγχειρήματος είναι 66 εκατ. Δολάρια, ενώ εύκολα γίνεται κατανοητό ότι το «break even» της επένδυσης έγινε σχετικά άμεσα. Τέλος το έργο επωφέλεισαι και του καταναλωτές, καθώς τα οφέλη για το 2019 άγγιξαν τα 116 εκατομμύρια δολάρια.



Εικόνα 39:Το σύστημα των συσσωρευτών της Αδελαΐδας.

Πηγή: <https://www.tesla.com/>

# Κεφάλαιο 5: Περιγραφή του υπό-μελέτη συστήματος της Λήμνου

## 5.1 Η Λήμνος

Το νησί της Λήμνου βρίσκεται στην περιφέρεια του Βορειανατολικού Αιγαίου, ενώ είναι το όγδοο μεγαλύτερο νησί στην Ελλάδα. Η συνολική έκταση του νησιού αγγίζει τα 476.288 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ η συνολική ακτογραμμή του νησιού είναι 310 χιλιόμετρα. Ειδικότερα το νησί της Λήμνου βρίσκεται στο θρακικό πέλαγος, συγχρόνως όμως στην περιφερειακή της ενότητα ανήκει και ο Άγιος Ευστράτιος. Το νησί θεωρείται αραιοκατοικημένο και σύμφωνα με την απογραφή του 2021 ο πληθυσμός της κυμαίνεται στους 16.458 κατοίκους. Σύμφωνα με τα εθνικά στατιστικά το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων, κατοικεί στην πρωτεύουσα του νησιού την Μυρίνα, η οποία είναι και το μεγαλύτερο λιμάνι του νησιού.

Όσον αφορά την μορφολογία του νησιού, η Λήμνος είναι ένα ηφαιστιογενές νησί, σε αντίθεση όμως με τα υπόλοιπα νησιά του Βόρειου Αιγαίου η Λήμνος χαρακτηρίζεται από χαμηλά υψόμετρα. Το νησί μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα το δυτικό και το ανατολικό, που επικοινωνούν μέσω ενός ισθμού συνολικού μήκους 3,5 χλμ. Στο ανατολικό κομμάτι βρίσκεται και υψηλότερη κορυφή του νησιού, η κορυφή της Βίγλας με υψόμετρο 430 μέτρα.

Ένα λοιπόν από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του νησιού είναι ότι διατρέχεται από εύφορες καλλιεργήσιμες πεδιάδες, κυρίως με αμπέλια. Μπορεί το νησί να μην έχει δασικές εκτάσεις, αλλά η εύφορη Γη ενισχύει την οικονομία και ειδικά τους τομείς της γεωργίας, κτηνοτροφίας και αλιείας, οι οποίοι είναι και οι βασικές ασχολίες των κατοίκων του νησιού. Ακόμα κύριο χαρακτηριστικό των κατοίκων αλλά και της γεωγραφικής θέσης του νησιού είναι τα ναυτικά επαγγέλματα και ο τουρισμός που ανθίζει χρόνο με τον χρόνο.



Εικόνα 40: Ο χάρτης της Νήσου Λήμνου

Πηγή: [http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page\\_8483.html](http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html)

## 5.2 Α.Σ.Π. Λήμνου

Η νήσος της Λήμνου κατέχει ένα αυτόνομο σταθμό παραγωγής, ο οποίος διοχετεύει το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας στο νησί, ενώ συγχρόνως τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα καλύπτουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικού φορτίου. Ο όμιλος της Δ.Ε.Η είναι ο κύριος δικαιούχος του σταθμού, ο οποίος τοποθετείται στην περιοχή της Αυλώνας και απέχει μόλις 3 χιλιόμετρα από την πρωτεύουσα της Λήμνου, παράλληλα βρίσκεται πολύ κοντά σε θαλάσσιες ακτές ώστε να διευκολύνεται η τροφοδοσία του και επωφελείται από το θαλασσινό νερό, το οποίο χρησιμοποιείται για την ψύξη της μονάδας. Το συνολικό σύστημα αποτελείται από 9 συμβατικές γεννήτριες πετρελαίου και η μέγιστη ισχύ που μπορεί να παραχθεί είναι 23600 kW.



Εικόνα 41: Αυτόνομος Σταθμός Παραγωγής Λήμνου.

Πηγή: [http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page\\_8483.html](http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html)

Σύμφωνα πάντα με τις δυνατότητες του συστήματος από τα 22.928 kW της εγκατεστημένης ισχύς, μπορούν χρησιμοποιηθούν μόνο τα 19.800 kW και συνηθώς λόγω υπέρμετρης χρήσης του συστήματος, αυτή η δυνητική ισχύς μειώνεται κι άλλο.

Είναι γεγονός ότι η παραγωγή ενέργειας στα αυτόνομα δίκτυα και ειδικά στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι ιδιαίτερα ασύμφορη, καθώς παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές στη ζήτηση του φορτίου. Στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου έχουν τοποθετηθεί και βρίσκονται σε λειτουργία διάφορες τεχνολογίες ανεμογεννητριών, οι οποίες μπορούν να χαρακτηρισθούν απαρχαιωμένες. Οι τεχνολογίες αυτές διογκώνουν το ζήτημα των συνεχών διακυμάνσεων του φορτίου, δυσχεραίνοντας έτσι από οικονομική σκοπιά την λειτουργία των μονάδων. Το ουσιαστικότερο ζήτημα που εμφανίζουν οι συμβατικές μονάδες κατά την εμφάνιση αυτών των διακυμάνσεων, είναι ότι αυξάνεται η ειδική κατανάλωση της γεννήτριας. Η αύξηση της ειδικής κατανάλωσης, ουσιαστικά αυξάνει την κατανάλωση του καυσίμου και ωθεί σε υπέρμετρη λειτουργία τη γεννήτρια, ειδικά αν μια περιοχή εξαρτάται σε τόσο μεγάλο ποσοστό από αυτές τις συμβατικές μονάδες.

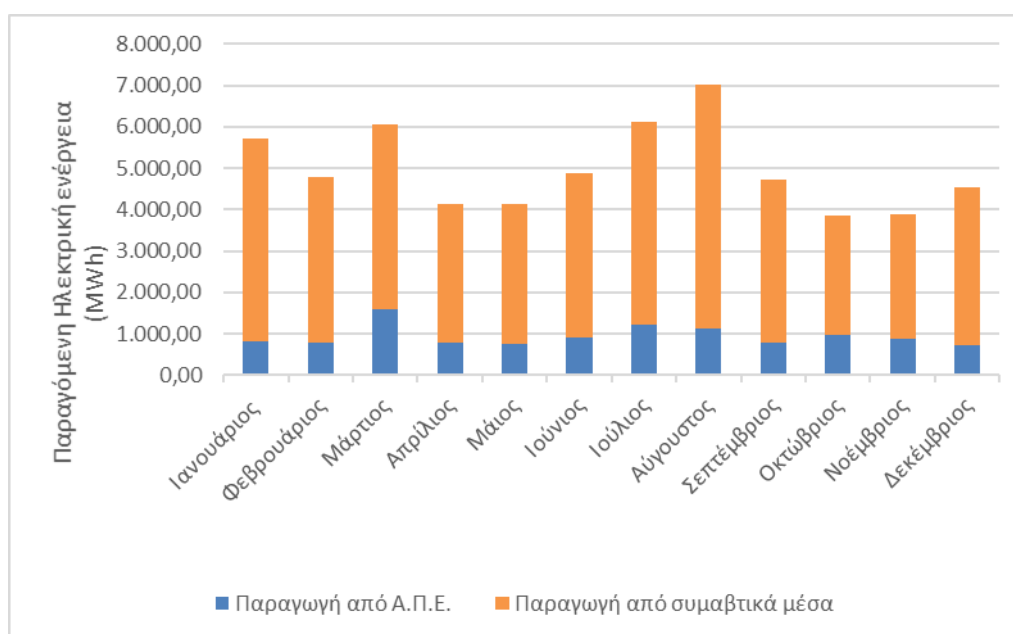
Η γεννήτριες τελευταίας γενιάς που χρησιμοποιούνται στον Αυτόνομο Σταθμό Παραγωγής της Λήμνου, διακατέχονται από ένα τεχνικό βέλτιστο (όπως και όλες οι γεννήτριες), το οποίο κυμαίνεται στο 80-85% της ολικής απόδοσης. Το τεχνικό βέλτιστο στην πραγματικότητα είναι το κανονικό σημείο λειτουργίας της γεννήτριας το οποίο είναι το σημείο επαφής των καμπύλων της κατανάλωσης καυσίμου και του βαθμού απόδοσης της μηχανής.

Έτσι εξηγείτε γιατί κατά την διάρκεια των διακυμάνσεων του δικτύου, και κατά την έγχυση της ενέργειας των αιολικών συστημάτων παρατηρούμε αύξηση του κόστους λειτουργίας της γεννήτριας, καθώς η γεννήτρια μετακινείται από το τεχνικό της βέλτιστο, επομένως ανεβαίνει το κόστος λειτουργίας της

ΜΟΝΑΔΑ	ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΣΕΙΡΑ ΕΝΤΑΞΗΣ
G1 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,2	1,8	Μαζούτ	1
G2 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,2	1,8	Μαζούτ	2
G3 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,2	1,8	Μαζούτ	3
G4 (WARTSILA NSD18V32LN)	6,514	5,8	Μαζούτ	4
G5 (WARTSILA NSD18V32LN)	6,514	5,8	Μαζούτ	5
G6 (WARTSILA VASA 8R22MD)	1,2	0,8	Diesel	6
G7 (MITSUBISHI S16R-PTA)	0,425	0,333	Diesel	7
G8 (MITSUBISHI S16R-PTA)	0,425	0,333	Diesel	8
G9 (MITSUBISHI S16R-PTA)	0,425	0,333	Diesel	9

Πίνακας 4:Λειτουργικά χαρακτηριστικά του Α.Π.Σ. της Λήμνου.

Πηγή: <https://deddie.gr/>



Διάγραμμα 2: Μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για το έτος 2022.

Πηγή: [Δημοσιοποίηση Στοιχείων Εκκαθαρίσεων και Μηνιαίων Δελτίων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](#)

### 5.2.1 Το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Λήμνου

Όπως και σε κάθε περιοχή της Ελλάδος, έτσι κι στην Λήμνο ο διαχειριστής του δικού της μέσης και χαμηλής τάσης είναι ο ΔΕΔΔΗΕ, ενώ στην υψηλή και υπερύψηλη τάση τα ηνία τα κατέχει ο ΑΔΜΗΕ. Ειδικότερα για το σύστημα της Λήμνου ισχύει ότι, κάθε γεννήτρια στον αυτόνομο σταθμό παραγωγής έχει διασυνδεθεί με έναν μοναδικό μετασχηματιστή, οποίος έχει ως βασική λειτουργία την ανύψωση της τάσης στα 15kV από τα 6,3 kV που καταγράφεται στην έξοδο της συμβατικής μονάδας. Η ανύψωση αυτή πραγματοποιείται ώστε η παραγόμενη ενέργεια να μπορεί να διοχετευτεί μέσω του δικτύου μέσης τάσης του νησιού. Το συνολικό δίκτυο μέσης τάσης απαρτίζεται από 5 συνολικά γραμμές οι οποίες επεκτείνονται στις διάφορες περιοχές του νησιού, με κοινό σημείο εκκίνησης τον αυτόνομο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού. Παράλληλα με το δίκτυο μέσης τάσης, υπάρχει και το δίκτυο χαμηλής τάσης του νησιού. Παρατηρείται λοιπόν σε κάθε οικισμό υπάρχει ο απαιτούμενος μετασχηματιστής που συνδέει τα δύο δίκτυα, και που μετατρέπει τα 15 kV της μέσης τάσης σε 400 V, με σκοπό την προώθηση της απαιτούμενης ενέργειας στους καταναλωτές μέσω του δικτύου χαμηλής τάσης. Σε συντριπτική πλειοψηφία το δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού είναι υπέργειο με μοναδική εξαίρεση τον χώρο γύρω από τον αερολιμένα του νησιού.



Εικόνα 42:Δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης Λήμνου

Πηγή: [http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page\\_8483.html](http://me-limnia-matia.blogspot.com/p/blog-page_8483.html)

### 5.2.2 Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις του νησιού

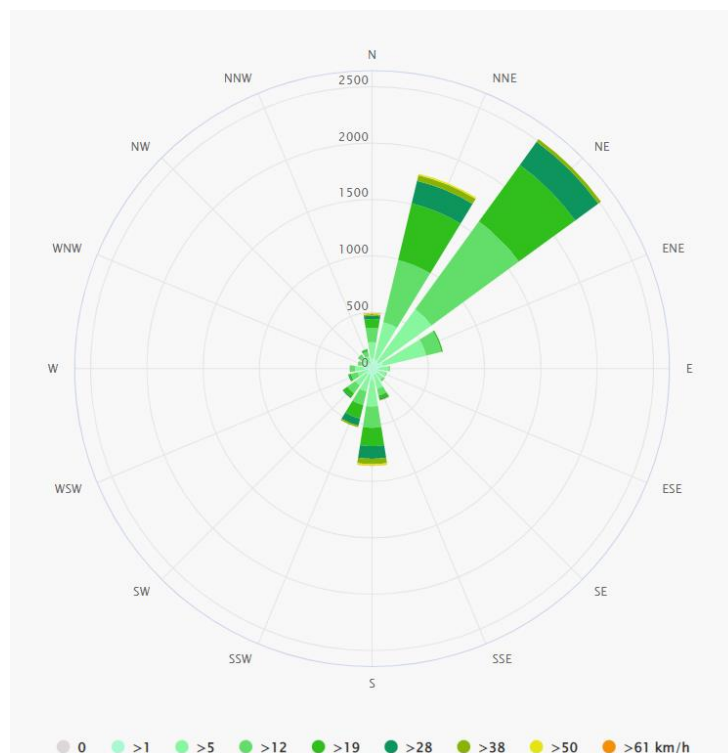
Η Ελλάδα σύμφωνα με διάφορες Ευρωπαϊκές έρευνες συγκαταλέγεται στις περιοχές με την μεγαλύτερη δυνατή ηλιοφάνεια στην γηραιά ήπειρο. Ειδικότερα τα νησιά του και Βορειοανατολικού Αιγαίου ενδείκνυνται για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, σε αυτή την κατηγορία των νησιών ανήκει και η Λήμνος. Μέχρι και σήμερα στην νήσο της Λήμνου έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν 32 φωτοβολταϊκά πάρκα, στα οποία τίτλους ιδιοκτησίας κατέχουν κατά μεγάλο ποσοστό ιδιώτες. Η προσδιοριζόμενη εγκατεστημένη ισχύ στην περιφερειακή ενότητα ανέρχεται στα 1.889 kW, ενώ έχει τεθεί ανώτατο όριο από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. φωτοβολταϊκό πάρκο να μην ξεπερνά τα 100 kW σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου. Το όριο για όλο την νήσο της Λήμνου κυμαίνεται στα 60 kW ανά εγκατάσταση.



Ο διαχειριστής του δικτύου των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι ο ΔΕΔΔΗΕ, ωστόσο δεν διακρίνονται σαφείς πληροφορίες σχετικά με τη έγχυση της παραγόμενης ισχύος τους στο δίκτυο του νησιού. Στην προκυμμένη ανάλυση δεν θα προσμετρήσουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα μικρής κλίμακας (έως 1 kWp), καθώς δεν συμβάλλουν στο φορτίο του νησιού καθώς χρησιμοποιούνται για ιδιοκατανάλωση. Συγχρόνως η παραγωγή από μεγαλύτερες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών πλησίον κατοικημένων περιοχών αφομοιώνονται από τους καταναλωτές πλησίον του μετασχηματιστή. Επομένως η ενέργεια αυτή δεν γίνεται αντιληπτή από το αυτόνομο σύστημα παραγωγής, παρά μόνο σαν μορφή μείωσης του συνολικού φορτίου. Κατά κύριο λόγο η μόνη στιγμή που η ενέργεια των φωτοβολταϊκών εισέρχεται στο ενεργειακό μείγμα είναι στην περίπτωση που οι εγκαταστάσεις υπερκαλύψουν την ζήτηση των κοντινών οικισμών.

### 5.2.3 Στοιχεία αιολικών εγκαταστάσεων της Λήμνου.

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά των νησιών ειδικά στην Ελλάδα είναι οι έντονοι άνεμοι. Έτσι και στην Λήμνο όντας ένα νησί που επέχει αρκετά ναυτικά μίλια από οποιαδήποτε στεριά. Οι άνεμοι του νησιού χαρακτηρίζονται ως Βορειοανατολικοί, ενώ λόγω της θέσης και την φυσική μορφολογίας του νησιού, οι άνεμοι αναπτύσσουν ιδιαίτερα μεγάλες ταχύτητες. Επομένως είναι εφικτή η ηλεκτροπαραγωγή μέσω αιολικών εγκαταστάσεων και αρκετά αποδοτική. Η μέση ταχύτητα ανέμου για το 2022 κυμαίνεται στα 10m/s.



Εικόνα 43: Ρόδο ανέμου για το νησί της Λήμνου.  
Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>

Στην σήμερον ημέρα στο νησί της Λήμνου έχουν εγκατασταθεί και βρίσκονται σε πλήρη λειτουργία τρεις ανεμογεννήτριες, οι οποίες έχουν ονομαστική ισχύ στα 900 kW. Οι δύο πρώτες ανεμογεννήτριες εγκαταστάθηκαν και τέθηκαν σε λειτουργία από την εταιρία Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες το 2012, στην περιοχή του Αγίου Σώζων. Παράλληλα το 2016 εγκαταστάθηκε στο νησί μια τρίτη ανεμογεννήτρια, από ιδιωτική εταιρία στην περιοχή Τουρλί. Για τις τρεις ανεμογεννήτριες του νησιού ισχύει ότι όλες είναι ακριβό το ίδιο μοντέλο «ENERCON E-44», του ίδιου κατασκευαστή και έχουν την ίδια ονομαστική ισχύ. Επίσης και οι τρεις ανεμογεννήτριες είναι απευθείας συνδεδεμένες με το δίκτυο της μέσης τάσης της Λήμνου. Ενώ για το 2022 η ετήσια παραγωγή των ανεμογεννητριών έφτασε τις 6.106,6755 MWh.



**Εικόνα 44: Οι ανεμογεννήτριες ENERCON E-44 της Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμων**  
Πηγή: <https://www.ppcr.gr/el/>

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προηγούμενα χρόνια η εταιρία Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες, είχε στο χαρτοφυλάκιό της, άλλες 8 ανεμογεννήτριες, ονομαστικής ισχύος 55 kW και το συνολικό ύψος του πύργου έφτανε τα 30 μέτρα. Ωστόσο το παραπάνω αιολικό πάρκο είναι εκτός λειτουργίας, καθώς οι ανεμογεννήτριες ξεπέρασαν τον χρόνο εύρυθμης λειτουργίας τους, έτσι παροπλίστηκαν και αναμένεται η αντικατάστασή τους από την Δ.Ε.Η Ανανεώσιμες.

Είναι γνωστό πως η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε) έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το συντηρητικά καταναμημένο αιολικό δυναμικό της Λήμνου, όπως παρατηρείται στο ρόδο ανέμου της περιοχής. Σύμφωνα με τις μελέτες των προηγούμενων χρόνων και τα σχέδια της χώρας που έχουν αναπτυχθεί γύρω από την διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών, έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό την περαιτέρω ανάπτυξη-αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας των περιοχών. Μια από αυτές τις μελέτες είναι «Αιγαία Ζεύξη» που δημοσιεύτηκε στις αρχές του 2012 και αναλύει ότι στην Λήμνο υπάρχει η δυνατότητα της εγκατάστασης ανεμογεννητριών συνολικής ονομαστικής ισχύς 250 MW, οι οποίες έχουν αδειοδοτηθεί από την Ρ.Α.Ε το μακρινό 2012. Συγχρόνως εκδόθηκε από την Ρ.Α.Ε σχετική άδεια ανάπτυξης υπεράκτιου αιολικού πάρκου συνολικής ονομαστικής ισχύς 500 MW, διαχειριστής του έργου είναι η RF-ENERGY. Πάραυτα σημαντική προϋπόθεση για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω είναι η διασύνδεση της Λήμνου με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδος.

Μάλιστα στα σχέδια της Ρ.Α.Ε. μέχρι το 2030 θέλει η Λήμνος να συνδεθεί με το καθολικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας με δύο γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η μια αφορά την διασύνδεση της Λήμνου μέσω Αλεξανδρούπολης-Σαμοθράκης και η άλλη γραμμή θα φτάνει στο νησί μέσω Εύβοιας-Λέσβου.

Πέρα από τα τεράστια ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που μπορεί να επιφέρουν τέτοιες επενδύσεις, είναι σημαντικό το κράτος και οι επενδυτές να συνυπολογίζουν και τα περιβαλλοντικά προβλήματα και τις αντιδράσεις που μπορεί να επιφέρουν τέτοιες επενδύσεις. Ειδικά στην Λήμνο με τις πολλές και διάφορες περιοχές Natura που διαθέτει το νησί. Ουσιαστικά πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή ώστε η ενεργειακή μετάβαση της χώρας να επέλθει όσο το δυνατόν πιο ανώδυνα γίνεται, ώστε να επωφεληθούν και οι πολίτες από αυτές τις αλλαγές.

### 5.3 Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού φορτίου της Λήμνου.

Ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας σε αναλύσεις μη διασυνδεδεμένων νησιών και σε συζητήσεις για τις επερχόμενες νέες εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών μιας περιοχής είναι η συνολική ενεργειακή ζήτηση, που την διατρέπει. Με την γνώση αυτών των στοιχείων είναι η δυνατή η βέλτιστη χρήση και τοποθέτηση των υβριδικών συστημάτων. Σύμφωνα πάντα με τα παραπάνω βήματα ανακτήθηκαν τα κατάλληλα δεδομένα ενέργειας για τα έτη 2019 έως 2022, ώστε τα επερχόμενα σενάρια και οι αναλύσεις να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικές και ακριβείς.

Έπειτα από την σχετική απόφαση από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας της Ελλάδος, η οποία τηρώντας της οδηγίες του νόμου 3486/2006, έθεσε τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε ως κύριο διαχειριστή των μη διασυνδεδεμένων νησιών της Ελλάδος.

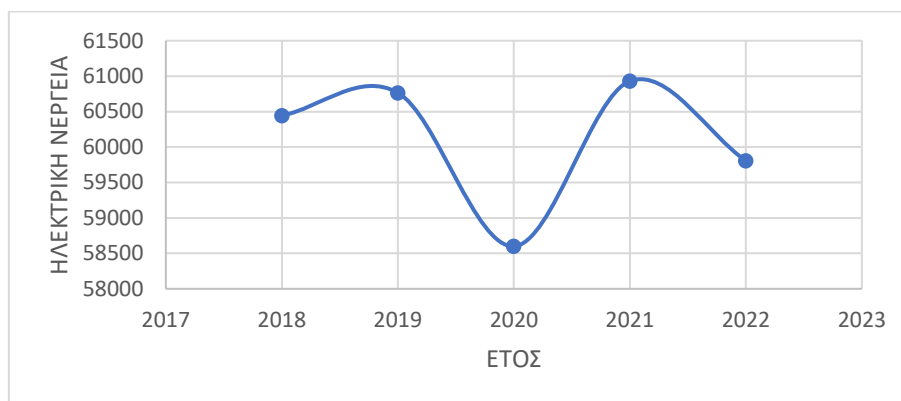
Κάνοντας έναν μικρό απολογισμό των τελευταίων χρόνων και συγκρίνοντας την καθημερινή αύξηση των απαιτήσεων ενέργειας στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Έτσι λοιπόν, μπορεί να αποφανθεί κάνεις ότι είναι αναμενόμενο η ζήτηση και το φορτίο της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για να λειτουργεί εύρυθμα η κοινωνία, αυξάνεται συνεχώς.

	2018	2019	2020	2021	2022
	MWh				
Ιανουάριος	5228,507	5670,026	5696,876	5259,392	5702,759
Φεβρουάριος	4729,861	5051,594	4966,177	4776,851	4776,537
Μάρτιος	4635,381	4835,695	4902,795	5173,9	6056,752
Απρίλιος	3992,963	4425,771	4492,005	4430,462	4129,8
Μάιος	4183,284	4077,468	3807,166	3990,024	4132,314
Ιούνιος	4869,359	5219,091	4188,655	4702,332	4865,791
Ιούλιος	6541,046	6254,054	5648,52	6585,347	6136,553
Αύγουστος	7073,801	7091,516	6459,205	7522,539	7011,12
Σεπτέμβριος	4973,689	4864,709	4825,275	4592,347	4727,839
Οκτώβριος	4162,81	4080,155	4035,163	4076,749	3853,346
Νοέμβριος	4534,92	4098,542	4503,508	4596,769	3884,393
Δεκέμβριος	5517,983	5097,306	5074,063	5222,779	4529,226



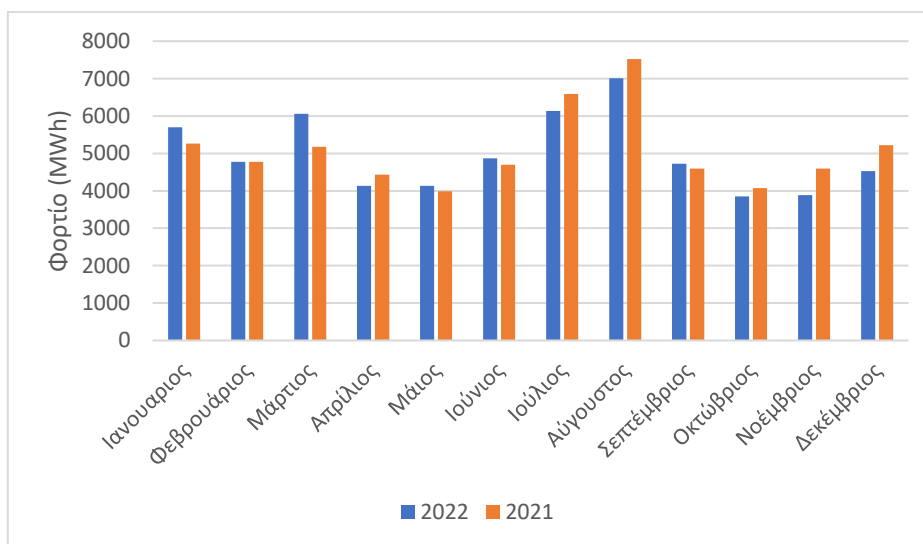
**Πίνακας 5: Το φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας της Λήμνου μηνιαίως για τα έτη 2018 έως 2019**

Πηγή: [Στοιχεία Εκκαθαρίσεων στα ΜΔΝ | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](#)



**Διάγραμμα 3: Η πάροδος της ενεργειακής ζήτησης της Λήμνου.**

Πηγή: [I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΡΑΕ.pdf \(rae.gr\)](#)



**Διάγραμμα 4: Η μηνιαία ζήτηση ηλεκτρική ενέργειας στην Λήμνο τα έτη 2021 & 2022.**

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>

Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα διαφαίνεται μια αυξανόμενη τάση του της ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου το 2018 και 2019, η οποία τάση είναι φυσιολογική καθώς όπως αναφέρθηκε η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της χρήσης νέων τεχνολογιών αυξάνεται. Γενικά η αύξηση των ετών 2018 και 2019 δικαιολογείται από την ανάκαμψη της οικονομικής κρίσης των προηγούμενων χρόνων που μάστιζε την οικονομία της χώρας και την ευχέρεια των πολιτών, όσο και από την αυξανόμενη επισκεψιμότητα των νησιών της Ελλάδος. Ωστόσο παρατηρείται μια αξιοσημείωτη μείωση την περίοδο 2020, με την έξαρση της πανδημίας του Covid-19. Η εξήγηση αυτής της μείωσης μπορεί να βρεθεί στην υποχρεωτική καραντίνα και την παροδική αναστολή λειτουργίας πολλών επιχειρήσεων βιομηχανιών και εν δυνάμει και του τουρισμού. Ειδικότερα με την μειωμένη εισροή τουριστών από το εξωτερικό ήταν αναμενόμενο να μειωθεί η κατανάλωση σε πολλές περιοχές και η Λήμνος δεν είναι εξαίρεση, καθώς η αιχμή ζήτησης των νησιών εμφανίζεται τους καλοκαιρινούς μήνες. Έπειτα από την πάροδο της πανδημίας ή έστω με το άνοιγμα των συνόρων και των επιχειρήσεων το 2021, η

κατάσταση όσων αφορά την κατανάλωση ενέργειας επανέρχεται σε φυσιολογικά πλαίσια και σε μια μικρή φυσιολογική άνοδο συγκριτικά με το 2019. Ωστόσο οι κρίσεις όσων αφορά τα ενεργειακά ζητήματα δεν τελειώνουν το 2021.

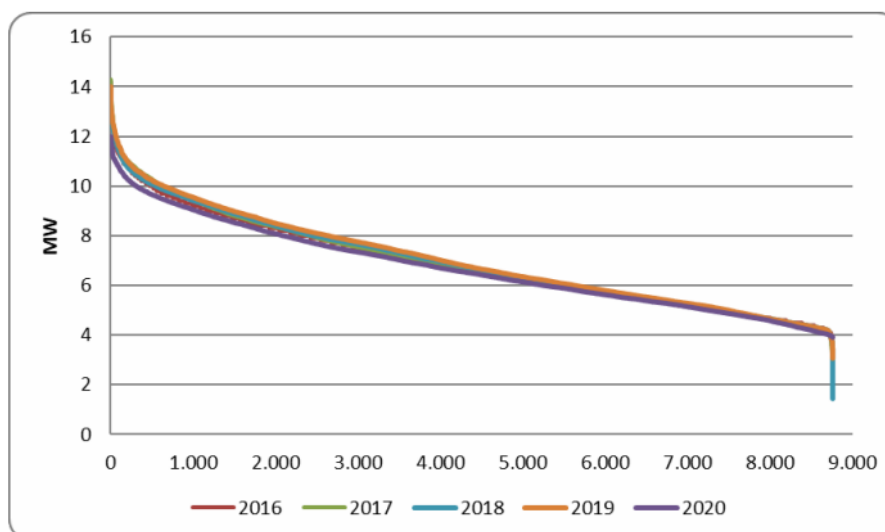
Αντιθέτως με την ρωσική διακήρυξη πολέμου προς την Ουκρανία και με τις κυρώσεις που επέφερε η Ευρωπαϊκή Ένωση στην Ρωσία, το ενεργειακό τοπίο άλλαξε στην Ευρώπη με τις εισαγωγές του φυσικού αερίου από την Ρωσία να μειώνονται. Χώρες όπως και η Ελλάδα με μεγάλη εξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο έψαχναν νέους τρόπους ηλεκτροδότησης. Σε αυτή την συγκυρία παρατηρήθηκε μια ανυπέβλητη άνοδο στην τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος στην χώρα μας, με αποτέλεσμα πολλά νοικοκυριά και επιχειρήσεις, να μειώνουν αισθητά την ενεργειακή τους κατανάλωση, ώστε να μειώσουν το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας. Επομένως είναι δικαιολογημένη η μείωση της ζήτησης από την περίοδο 2021 στην περίοδο 2022.

Από τα δεδομένα που ανακτήθηκαν από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε παρατηρήθηκε ότι η αιχμή της ζήτησης του φορτίου της Λήμνου είναι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ενδεικτικά τον Αύγουστο όπου το φορτίο αγγίζει τα 13,52 MWh ενώ το ελάχιστο φορτίο παρατηρήθηκε τον Μάιο στις 2,88 MWh, όπως φαίνεται και τον στον παρακάτω πίνακα.

	Max Demand (MW)	Lowest demand (MW)	Average load (MW)	Capacity Factor
2022	13,52	2,88	6,91	51,1%
2020	12,9	-	6,67	51,7%
2019	14	-	6,93	49,5%
2018	13,6	-	6,89	50,7%
2017	14,6	-	6,86	47%
2017	14,7	3,43	6,83	46.5%

Πίνακας 6: Ετήσια αιχμή και ετήσιο ελάχιστο για τις περιόδους 2017 και 2022.

Πηγή: [I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΠΑΕ.pdf \(rae.gr\)](#)



Εικόνα 45: Καμπύλη Διάρκειας ισχύος του φορτίου της Λήμνου για τις περιόδους 2016-2020.

Πηγή: [I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΠΑΕ.pdf \(rae.gr\)](#)

Έτος	Ζήτηση (MWh)	Αιχμή (MW)	Δυναμικό Παραγωγής (MW)	Ισχύς Μεγαλύτερης Μονάδας (MW)	Έλλειμα ισχύος (MW)
2021	60572	13,87	21,8	6	1,93
2022	62650	14,85	21,8	6	0,95
2023	63903	15,3	21,8	6	0,5
2024	65181	15,61	21,8	6	0,19
2025	66485	15,92	21,8	6	-0,12
2026	67814	16,24	21,8	6	-0,44
2027	67171	16,56	21,8	6	-0,76

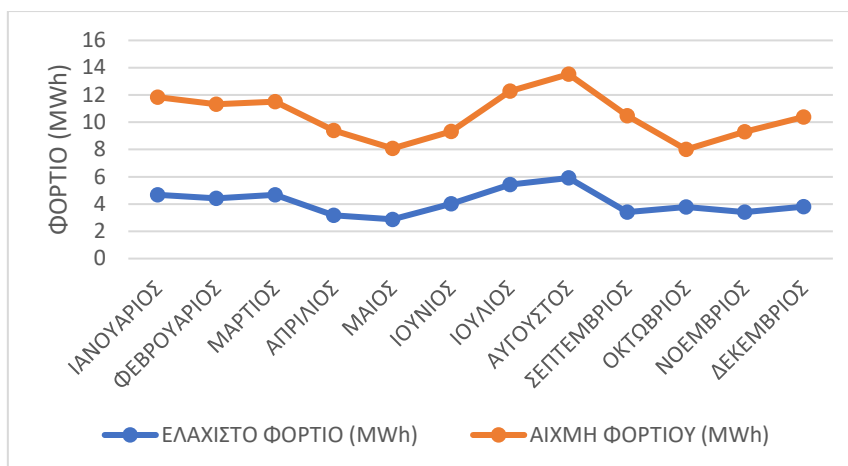
Πίνακας 7: Εκτίμηση αιχμής και ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου της Λήμνου από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. το έτος 2021.

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>

	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ (MWh)	ΑΙΧΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (MWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,68	11,84
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4,42	11,31
ΜΑΡΤΙΟΣ	4,67	11,51
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3,17	9,4
ΜΑΙΟΣ	2,88	8,08
ΙΟΥΝΙΟΣ	4,03	9,33
ΙΟΥΛΙΟΣ	5,43	12,29
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5,91	13,52
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3,4	10,47
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3,78	8
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3,4	9,31
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3,8	10,39

Πίνακας 8: Μηνιαία εξέλιξη φορτίου για το 2022

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>



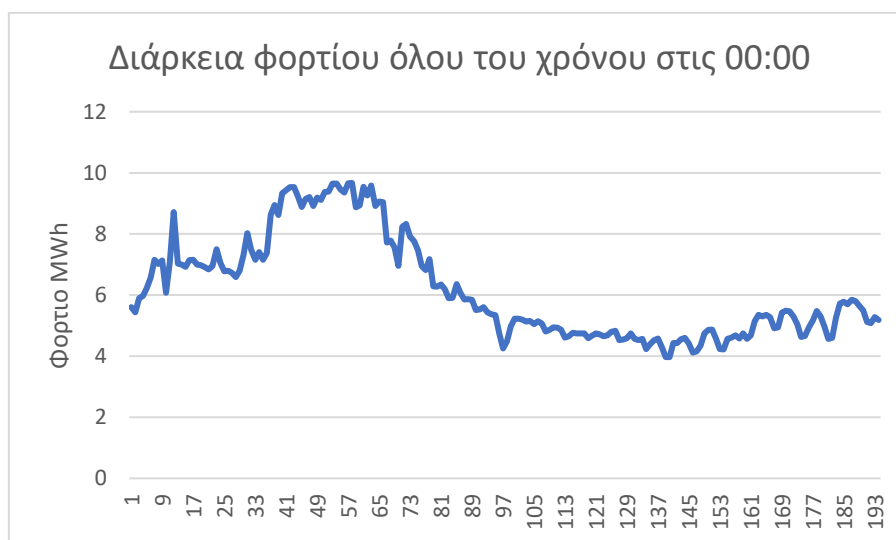
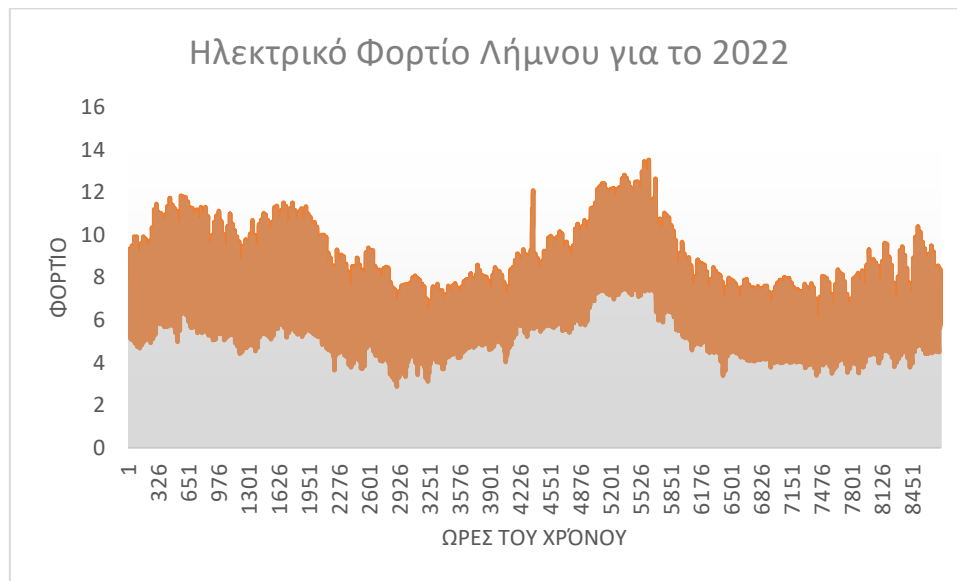
**Διάγραμμα 5: Μηνιαία εξέλιξη του φορτίου της Λήμνου για το έτος 2022.**

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα το ελάχιστο μηνιαίο φορτίο κυμαίνεται σε πολύ μικρά ποσοστά, ειδικά σε κάποιους συγκεκριμένους μήνες. Η επικρατέστερη δικαιολόγηση του συμβάντος είναι η εμφάνιση κάποιου πιθανού τεχνικού προβλήματος σε αυτούς τους μήνες είτε ότι δεν έχει συμπεριληφθεί και η διεσπαρμένη παραγόμενη ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές του νησιού. Μάλιστα η επικρατέστερη θεώρηση τη εμφάνισης των ελάχιστων φορτίων τον Μάιο και τον Απρίλη είναι η σημαντική μείωση του πληθυσμού του νησιού τους συγκεκριμένους μήνες.

Επιπλέον λόγω της εκκίνησης της καλοκαιρινής περιόδου και την αυξανόμενη αύξηση τη θερμοκρασίας είναι εύλογο να μειώνεται η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών ψύξης και θέρμανσης.

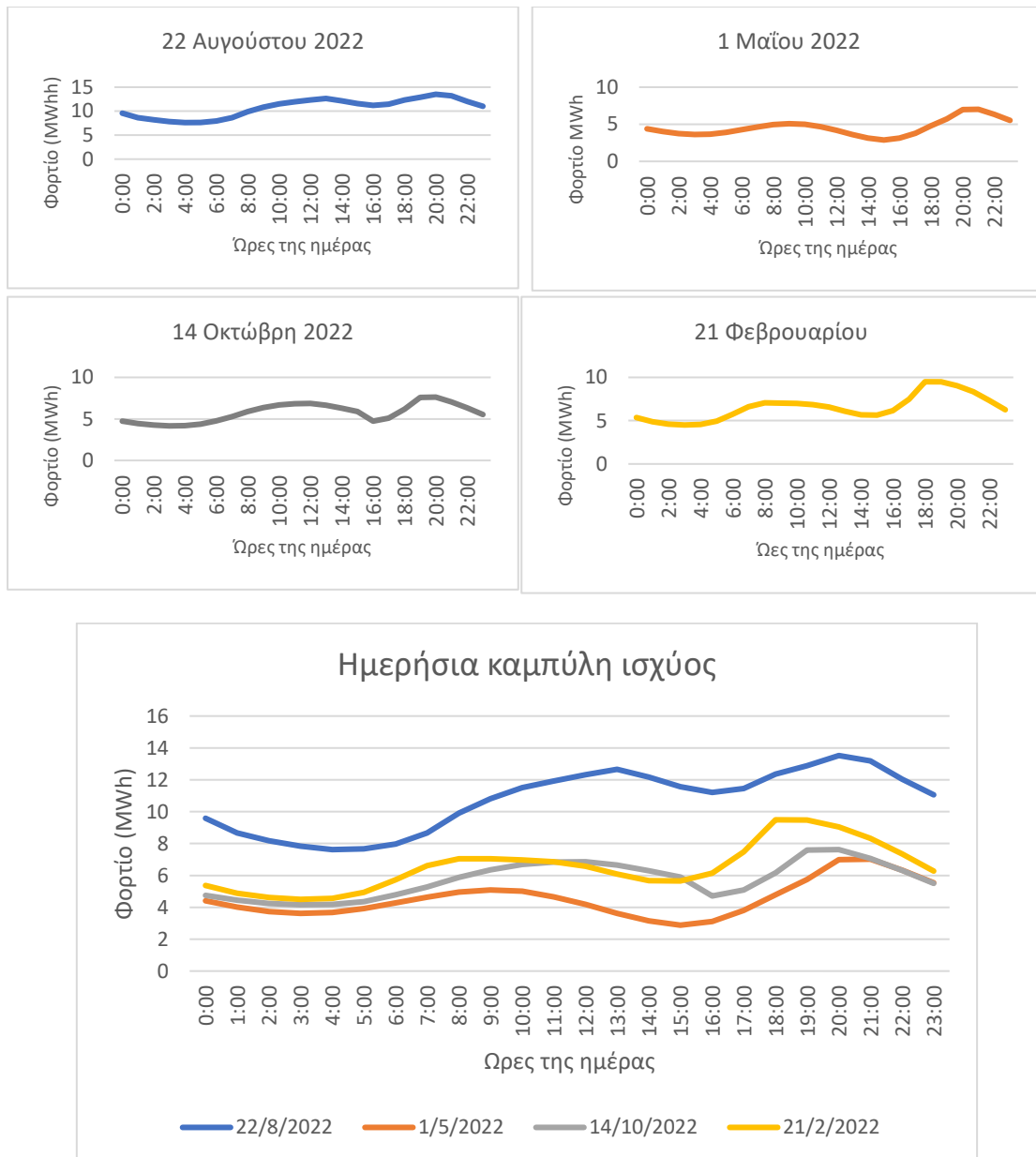
### 5.3.1 Καμπύλης φορτίου της νήσου Λήμνου.



Διάγραμμα 6: Ηλεκτρικό φορτίο Λήμνου

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosieusi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>

Τα παραπάνω διαγράμματα περιγράφουν την ετήσια ηλεκτρική ζήτηση στο νησί της Λήμνου και όπως είναι εύκολα αντιληπτό κυριαρχεί εποχικότητα στην ζήτηση ενέργειας, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες που ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται δραματικά λόγω τουρισμού και διακοπών. Στην συνέχεια συγκριτικά με την περίοδο της άνοιξης ο χειμώνας έχει αισθητά πιο αυξημένες τιμές καθώς εμφανίζεται η ανάγκη για θέρμανση και έτσι αυξάνεται και η ηλεκτρική ενέργεια. Όσον αφορά την ημερήσια ζήτηση από τα δεδομένα του νησιού αντλήθηκε η πληροφορία, ότι παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης τις μεσημεριανές ώρες γύρω στις 2μ.μ. και το απογεύματα μεταξύ 8μ.μ. και 9μ.μ., όπου σε αυτές ώρες έχουν παρατηρηθεί και οι υψηλότερες καταναλώσεις.

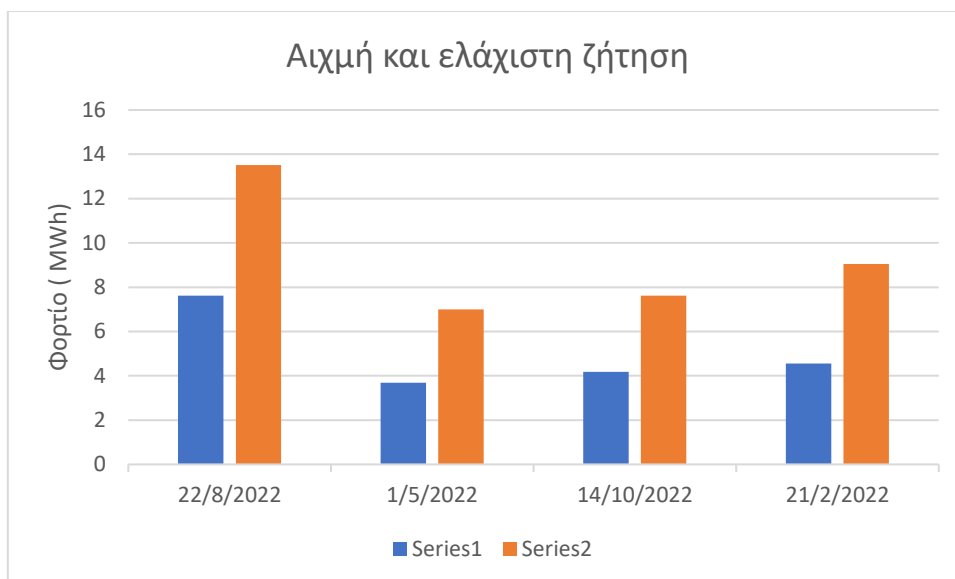


**Διάγραμμα 7: Διαγράμματα ημερήσιας καμπύλης ισχύος για τέσσερις τυχαίες μέρες κάθε εποχής.**

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>

Στην συνέχεια της ανάλυσης του φορτίου στις παραπάνω τυχαίες μέρες επιλέχθηκε σκοπίμως οι μέρες του χρόνου που παρουσιάζεται η αιχμή του φορτίου και η ελάχιστη ζήτηση, συγκριτικά με 2 τυχαίες μέρες του χρόνου όλες από διαφορετική εποχή.

Κατά την παρατήρηση των διαγραμμάτων διακρίνεται ότι σε οποιαδήποτε μέρα η ώρα και ανεξαρτήτου ζήτησης, ότι όλες οι μέρες έχουν παρόμοια κυματομορφή στην συνάρτησή τους. Ενώ στις ημέρες 1 Μαΐου, 14 Οκτώβρη και 21 Φεβρουαρίου ειδικά τις πρωινές ώρες η ζήτηση έχει ελάχιστες διαφορές, ενώ φαίνεται η αισθητή αύξηση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας τις απογευματινές ώρες.



Διάγραμμα 8: Αιχμή και ελάχιστη ζήτηση του νησιού.

Πηγή: <https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf>

### 5.3.2 Η συνολική παραγωγή ενέργειας για τις απαιτήσεις του φορτίου

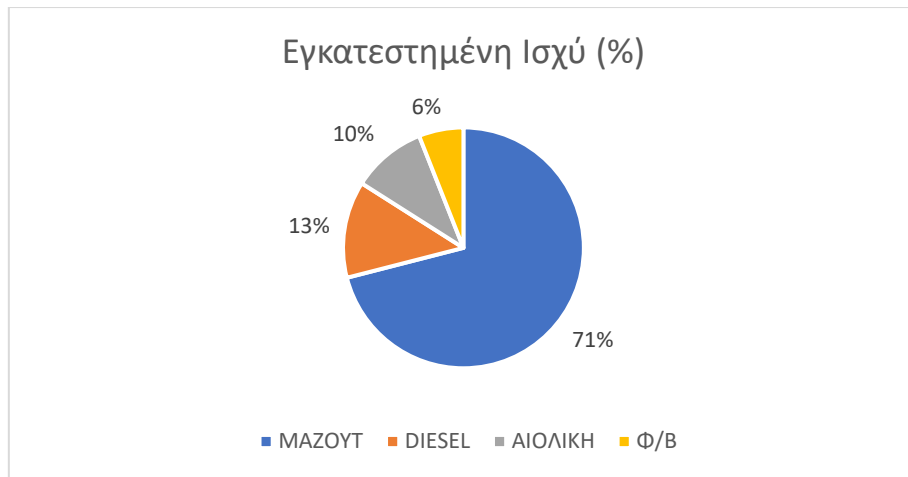
Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της Λήμνου απαρτίζεται από τα εξής στοιχεία:

- Την αυτόνομη μονάδα παραγωγής ενέργειας του νησιού η οποία έχει στο δυναμικό της εννιά ενεργές γεννήτριες πετρελαίου και μαζούτ.
  - Οι 5 γεννήτριες μαζούτ έχουν 21,128 MW εγκατεστημένης ισχύς.
  - Οι 4 γεννήτριες Diesel έχουν 3,3 MW εγκατεστημένης ισχύς.
- Η εγκατεστημένη ισχύ των 3 αιολικών πάρκων αγγίζει τα 3,04 MW.
- Η συνολική ισχύ των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών είναι 1,889 MW, η οποία ισχύ δεν μετριέται από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε, καθώς όπως ειπώθηκε η παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών της Λήμνου καταναλώνεται τοπικά.

		Εγκατεστημένη Ισχύ (MW)	Ποσοστό
Θερμικές Μονάδες	ΜΑΖΟΥΤ	21,128	71%
	ΔIESEL	3,3	13%
ΑΠΕ	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	3,04	10%
	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	1,889	6%

Πίνακας 9: Εγκατεστημένη Ισχύς της Λήμνου

Πηγή: <https://deddie.gr/el/themata-tou-diaxeiristi-mi-diasundedemenwn-nisiwn/leitourgia-mdn/dimosiesi-imerisiou-energeiakou-programmatismou/%CE%B7%CF%83-%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%85/>



**Διάγραμμα 9:Εγκατεστημένη Ισχύς της Λήμνου.**

Πηγή: [Στοιχεία Εκκαθαρίσεων στα ΜΔΝ | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](#)

Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή μέσω συμβατικών μονάδων στο νησί το Α.Σ.Π Λήμνου χρησιμοποιεί 3 μηχανές SUMITOMO-NIIGATA 8L40X των 2,7 MW και 2 μηχανές WARTSILA NSD18V32LN των 6,514 MW, οι οποίες μηχανές καλούνται μηχανές βάσης καθώς παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας. Ως καύσιμο χρησιμοποιείται το μαζούτ, το Α.Σ.Π. κατέχει και άλλες 4 μικρότερες συμπληρωματικές γεννήτριες που λειτουργούν με Diesel. Κατά κύριο λόγο στις γεννήτριες βάσης η λειτουργία τους μένει ανυπέρβλητη ακόμα και αν το φορτίο είναι μικρότερο και από την ονομαστική τους ισχύ, ενώ αποκόπτονται από την παραγωγή μόνο για την προγραμματισμένη συντήρηση τους.

Όπως έχει παρατηρηθεί στα περισσότερα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος διακρίνονται από έντονη εποχικότητα σε όλα τα μήκη της οικονομίας του νησιού, οπότε είναι λογικό να επηρεάζεται και η κατανάλωση του νησιού από εποχή σε εποχή. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που επηρεάζει την κατανάλωση ενός νησιού είναι πως και το λειτουργικό κόστος των γεννητριών δεν παραμένει σταθερό, καθώς επηρεάζεται ιδιαίτερα από την τιμή των καυσίμων αλλά και από τις ώρες λειτουργίας της μονάδας. Στην προκειμένη περίπτωση θα καταγραφεί το μέσο ετήσιο κόστος των μονάδων αυτών για το 2021 σύμφωνα με την Ρ.Α.Ε. όπως ανακοινώθηκε στο πρόγραμμα ανάπτυξης για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά για την περίοδο 2021-2027. Τα μέσα ετήσια κόστη για τα καύσιμα για το 2020 είναι 392,34€/tn για το μαζούτ και 789 €/klit για το diesel. Το κόστος των εκπομπών από τις υφιστάμενες μονάδες θεωρείται 28 €/tn CO2 και το κόστος συντήρησης 4,2 €/MWh.

Στην συνέχεια του συστήματος παραγωγής της Λήμνου παρουσιάζονται τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Η συνολικής παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών πάρκων του νησιού ανέρχεται σε 3029,84 MWh για το 2022.

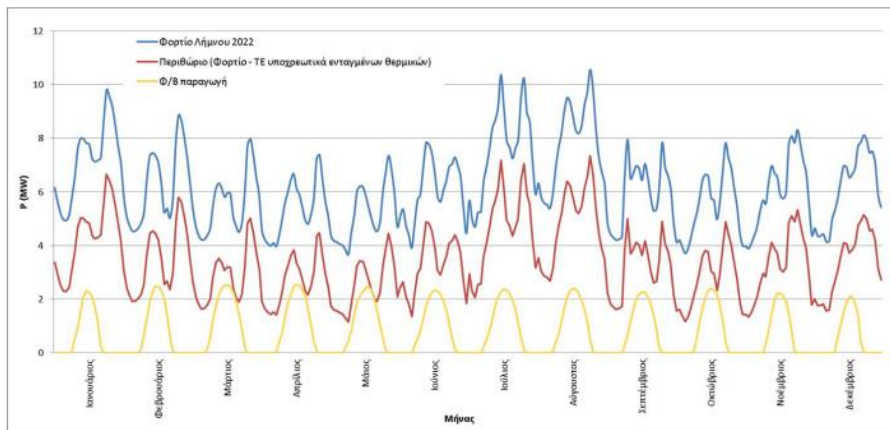




Εικόνα 46: Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Βάρος  
 Πηγή: <https://www.ppcr.gr/el/>



Διάγραμμα 10:: Παραγόμενη ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών.  
 Πηγή: [Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](https://www.deddie.gr/)



Εικόνα 47: Ωριαία παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά στο νησί της Λήμνου.  
 Πηγή: <https://www.rae.gr/diavoulefseis/20915/>

Το επόμενο αξιοσημείωτο γεγονός, που αφορά την ηλεκτροπαραγωγή της Λήμνου είναι τα 2 αιολικά πάρκα που έχει, ουσιαστικά η συνολική και αδειοδοτημένη εγκατεστημένη ισχύ του νησιού αγγίζει τα 3,04 MW ενώ ετησίως με την συνεισφορά αυτών των τεχνολογιών παράγονται περίπου 8263,91 MWh. Όπως παρατηρείται και στο παρακάτω διάγραμμα η μεγαλύτερη εισροή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2022, κάτι το οποίο δεν είναι σύνηθες ιδίως για τα νησιά του αιγαίου, που τα μελέτμια παρατηρούνται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Ωστόσο συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες και ειδικά με τον χειμώνα που παρατηρούνται ασθενείς άνεμοι. Επίσης το καλοκαίρι μεγάλο μέρος της ημερήσιας ζήτησης καλύπτεται από τις αιολικά πάρκα του νησιού.



**Διάγραμμα 11: Μηνιαία παραγόμενη ενέργεια από αιολικά πάρκα στην Λήμνο**

Πηγή: [Μηνιαία Δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](#)

Έτος	Αιολικά Πάρκα (MW)	Βιομάζα (MW)	Φωτοβολταϊκά Πάρκα (MW)
2021	3,04	-	1,889
2022	3,04	-	1,889
2023	3,04	-	2,1
2024	3,04	0,2	2,4
2025	3,04	0,2	2,4
2026	3,04	0,3	2,6
2027	3,04	0,46	2,86

**Πίνακας 10: Εκτίμηση εξέλιξης της εγκατεστημένης ισχύς των Α.Π.Ε. της Λήμνου από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. το έτος 2021**

Πηγή: <https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%99-305671-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%91-%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%9E%CE%97%CE%A3-%CE%9C%CE%94%CE%9D-2021-2027-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3-%CE%A1%CE%91%CE%95.pdf>

## 5.4 Η διασύνδεση των ΜΔΝ με το κεντρικό δίκτυο της χώρας

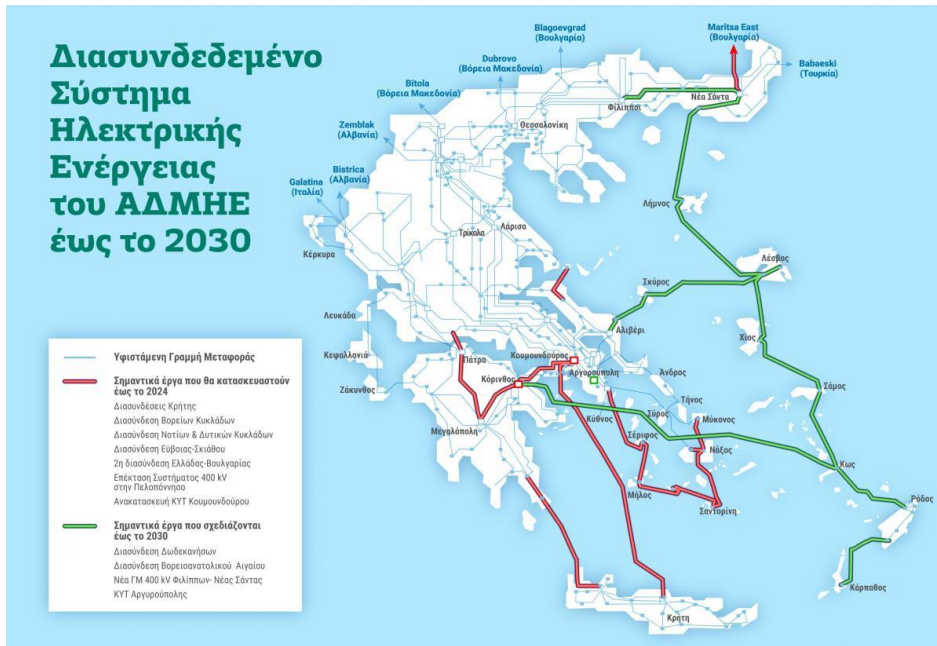
Σύμφωνα με τις ανακοινώσεις του Α.Δ.Μ.Η.Ε. έχει προγραμματιστεί ένα 10ετές πλάνο, που αφορά την ηλεκτρική διασύνδεση όλων των μη διασυνδεδεμένων νησιών με το κεντρικό

δίκτυο της Ελλάδος. Ο κύριος σκοπός της επένδυσης είναι η αύξηση του διείσδυσης των ανανεώσιμων εγχύσεων στο δίκτυο καθώς τα νησιά του αιγαίου θεωρούνται ιδανικές περιοχές για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, ενώ συγχρόνως σκοπός είναι και η ενίσχυση του παραγωγικού δυναμικού της χώρας. Τα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδος είναι υπεύθυνα για το 14% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Όπως έχει αναφερθεί λόγω των δυσκολιών παραγωγής ενέργειας στις απομακρυσμένες περιοχές το κόστος παραγωγής διπλασιάζεται. Επομένως η συνολική εικόνα των απαιτήσεων όσων αφορά την διατήρηση μια ισορροπημένης ενεργειακής πολιτικής, στο δίκτυο των νησιών, αλλά και η σύγχρονη ενίσχυση του τουρισμού με την εξάλειψη των black outs, οδήγησαν το κράτος στο παραπάνω εγχείρημα.

Η συνολική επένδυση της ηλεκτρικής διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών αγγίζει τα 4,3 δις. ευρώ για το 10ετές πρόγραμμα. Στο ήδη υπάρχων δίκτυο θα ενταχθούν 5000 χλμ. των απαραίτητων καλωδίων για την διασύνδεση, από τα οποία το μεγαλύτερο ποσοστό θα είναι υποθαλάσσιο.

- Η πρώτη φάση έχει συνολικό προϋπολογισμό 1,6 δις η οποία βρίσκεται σε στάδιο ολοκλήρωσης, ενώ πρέπει να ολοκληρωθεί μέχρι το 2024 και περιλαμβάνει:
  - Την διασύνδεση της Κρήτης-Πελοποννήσου, έργο ύψους 350 εκατ. ευρώ
  - την διασύνδεση της Κρήτης-Αττικής με τον προϋπολογισμό του έργου να φτάνει τα 780 εκατ. Ευρώ και με ορίζοντα υλοποίησης το τέλος του 2023.
  - Διασύνδεση Κυκλάδων, το έτος 2020 προστέθηκε και η Νάξος στο ομαδοποιημένο δίκτυο της χώρας, ενώ τα επόμενα βήματα αφορούν την διασύνδεση (Πάρου-Σύρου-Μυκόνου-Άνδρου-Τήνου). Το κόστος του έργου αγγίζει 389 εκατ. Ευρώ ενώ αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2024 με την διασύνδεση των υπόλοιπων νησιών των Κυκλάδων (Σέριφος-Μήλος-Φολέγανδρος-Σαντορίνη).
- Η δεύτερη φάση αφορά την διασύνδεση των Δωδεκανήσων.
  - Η σύνδεση των νησιών του νοτιοανατολικού αιγαίου Κως-Ρόδος-Κάρπαθος με το ηπειρωτικό δίκτυο της Ελλάδος, έχει ορίζοντα υλοποίησης το έτος 2027 και συνολικό κόστος το 1,5 δις ευρώ.
- Η Τρίτη και τελική φάση περιλαμβάνει την διασύνδεση των νησιών του βόρειου Αιγαίου. Η ολοκλήρωση της διασύνδεσης της χώρας θα ολοκληρωθεί το 2029 και το έργο περιλαμβάνει την διασύνδεση των νησιών της Σκύρου-Λέσβου-Χίου-Λήμνου-Σάμου με το ήδη διασυνδεδεμένα νησιά:
  - Της Εύβοιας στο δυτικό τμήμα.
  - Της Κω στα νότια.
  - Ενώ θα υπάρξει διασύνδεση και μέσω της Θάσου η οποία θα διασυνδεθεί με την Θράκη.



**Εικόνα 48: Διασύνδεση των ΜΔΝ.**

Πηγή: <https://www.admie.gr/>

Ειδικότερα για τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου θα υλοποιηθούν πέντε υποσταθμοί 150kV κλειστού τύπου GIS, για τις απαιτήσεις του φορτίου των νησιών. Συγχρόνως απαραίτητη είναι και η κατασκευή τριών υποσταθμών ζεύξης κοντά στα σημεία καθίζησης των καλωδίων στο νερό.

Σκόπιμο όμως είναι να καταγραφούν και τα πλεονεκτήματα αυτού το εγχειρήματος αναφορικά στον τρόπο παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας, αλλά και στην καθημερινή ζωή των πολιτών των απομακρυσμένων περιοχών της χώρας.

- Η ηλεκτροδότηση των νησιών θα γίνει πιο αξιόπιστη και ασφαλείς
- Θα ενισχυθεί η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς η διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο θα αυξήσει τα περιθώρια διείσδυσης και η συνολική εγκατεστημένη ισχύ τουλάχιστον στα νησιά του βόρειου Αιγαίου μπορεί να αυξηθεί κατά 360 MW.
- Μείωση κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων, ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας της χώρας.
- Μείωση κόστους ηλεκτροπαραγωγής στα νησιά.
- Μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της χώρας, ενώ ενισχύει τα σχέδια για κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050.

# Κεφάλαιο 6: Προσομοίωση και βελτιστοποίηση του συστήματος της Λήμνου

---

## 6.1 Συνοπτική περιγραφή σκοπού επιλογής της Λήμνου

Η επιλογή της Λήμνου στην παρούσα ανάλυση πραγματοποιήθηκε συνυπολογίζοντας την γεωγραφική της θέση, την μηδαμινή της συνδεσιμότητα με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας και το ιδιαίτερα υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό της περιοχής. Στο σύνολο τους τα μη διασυνδεδεμένα νησιά και κυρίως η Λήμνος χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές στην ηλεκτρική κλινοβατώρα που παράγουν. Σκοπός λοιπόν της παρούσας ανάλυσης είναι διερεύνηση των διάφορων τρόπων, ώστε η ενέργεια που θα προσδίδεται στους κατοίκους του νησιού να είναι όσο το δυνατόν πιο χαμηλή γίνεται. Ωστόσο για επιτευχθούν οι στόχοι που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση σχετική με την ενεργειακή ουδετερότητα, η ενέργεια πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο πράσινη. Η συνολική κατανάλωση του Νησιού κυμαίνεται σε μεσαίες ποσότητες, επομένως η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο είναι σχετικά μικρή. Ωστόσο υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί όσων αφορά την εγκατεστημένη ισχύ των Α.Π.Ε στο νησί, αφού δεν το ανώτατο όριο εγκατεστημένης ισχύς των αιολικών πάρκων είναι τα 3,04 MW, ενώ στα φωτοβολταϊκά 2,86 MW. Τα περιθώρια αυτά βέβαια μεταβάλλονται συνεχώς ειδικά με τις συνεχείς αδειοδοτήσεις της Ρ.Α.Ε. που προσπαθεί να υποστηρίξει τις επενδύσεις ανανεώσιμων πηγών.

Σε δεύτερο στάδιο η ηλεκτρική διασύνδεση του νησιού απέχει κάποια χρόνια μέχρι την υλοποίηση της, η οποία θα είναι και αρκετά κοστοβόρα. Η Λήμνος απέχει από την Θράκη 160 χλμ. και από την Λέσβο απέχει περίπου 190 χλμ. Παρόλα αυτά δεν σημαίνει ότι η επένδυση της διασύνδεσης της Λήμνου και των υπόλοιπων νησιών δεν παραμένει σημαντική και ορόσημο για την ενεργειακή ισορροπία, ανεξαρτησία και ευημερία της Ελλάδος.

Μία από τις πολλές και συγχρόνως οικονομικότερες λύσεις είναι η υλοποίηση ενός υβριδικού μικροδικτύου, το οποίο θα περιγράφεται από συστήματα ηλεκτροπαραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Το συγκεκριμένο σύστημα θα εναρμονίζεται πλήρως με τους στόχους και τις προϋποθέσεις του κράτους για την ανάπτυξη βιώσιμων και ενεργειακά αυτόνομων νησιών, δηλαδή των μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος του νησιού και την διανομή φθηνής ενέργειας σε όλους. Η μέση τιμή της κλινοβατώρας για το 2022 την χώρα άγγιζε τα 0,2525 ευρώ, ενώ για το Ιούνιο του 2023 τα 0,155. Ο σημαντικότερος τρόπος μείωσης της τιμής της κλινοβατώρας είναι η διείσδυση μεγαλύτερου ενεργειακού ποσοστού από Α.Π.Ε. στο μείγμα ενέργειας, ενώ παράλληλα επηρεάζεται έντονα από την τιμή των καυσίμων και από το κόστος μεταφοράς τους στο νησί. Συνεπώς το κύριο μέλημα της ανάλυσης που θα ακολουθήσει θα είναι η δημιουργία ενός συστήματος που ως βάση θα έχει τις ανανεώσιμες πηγές και συστήματα αποθήκευσης.

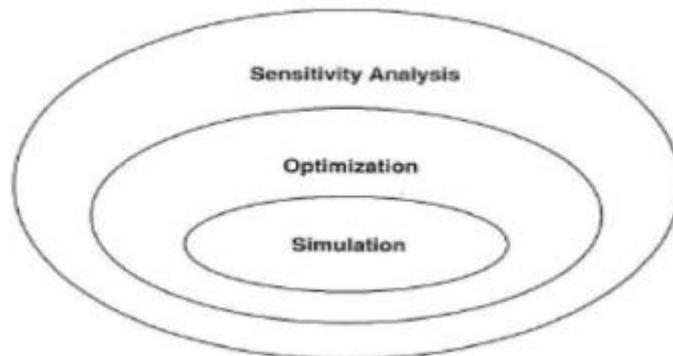
## 6.2 Το λογισμικό HOMER-PRO

Για να γίνει πραγματικός ο σχεδιασμός και η ανάλυση ενός μικροδικτύου, πρέπει να συγκριθούν διάφορες περιπτώσεις και διάφορα δεδομένα για την σωστή του λειτουργία. Ο μεγάλος όγκος πληροφοριών, οι πολύπλοκες τεχνολογίες, οι πολλές επιλογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αποθήκευσης δυσκολεύουν τις αποφάσεις για την ορθή λειτουργία του συστήματος. Ένα από τα προγράμματα που διευκολύνουν αυτές τις αναλύσεις είναι και το Homer-Pro, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Δημιουργήθηκε στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμης Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών με σκοπό την βελτιστοποίηση της διεσπαρμένης ενέργειας, ενώ αποτελεί ένα χρήσιμο μέσο προσομοίωσης. Ουσιαστικά προσφέρει απλοϊκά συστήματα βελτιστοποίησης του εξεταζόμενου συστήματος, καθιστώντας πιο απλή την αξιολόγηση, τον σχεδιασμό και την λειτουργία του συνολικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής. Μπορούν να αναλυθούν διασυνδεδεμένα ή και μη, με το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας, συστήματα.

Το Homer-Pro απαρτίζεται από τρεις βασικές λειτουργίες οι οποίες είναι:

- Προσομοίωση,
- Βελτιστοποίηση,
- Ανάλυση Ευαισθησίας.



Εικόνα 49: : Η σχέση που ορίζει το Homer μεταξύ των βασικών του λειτουργιών  
Πηγή: <https://www.homerenergy.com>

Η διαδικασία προσομοίωσης του λογισμικού αφορά την ανάλυση της απόδοσης του επιλεγμένου μικροδικτύου για ένα συγκεκριμένο έτος, ενώ συγχρόνως υπολογίζει τον βαθμό πληρότητας εξυπηρέτησης του φορτίου, αλλά και το συνολικό κόστος της εγκατάστασης. Στην λειτουργία της βελτιστοποίησης ουσιαστικά μελετάται η ίδια ακριβώς εγκατάσταση ωστόσο με διαφορετικό αριθμό δομικών στοιχείων, μέχρι να ευθυγραμμίζεται η εγκατάσταση με τους τεχνικούς περιορισμούς που έχουν τεθεί και να χαρακτηρίζεται από το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Τέλος η ανάλυση ευαισθησίας αναλύει τις διάφορες υποθέσεις και στις μεταβλητές τιμές του συστήματος που το επηρεάζουν άμεσα είτε τεχνικά είτε οικονομικά (π.χ. κόστος καυσίμου που μεταβάλλεται ανελλιπώς).

Για να μπορέσει όμως να εκκινήσει η προσομοίωση του Homer-Pro στο 1<sup>ο</sup> στάδιο των διαδικασιών του είναι απαραίτητα και κάποια δεδομένα εισόδου. Τα δεδομένα αυτά περιγράφουν συνολικά τις επιλεγμένες τεχνολογίες τις εγκαταστάσεις, το κόστος των δομικών στοιχείων, τα οποία διαμορφώνουν τους διαθέσιμους πόρους. Με την βοήθεια των δεδομένων αυτών το Homer-Pro αξιολογεί και αναλύει διαφορετικά συστήματα μικροδικτύου με διαφορετικά στοιχεία και παραμέτρους. Τα αποτελέσματα αυτά κατηγοριοποιούνται ανάλογα το κόστος της επένδυσης αλλά και της ρεαλιστικότητας του κάθε συστήματος.

Εφόσον υπάρχουν δεδομένα εισόδου θα πρέπει να υπάρχουν και δεδομένα εξόδου. Το Homer-Pro εκθέτει τα αποτελέσματα σε μορφή πινάκων και γραφικών παραστάσεων, διότι θέλει να διευκολύνει την αξιολόγηση και την σύγκριση των πολλαπλών συστημάτων που προτείνει. Κύρια κριτήρια σύγκρισης είναι το κόστος της επένδυσης αλλά και τα τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης. Στην περίπτωση που χρειάζεται να εξετασθεί περαιτέρω ένας ανεξέλεγκτος παράγοντας όπως είναι διάφοροι οικονομικοί παράγοντες που εξαρτώνται από τον πληθωρισμό, που επηρεάζει δυνητικά τα αποτελέσματα του προγράμματος, σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας. Ορίζοντας το εύρος τιμών, ενέργειας κ.τ.λ. το Homer-Pro αναλύει και ορίζει για κάθε νέα μεταβλητή του εύρους που ορίστηκε ένα νέο μικροδίκτυο.

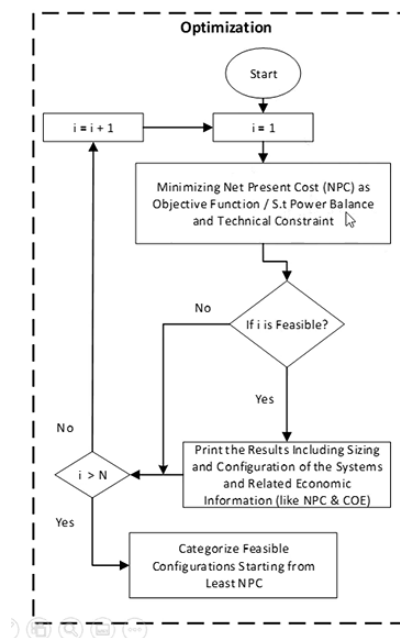
### 6.2.1 Περαιτέρω ανάλυση των 3 βασικών λειτουργιών του Homer-Pro

Ξεκινώντας από τον πυρήνα των διαδικασιών, δηλαδή την προσομοίωση του συστήματος, η οποία αναλύει τον τρόπο λειτουργίας της ενεργειακής εγκατάστασης, χρησιμοποιώντας μαθηματικούς υπολογισμούς σύμφωνα πάντα με το ορισμένο βήμα της προσομοίωσης που έχει επιλεγεί. Για οποιαδήποτε χρονική στιγμή ο αλγόριθμος του Homer-Pro συγκρίνει την ορισμένη από εμάς ζήτηση ηλεκτρική ενέργειας με την αντίστοιχη παραγωγή της. Το Homer-Pro ουσιαστικά αποφασίζει τον τρόπο λειτουργίας και την χρονική στιγμή εκκίνησης της λειτουργίας, όλων των δομικών στοιχείων είτε είναι πετρέλαιό-γεννήτριες είτε συσσωρευτές. Συνυπολογίζοντας όλους τους περιορισμούς ο αλγόριθμος του συστήματος επιλύει το πρόβλημα «ενεργειακής ισορροπίας» για κάθε ένα επιλεγμένο σύστημα. Η προσομοίωση συστήνει ποια από τα επιλεγμένα συστήματα είναι εφικτό να κατασκευαστούν, δηλαδή αν είναι βιώσιμο το σύστημα και αν η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να καλύψει την ζήτηση του συστήματος.

Στην συνέχεια της αρχικής λειτουργίας προσομοίωσης και διαμόρφωσης του συστήματος, ακολουθεί το βήμα της βελτιστοποίησης. Για το Homer-Pro το βήμα και η έννοια της βελτιστοποίησης αφορά εύρεση του βέλτιστου συστήματος που θα ικανοποιεί όλους τους τεχνοοικονομικούς περιορισμούς που έχουν τεθεί από τον διαχειριστή με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Η βελτιστοποίηση του συστήματος αφορά την επιλογή, τον αριθμό και τον συνδυασμό των δομικών στοιχείων που έχουν οριστεί. Η συνολική διαδικασία περιλαμβάνει την αξιολόγηση και την προσομοίωση πολλών και διάφορων περιπτώσεων που αφορούν το αρχικό ορισμένο σύστημα, ενώ συγχρόνως απορρίπτονται όσες περιπτώσεις δεν ευθυγραμμίζονται με τεχνοοικονομικές απαιτήσεις που ορίστηκαν, ενώ οι αποδεχτές περιπτώσεις κατατάσσονται με βάση το συνολικό κόστος. Η πιο βέλτιστη περίπτωση θεωρείται αυτή με το χαμηλότερο συνολικό κόστος.



Ο κύριος στόχος της βελτιστοποίησης είναι ο προσδιορισμός του καλύτερου δομικού κόστους για κάθε στοιχείο της εγκατάστασης, το οποίο έχει οριστεί από τον διαχειριστή του προγράμματος. Ειδικά λοιπόν οι μεταβλητές απόφασης είναι οι μεταβλητές που ορίζονται και μπορούν να επεξεργασθούν από τον διαχειριστή και μόνο.



Εικόνα 50: Υπολογισμός βελτιστοποίησης

Πηγή: <https://www.homerenergy.com/>

Πλησιάζοντας στο τελικό στάδιο των λειτουργιών του Homer-Pro, δηλαδή μετά τον τερματισμό της βελτιστοποίησης και εύρεσης της βέλτιστης εγκατάστασης, προχωράμε στο στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας. Ουσιαστικά το Homer-Pro πραγματοποιεί μια ακολουθία βελτιστοποιήσεων του αρχικού συστήματος ωστόσο με διαφορετικά αρχικά δεδομένα και σταθερά δομικά στοιχεία. Κύριο μέλημα της ανάλυσης ευαισθησίας είναι η παρατήρηση της επιρροής των αρχικών δεδομένων στο τελικό αποτέλεσμα της μελέτης. Για την εκκίνηση της ανάλυσης ευαισθησίας ο διαχειριστής θέτει ένα νέο εύρος τιμών στα μεταβλητά δεδομένα εισόδου που έχουν αναφερθεί (τιμή καυσίμου, διείσδυση Α.Π.Ε. κ.τ.λ.). Το μεταβλητό δεδομένο που διατρέχεται από μεταβλητή τιμή, καλείται μεταβλητή ευαισθησίας και είναι συνήθως αριθμητική και δεν κατατάσσεται σε μεταβλητή απόφασης. Η μεταβλητή απόφασης μπορεί να είναι ο χρόνος ζωής ενός δομικού στοιχείου ή ισχύς του δικτύου. Στην προκειμένη περίπτωση προσπαθούμε να ελαττώσουμε όσο το δυνατόν γίνεται τον παράγοντα της αβεβαιότητας, που διατρέχει όλα τα συστήματα που διατρέχονται από ανανεώσιμες πηγές και διεσπαρμένη παραγωγή ενέργειας. Έτσι μελετώνται όλα τα πιθανά-ρεαλιστικά σενάρια της προκειμένης εγκατάστασης, με σκοπό την αποφυγή δαπανηρών αποφάσεων και να παρθούν οι σωστότερες αποφάσεις.



## 6.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του λογισμικού Homer-Pro

Συνοπτικά παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα της χρήσης του Homer-Pro στις διάφορες εφαρμογές.

### Πλεονεκτήματα του HOMER Pro:

- Το λογισμικό Homer-Pro προσφέρει την σχεδίαση πολύπλοκων συστημάτων μικροδικτύων, με την παράλληλη ένταξη διάφορων μορφών ενέργειας όπως είναι η ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική, καθώς και συμβατικές μεθόδους παραγωγής της. Η ευελιξία είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του η οποία θεωρείται πολύτιμή όταν αναλύεις διεσπαρμένη παραγωγή ενέργειας.
- Οι αλγόριθμοι που τον διατρέχουν βοηθούν στην εύρεση της πιο αξιόπιστης και οικονομικότερης εφαρμογής ενός μικροδικτύου. Λαμβάνει υπόψιν διάφορες πολύπλοκες τεχνικές και οικονομικές προδιαγραφές, με κύριο μέλημα την μείωση κόστους και την βελτιστοποίηση του συστήματος.
- Το Homer-Pro προσφέρει πολλά και διάφορα εργαλεία οικονομικής ανάλυσης, που αξιολογούν και την οικονομική βιωσιμότητα των διάφορων αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Οι κύριοι παράγοντες αξιολόγησης είναι το κόστος της ενέργειας (Levelized cost of energy, LCOE), η περίοδος αποπληρωμής (Break Even period) και την καθαρή παρούσα αξία (NPV). Τα οποία βοηθούν στην λήψη αποφάσεων σχετικά με το πόσο εφικτή είναι η συγκεκριμένη επένδυση.
- Τέλος το Homer-Pro δίνει την δυνατότητα της προσομοίωσης, διασυνδεδεμένων ή μη, περιοχών ενώ αξιολογεί και την απόδοση του προς μελέτη μικροδικτύου, τόσο σε συνδεδεμένες με το δίκτυο περιπτώσεις όσο και σε απομονωμένη λειτουργία.

### Μειονεκτήματα του HOMER Pro:

- Το Homer-Pro είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο λογισμικό, αυτή η πολυπλοκότητα αποτελεί μια πρόκληση για τους περισσότερους χρήστες του, που δεν είναι εξοικειωμένη με τις αρχές βελτιστοποίησης και σχεδιασμού ενός μικροδικτύου. Ενώ ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που χρειάζεται είναι η επένδυση χρόνου και προσπάθειας για την κατανόηση και αξιοποίηση του.
- Τα δεδομένα εσόδου που χρησιμοποιούνται οφείλουν να είναι ακριβή και αξιόπιστα για την αποτύπωση ρεαλιστικών αποτελεσμάτων. Επομένως πολλές φορές είναι δύσκολη ως και αδύνατη συλλογή δεδομένων που αφορά το φορτίο μιας κοινότητας, ή της παραγωγής αιολική και ηλιακής ενέργειας από τις αντίστοιχες τεχνολογίες.
- Σε αντιστοιχία με τα πολλά οφέλη που μπορεί να προσφέρει το Homer-Pro παραμένει ένα αρκετά εμπορικό προϊόν το οποίο συνοδεύεται με το αντίστοιχο κόστος απόκτησης. Το κόστος σε πολλές περιπτώσεις αποθαρρύνει τους περισσότερους χρήστες, ειδικά αν έχουν απομακρυνθεί από το πανεπιστημιακό περιβάλλον και έχουν συγκεκριμένο προϋπολογισμό.

## 6.3 Δεδομένα Συστήματος

Το συνδυαστικό σύστημα υβριδικό σύστημα που θα αναλυθεί έχει ως κύριο μέλημα την πλήρωση των ενεργειακών απαιτήσεων του νησιού της Λήμνου. Στο ήδη υπάρχων σύστημα θα πραγματοποιηθεί η προσπάθεια μας να αυξηθεί η ανανεώσιμη εγκατεστημένη ισχύ του νησιού.

Λήφθηκαν υπόψιν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση και την παραγωγή των υφιστάμενων μονάδων παραγωγής. Στις πρώτες προσομοιώσεις είναι αναγκαία η ύπαρξη τουλάχιστον μίας γεννήτριας η οποία θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις βασικές ενεργειακές απαιτήσεις της περιοχής. Δηλαδή η γεννήτρια θα εισέρχεται στην ενεργειακή εξίσωση όταν η παραγωγή από Α.Π.Ε. δεν είναι ικανή να υπερκαλύψει την ζήτηση του φορτίου. Ενώ θα εξετασθεί και η διασύνδεση του νησιού για περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής, αλλά και συγχρόνως και την αύξηση του περιθωρίου ένταξης Α.Π.Ε στην Λήμνο

### 6.3.1 Κλιματικά Δεδομένα της Λήμνου

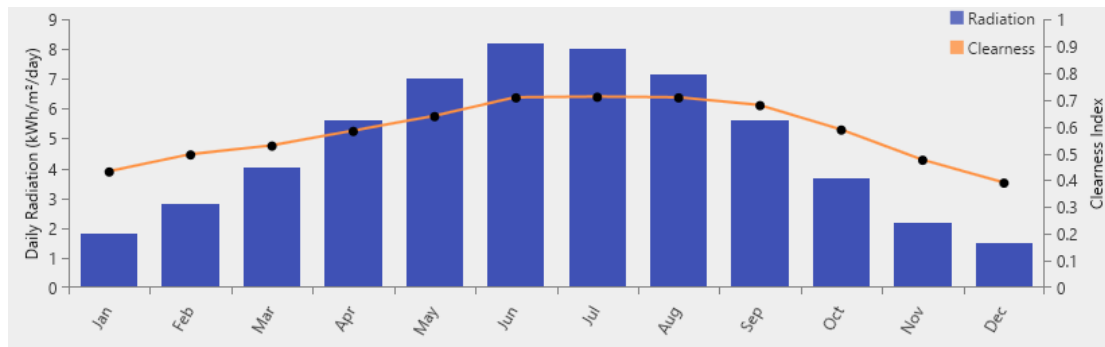
Τα απαραίτητα δεδομένα σχετικά με την ηλιακή ακτινοβολία και της ταχύτητας του ανέμου στην Λήμνο λήφθηκαν μέσω του προγράμματος προσομοίωσης Homer-Pro, καθώς προσφέρει την δυνατότητα πρόσβασης στα κλιματικά δεδομένα της NASA. Ωστόσο για να πραγματοποιηθεί αυτό το βήμα χειριστής του προγράμματος πρέπει να ορίσει επακριβώς, χρησιμοποιώντας το γεωγραφικό μήκος & πλάτος, την εκάστοτε περιοχή. Το λογισμικό προσφέρει και μελετά σε βάθος ενός χρόνου τα καιρικά στοιχεία, που θεωρούνται απαραίτητα για την έγχυση των ανανεώσιμων πηγών στο ηλεκτρικό σύστημα του νησιού.



Εικόνα 51: Η τοποθεσία της Λήμνου σύμφωνα με το λογισμικό Homer-Pro.

#### Ηλιακή Ακτινοβολία:

Έπειτα από την ορθή εισαγωγή των συντεταγμένων του νησιού, το Homer-Pro μέσω των βιβλιοθηκών της NASA σχετικά με τα δεδομένα, προσδίδει 8760 τιμές, δηλαδή για κάθε ώρα του χρόνου, την ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια. Η μονάδα μέτρησης της ακτινοβολίας είναι kWh/m<sup>2</sup>.



Εικόνα 52: Η μηνιαία οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία για το νησί της Λήμνου.

Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα να εισαχθούν και οι μετρήσεις της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας και χειροκίνητα, δηλαδή να εισάγει ο χρήστης ένα αρχείο με όλες τις μετρήσεις του έτους. Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η μέση ημερήσια ακτινοβολία του νησιού για κάθε μήνα του χρόνου, καθώς και ο δείκτης αιθριότητας της περιοχής για τον εκάστοτε μήνα. Όσον αφορά την χειροκίνητη εισαγωγή των στοιχείων αιθριότητας κρίνεται άσκοπη, αφού το Homer-Pro υπολογίζει τα δύο αυτά δεδομένα συναρτήσει του άλλου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτερες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες και ειδικά από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβρη.

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m²/day)
Jan	0.430	1.830
Feb	0.494	2.790
Mar	0.527	4.020
Apr	0.582	5.600
May	0.637	7.020
Jun	0.707	8.190
Jul	0.709	8.000
Aug	0.706	7.150
Sep	0.678	5.620
Oct	0.587	3.650
Nov	0.474	2.160
Dec	0.389	1.490

**Annual Average (kWh/m²/day): 4.79**

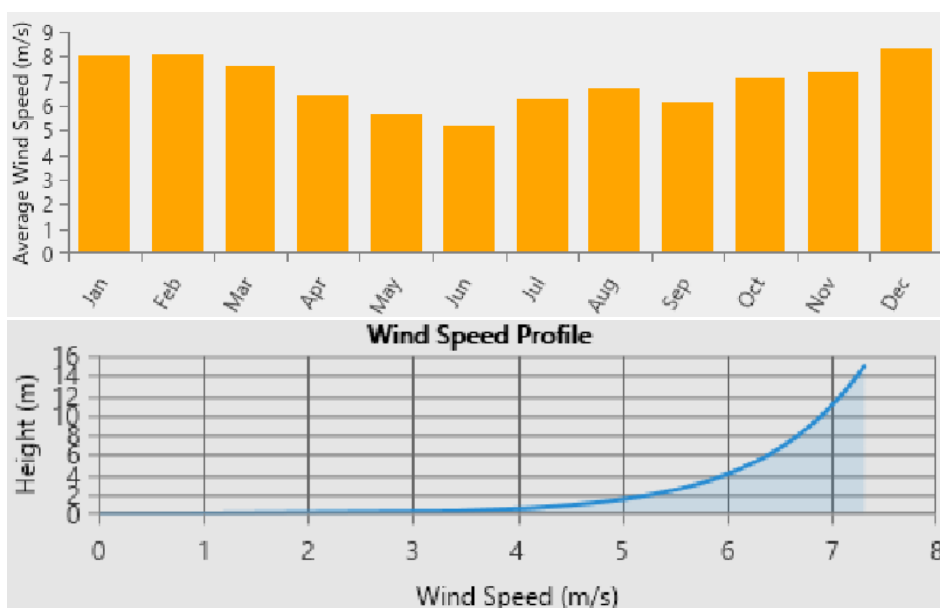
Εικόνα 53: Τιμές της μέσης οριζόντιας ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας.

Για το νησί της Λήμνου όπως διαφαίνεται και στην παραπάνω εικόνα που εκδόθηκε από το Homer-Pro η μέση ηλιακή ακτινοβολία είναι 4,79 kWh/m² και ο μέσος δείκτης αιθριότητας αγγίζει το 0,577. Πρέπει να επισημανθεί πως οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές καθώς υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλιακό δυναμικό. Έχει παρατηρηθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία δεν προσπίπτει σε όλες τις περιοχές με την ίδια γωνία, οπότε είναι

εύλογο να υποθέσουμε ότι οι περιοχές της Λήμνου που έχουν την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών, είναι οι περιοχές με την βέλτιστη ηλιακή ακτινοβολία και άρα ηλεκτροπαραγωγή.

### Αιολικό Δυναμικό:

Όπως και στην περίπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας έτσι και με το αιολικό δυναμικό τα δεδομένα ανακτήθηκαν μέσω των καιρικών δεδομένων της NASA και χρειάζονται 8760 μετρήσεις για όλο τον χρόνο. Αυτές οι μετρήσεις συντελούν την μέση ταχύτητα του ανέμου της Λήμνου, η οποία ταχύτητα εκφράζεται από m/s. Όπως είναι φανερό από τις παρακάτω εικόνες το αιολικό δυναμικό της Λήμνου παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές τους χειμερινούς μήνες καθώς και τους Μάρτη, Οκτώβρη και Νοέμβρη, ενώ η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου ανέρχεται στα 6,91 m/s. Οι εικόνες και τα δεδομένα από το Homer-Pro αναδεικνύουν την γενικότερη εικόνα του αιολικού δυναμικού της Λήμνου, το οποίο ενδέχεται να αλλάζει από περιοχή σε περιοχή ανάλογα την μορφολογία του εδάφους. Το μόνο σίγουρο είναι ότι υπάρχουν και περιοχές με αρκετά υψηλό και σταθερό δυναμικό που ενδείκνυνται για εγκατάσταση ανεμογεννητριών, αλλά πρέπει να συνυπολογιστεί και η ύπαρξη περιοχών Natura στο νησί.



Εικόνα 54: Αιολικό δυναμικό Λήμνου.

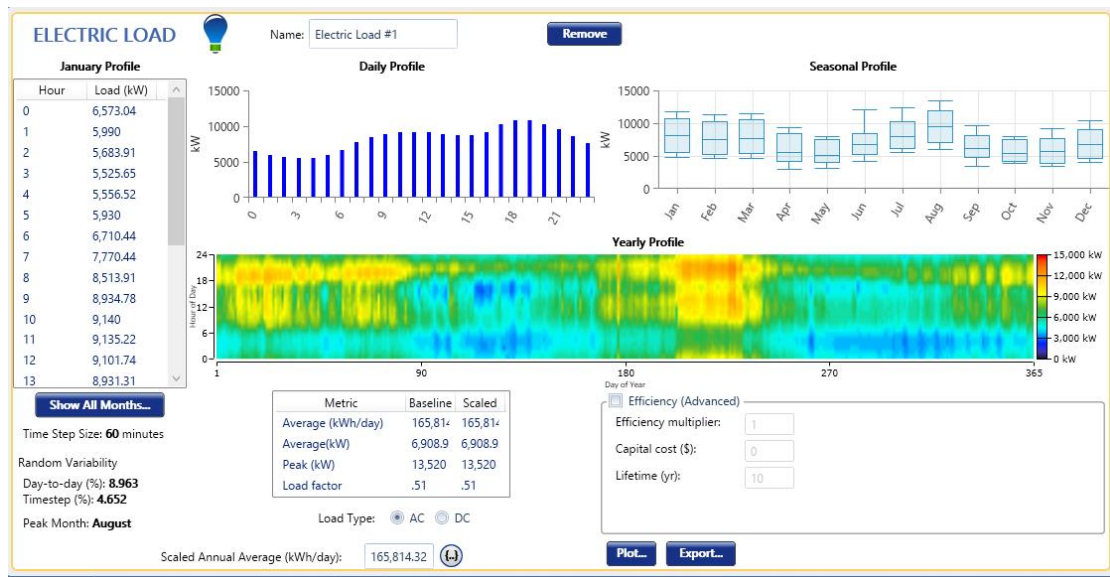
Month	Average (m/s)
Jan	8.040
Feb	8.090
Mar	7.610
Apr	6.420
May	5.620
Jun	5.170
Jul	6.280
Aug	6.670
Sep	6.160
Oct	7.130
Nov	7.410
Dec	8.300

**Annual Average (m/s): 6.91**

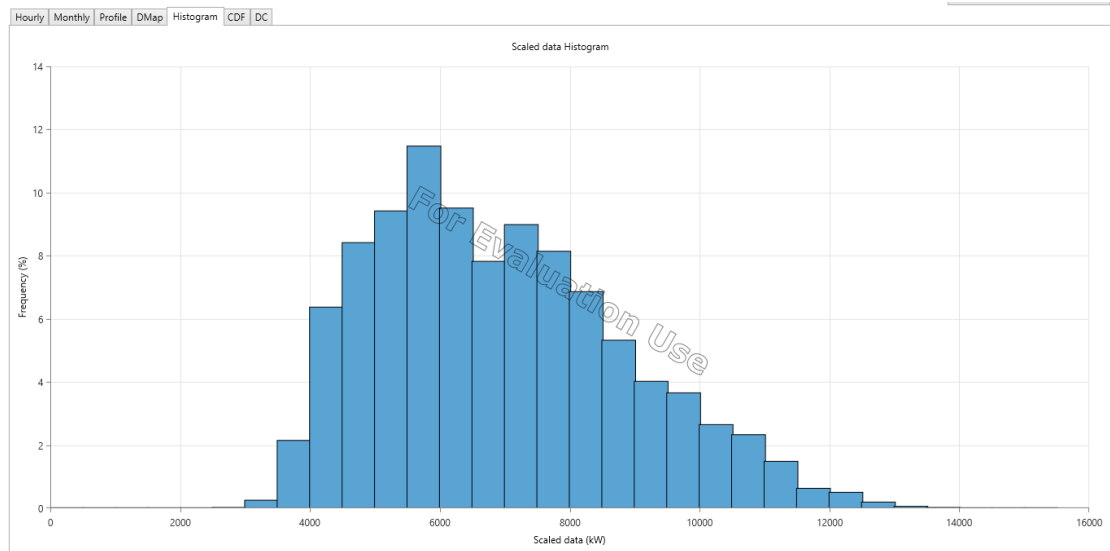
Εικόνα 55: Τιμές ταχύτητας ανέμου ανά μήνα.

### 6.3.2 Το φορτίο της Λήμνου

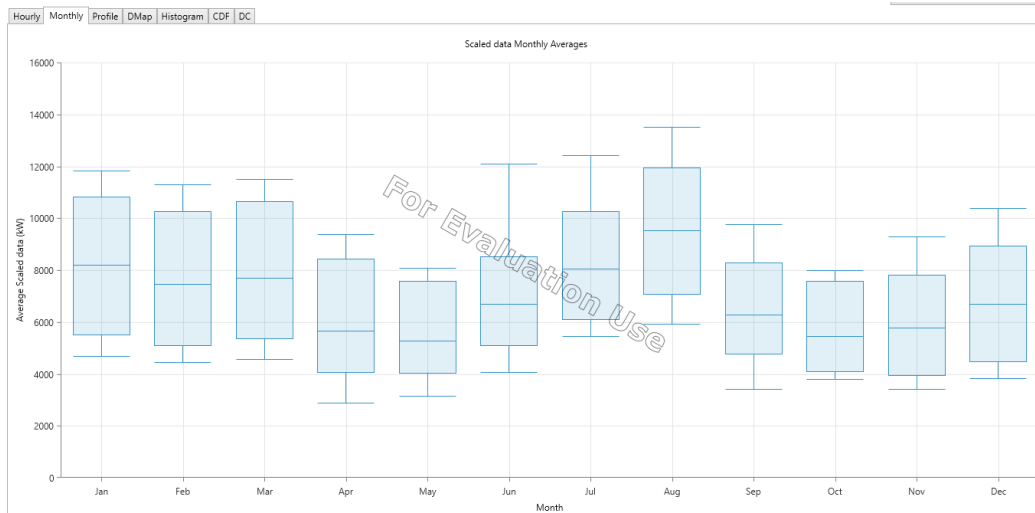
Για να γίνουν πραγματικότητα τα σενάρια και οι προσομοιώσεις που θα οριστούν στο Homer-Pro, είναι αναγκαία η εισαγωγή της συνολική ζήτησης του νησιού ανά ώρα για το εκάστοτε έτος που μελετιέται. Το κύριο φορτίο όπως το ονομάζει το Homer-Pro, αποτελεί το φορτίο που συνδέεται άμεσα με τα δομικά στοιχεία του υβριδικού μικροδικτύου που θα κατασκευαστεί. Στην συνέχεια δίνεται η επιλογή του τύπου ρεύματος που επιθυμούμε ή που κυριαρχεί στο νησί, επιλέχθηκε το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Οι τιμές της ετήσιας ζήτησης εισέρχονται στο Homer σε kW.



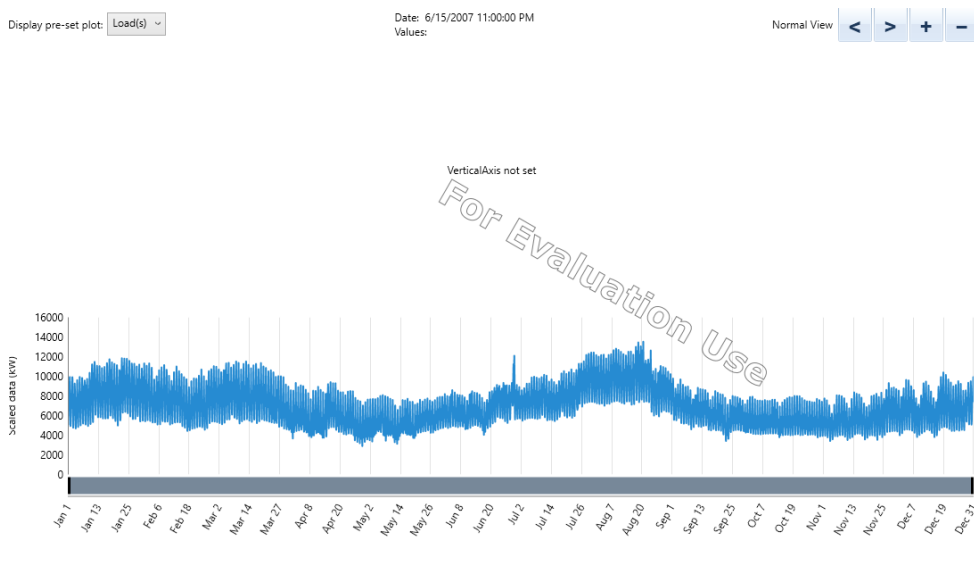
Εικόνα 56:Εισαγωγή των τιμών της ζήτησης και η ανάλυση που αποτυπώνει το Homer-Pro.



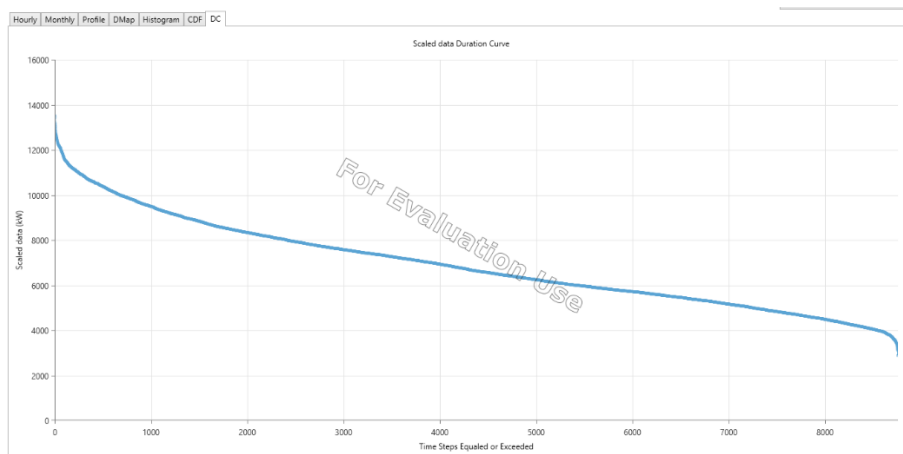
Εικόνα 57: Το ιστόγραμμα της ζήτησης.



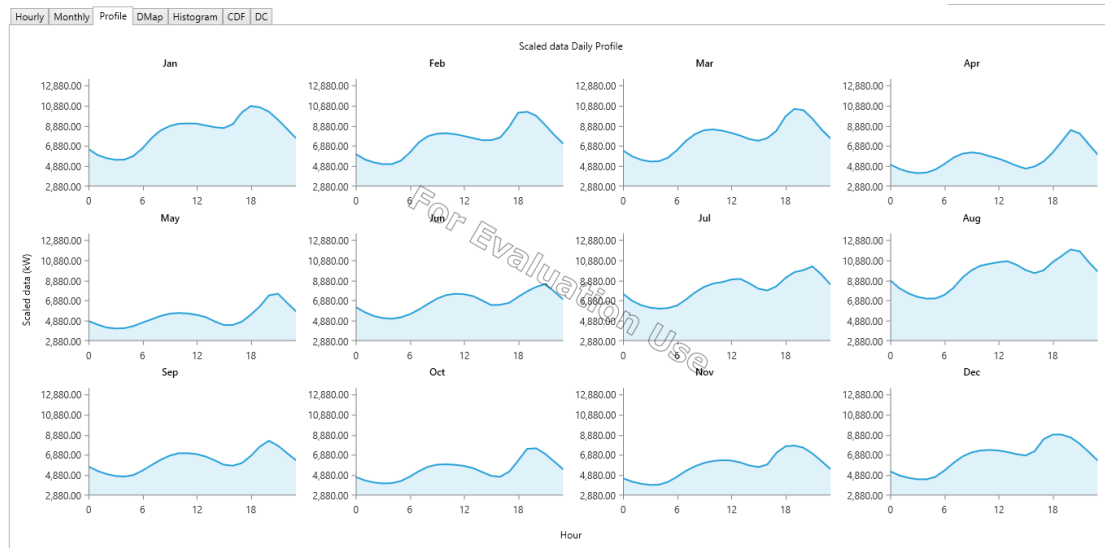
Εικόνα 58: Μηνιαίο ηλεκτρικό φορτίο της Λήμνου.



Εικόνα 59: Το ηλεκτρικό φορτίο του νησιού για κάθε ώρα του έτους 2022.



Εικόνα 60: Η διάρκεια φορτίου της Λήμνου.



Εικόνα 61: Η μέση ωριαία ηλεκτρική ζήτηση της Λήμνου για κάθε μήνα του έτους 2022

## 6.4 Δεδομένα δομικών στοιχείων και παράμετροι του υβριδικού μικροδικτύου.

Οι κύριοι παράγοντες που θα αποτελούν και το βασικό κομμάτι των συμπερασμάτων των ακόλουθων σεναρίων είναι το η τιμή της κιλοβατώρας που θα προσδώσει το βελτιστοποιημένο σύστημα ( COE-Cost of Energy) και η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPC- Net Present Cost) του επιλεγμένου συστήματος. Σύμφωνα με τα τις βιβλιοθήκες του Homer-Pro, από τα πιο σημαντικά δεδομένα, για το κάθε δομικό στοιχείο αλλά και για το σύνολο του συστήματος, είναι το αρχικό κεφάλαιο, το κόστος της αντικατάστασης ( στο τέλος ζωής κάθε στοιχείου) και συντήρησης των στοιχείων.

Το κόστος αντικατάστασης δεν λογίζεται από καμία παράμετρο και δεν επηρεάζεται από κάποια παράμετρο, ενώ το κόστος κεφαλαίου είναι μεταβλητό και επηρεάζεται από τις οικονομικές ενισχύσεις του κράτους ή από διάφορες δωρεές. Συγχρόνως το κόστος συντήρησης είναι το συνολικό κόστος όλων των στοιχείων του μικροδικτύου, ώστε να λειτουργούν εντός του πλαισίου λειτουργίας τους χωρίς απρόσμενες αποτυχίες. Στην συνέχεια ακολουθεί μια ανάλυση των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν.

### Συμβατικές γεννήτριες

Η χρησιμοποίηση των συμβατικών γεννητριών είναι ένα κοινότυπο χαρακτηριστικό στα σύγχρονα υβριδικά μικροδίκτυα σαν μια πρόσθετη πηγή ισχύος, που έχει ως πρωταρχικό στόχο να διασφαλίσει την αξιοπιστία του συνολικού συστήματος. Συνήθεις συμβατικές γεννήτριες ηλεκτροπαραγωγής περιέχουν έναν κινητήρα, ο οποίος λειτουργεί με την χρήση κάποιου ορυκτού καυσίμου, και συνδυάζεται με μία γεννήτρια, η οποία επιφέρει και την επιθυμητή παραγόμενη ενέργεια. Το κυριότερο χαρακτηριστικό αυτών γεννητριών είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς εξόδου που προσδίδουν, η συνολική διάρκεια λειτουργίας τους σε ώρες, τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί και πόσο καύσιμο καταναλώνει. Ενώ ένα κριτήριο της απόδοσης της είναι η καμπύλη καυσίμου που διαγράφει την σχετική κατανάλωση του ορυκτού καυσίμου με την σύγχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Γενικά το κόστος συντήρησης και λειτουργίας σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. σημειώνεται ως 4,22 €/MWh. Ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. παραδίδει και την ειδική κατανάλωση του καυσίμου σύμφωνα με το 50%,75%,100% της χρήσης της γεννήτριας και έτσι μπορεί να περιγραφεί η απόδοση και η καμπύλη της απόδοσης της εκάστοτε γεννήτριας. Για τα συγκεκριμένα διαγράμματα ανάλογα με τους περιορισμούς που έχουμε θέσει το Homer-Pro παραθέτει στις καρτέλες του.

Μονάδα	Αποδιδόμενη Ισχύς (MW)	Μέγιστη Ισχύς	Διάρκεια Ζωής (hrs)	Τεχνικό Ελάχιστο (%)	Καύσιμο	Θεωρητικό Κόστος Αντικατάστασης (€/kW)	Κόστος Συντήρησης (€/kW)
G1 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,7	2,7	15000	40	HFO	350	0,011377452
G2 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,7	2,7	15000	40	HFO	350	0,011377452
G3 (SUMITOMO-NIIGATA 8L40X)	2,7	2,7	15000	40	HFO	350	0,011377452
G4 (WARTSILA NSD18V32LN)	6,514	6,514	15000	40	HFO	350	0,027449157
G5 (WARTSILA NSD18V32LN)	6,514	6,514	15000	40	HFO	350	0,027449157
G6 (WARTSILA VASA 8R22MD)	0,85	0,86	15000	40	Diesel	350	0,003581791
G7 (MITSUBISHI S16R-PTA)	1,1	1,1	15000	40	Diesel	350	0,004635258
G8 (MITSUBISHI S16R-PTA)	1,1	1,1	15000	40	Diesel	350	0,004635258
G9 (MITSUBISHI S16R-PTA)	1,1	1,1	15000	40	Diesel	350	0,004635258

Πίνακας 11: Λειτουργικά Χαρακτηριστικά των συμβατικών γεννητριών του Α.Π.Σ. της Λήμνου  
 Πηγή: [I-305671-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ-ΜΔΝ-2021-2027-ΠΡΟΣ-ΠΑΕ.pdf \(rae.gr\)](#)

### Ανάλυση Ανεμογεννητριών

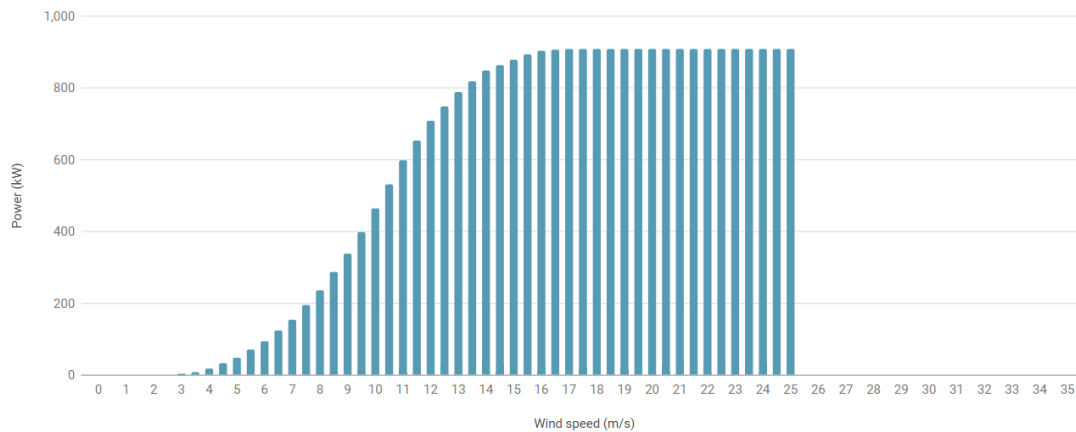
Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην Λήμνο αυτή την στιγμή υπάρχουν τρεις ανεμογεννήτριες ισχύος 3,04 MW. Έπειτα από έρευνα το κόστος εγκατάστασης κυμαίνεται 1200 (€/kW), το κόστος αντικατάστασης ανέρχεται στα 1000 (€/kW), ενώ το κόστος συντήρησης για τη εκάστοτε ανεμογεννήτρια αγγίζει τα 35000 έως τα 40.000€ . Έπειτα από τις διάφορες αναλύσεις που θα πραγματοποιηθούν οι τρεις ανεμογεννήτριες τύπου Enercon θα διατηρηθούν και ίσως θα προστεθούν και περισσότερες λιγότερων kW.

Από την σχετική μελέτη η διάρκεια ζωής μιας συνήθεις ανεμογεννήτριας είναι περίπου στα 20 χρόνια, ενώ ο περιορισμός έγχυσης αιολικής ενέργειας στην Λήμνο είναι στο 27,5%.

Γενικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας Enercon-44

- Ισχύς: 900 kW
- Διάμετρος ροτόρα: 44 μ
- Κατηγορία ανέμου: IEC IA(S) - IEC IA
- Μοντέλο για ανοιχτή θάλασσα: όχι
- Εμβαδόν εκπομπής: 1.521 μ<sup>2</sup>
- Ειδικό εμβαδόν: 1,69 μ<sup>2</sup>/kW
- Αριθμός ανεμοφρακτών: 3
- Έλεγχος ισχύος: Pitch control

### Power curve



Εικόνα 62: Καμπύλη ισχύος της Α/Γ Ενεργσον-44 των 900 kW.

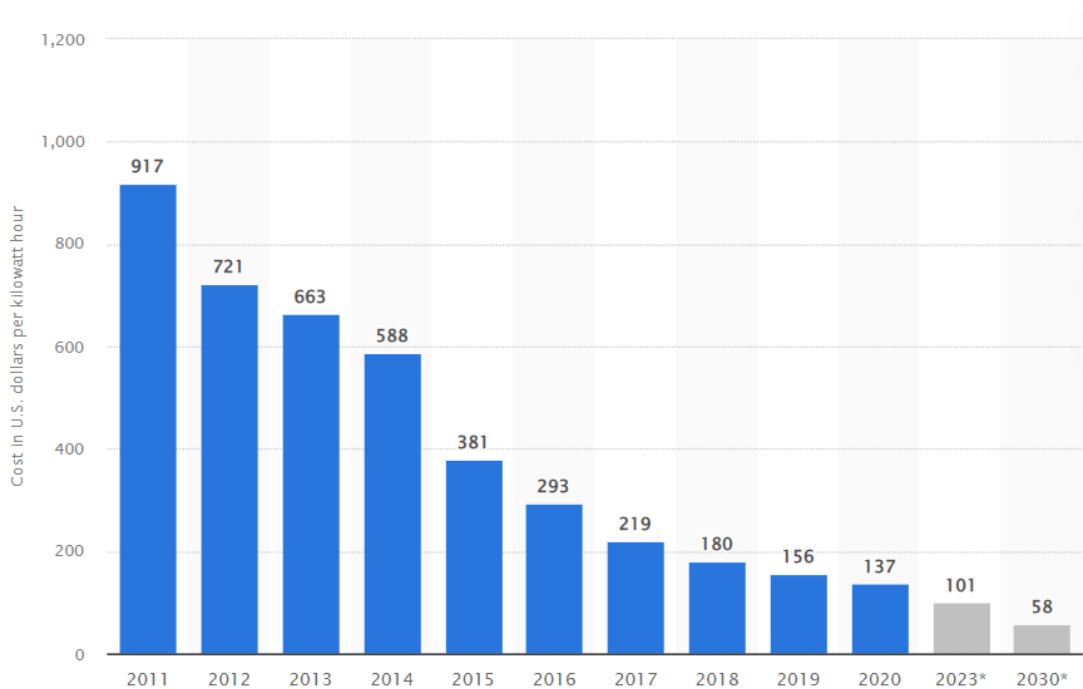
### Ανάλυση Φωτοβολταϊκών:

Για την περίοδο 2022 έχουν καταγραφεί 23 φωτοβολταϊκοί σταθμοί συνολικής ισχύος 1899 kW. Είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι το αρχικό κεφαλαίο για τη εγκατάσταση είναι 1000 €/kW το κόστος αντικατάστασης ανέρχεται ανά kW σε 800 € και το κόστος συντήρησης θεωρήθηκε 11 € το kW. Στο λογισμικό Homer-Pro θα ενταχθούν τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών στην επιλογή search space οι πιθανές εγκατεστημένες ισχύς του συνολικού συστήματος.

- Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων Λήμνου:
- Τύπος ρεύματος: DC
- Δεν υπάρχει σύστημα παρακολούθησης ηλίου
- Ο δείκτης ανάκλασης του εδάφους είναι στο 20%
- Η κλίση των φωτοβολταϊκών στις 33°.
- Η συνηθέστερη διάρκεια ζωής είναι τα 25 χρόνια.

### Ανάλυση Συσσωρευτών:

Για την αύξηση της σταθερότητας της συχνότητας, αλλά και της αξιοπιστίας του, καθώς η διείσδυση μεγάλου ποσοστού ισχύος των ανανεώσιμων πηγών αποσυντονίζει την αξιοπιστία του συστήματος, ως πρωταρχική λύση είναι η ένταξη συσσωρευτών στο μικροδίκτυο. Οι συσσωρευτές θα διασφαλίζουν την αποθήκευση περισευούμενης ενέργειας που παράγουν οι Α.Π.Ε. , ώστε στις περιπτώσεις αστοχίας των Α.Π.Ε. να υπερκαλύψουν την ζήτηση ενέργειας του νησιού. Ωστόσο για την περαιτέρω εξάπλωση των συγκεκριμένων τεχνολογιών, χρειάζεται να μειωθεί το κόστος τους αισθητά, ενώ οφείλουν να διευρύνουν την αξιοπιστία που προσφέρουν στο σύστημα. Ο πιο σύνηθες τύπος συσσωρευτή που χρησιμοποιείται είναι η τεχνολογία Li-Ion (Ιόντων λιθίου), καθώς λόγω της ζήτησης και της αξιοπιστίας τους το κόστος έχει μειωθεί, ενώ η συνεχή τους εξέλιξη βοηθά και στην τελική τους προώθηση.



Εικόνα 63: Εξέλιξη τιμής μπαταρίας ιόντων λιθίου ανά έτος.

Ένα νησί μπορεί να χρειάζεται μπαταρίες στο ηλεκτρικό του σύστημα ακόμα και αν είναι συνδεδεμένο στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας για διάφορους λόγους:

- **Αυτονομία και αξιοπιστία:** Οι συσσωρευτές που επιλέγονται συμπεριφέρονται ως εφεδρικοί τρόποι ηλεκτροπαραγωγής στην Λήμνο στις περιπτώσεις έκτακτων συμβάντων. Ουσιαστικά υπάρχει αδιάκοπη παροχή ισχύς στο σύστημα και επιβεβαιώνεται η ανάγκη των μπαταριών, ώστε να γίνει πιο αξιόπιστο το σύστημα.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Οι συσσωρευτές έχουν την δυνατότητα βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης της ανανεώσιμης παραγόμενης ενέργειας, στις περιόδους χαμηλής αλλά και υψηλής ζήτησης. Η συσσωρευμένη αυτή ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως στις περιόδους αιχμής του φορτίου.
- **Οικονομικότητα:** Μειώνεται η ανάγκη χρήσης του κεντρικού δικτύου, ενώ δεν είναι αναγκαία πλέον η μεταφορά της ενέργειας σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί το κόστος της κιλοβατώρας, ενώ συγχρόνως ενισχύεται η οικονομία του τόπου.

#### **Ανάλυση Μετατροπέα:**

Σε κάθε σύστημα είτε είναι μικροδίκτυο είτε κάποιο απλό συμβατικό σύστημα στις περιπτώσεις που παρατηρούνται φωτοβολταϊκά συστήματα και συσσωρευτές, τα οποία κατά κύριο λόγο παράγουν συνεχές ρεύμα τότε είναι επιτακτική η ανάγκη χρήσης ενός μετατροπέα. Οι μετατροπείς έχουν δύο βασικές λειτουργίες, η πρώτη είναι να λειτουργεί ως ανορθωτής, δηλαδή να μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές, ενώ η δεύτερη είναι να λειτουργεί ως αντιστροφέας, δηλαδή να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Στις περιπτώσεις των φωτοβολοϊκών και των συσσωρευτών η λειτουργία που προτείνεται είναι αυτή του αντιστροφέα. Ουσιαστικά το ηλεκτρικό δίκτυο διαχέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα οπότε είναι ιδιαίτερα σημαντική αυτή η εναλλαγή, ώστε τα επιλεγμένο σύστημα να μπορεί να εξυπηρετήσει την ενεργειακής ζήτηση.

Στα παρακάτω σενάρια ο μετατροπέας παραμένει σταθερός και η απόδοση του στην λειτουργία του αντιστροφέα ανέρχεται σε 95% και η διάρκεια ζωής του είναι 15 χρόνια. Επίσης έχει επιλεγθεί το αρχικό κόστος εγκατάστασης να είναι 300 € ανά kW, η αντικατάσταση του να ανέρχεται στα 250 € ανά και τέλος το λειτουργικό του κόστος είναι περίπου ίσο με 50 ευρώ ανά έτος.

### **Διαχείριση του συστήματος.**

Οι τρόποι και οι μηχανισμοί ελέγχου του μικροδικτύου είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στο συνολικό σύστημα. Ειδικότερα όταν στο μικροδίκτυο παρουσιάζονται μόνο διεσπαρμένη τρόποι παραγωγής ενέργειας, Δηλαδή Α.Π.Ε. και συσσωρευτές, τότε η διαχείριση και είναι αρκετά απλή. Στην περίπτωση της ένταξης συμβατικών μονάδων η διαχείριση καθίσταται περίπλοκη, καθώς η τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια του δικού και η φόρτιση των μπαταριών γίνεται με ένα από τα δύο στοιχεία. Οι 3 τύποι διαχείρισης που προτείνει το Homer-Pro και θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα μελέτη είναι.

- Κυκλική Φόρτιση (Cycle Charging): αφορά την περίπτωση της φόρτισης της μπαταρίας στον οριοθετημένο σημείο ρύθμισης της κατά την διάρκεια της εκκίνησης της αδιάκοπης φόρτισης του συστήματος. Ουσιαστικά μειώνονται οι κύκλοι εκκίνησης της συμβατικής μονάδας και οι κύκλοι φόρτισης-εκφόρτισης του συσσωρευτή.
- Τάξη Γεννητριών (Generator order): Η συγκεκριμένη στρατηγική ακολουθεί μια διαδικασία προσδιορισμού διάφορων συνδυασμών των συμβατικών μονάδων. Ενώ υποστηρίζει μόνο υβριδικά μικροδίκτυα που αποτελούνται από γεννήτριες, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μετατροπείς και συσσωρευτές.
- Load Following: Αφορά την περίπτωση κατά την οποία η φόρτιση των συσσωρευτών δεν πραγματοποιείται από την γεννήτρια, αντιθέτως φορτίζεται με τον βέλτιστο τρόπο όταν υπάρχει περίσσεια ανανεώσιμης ενέργειας από τις Α.Π.Ε.

### **Ανάλυση περιορισμών του συστήματος.**

Σύμφωνα με τα στοιχεία που υπάρχουν στον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. το εκάστοτε σύστημα οφείλει να αποθηκεύει ή να διατηρεί, ώστε σε περιπτώσεις της απρόοπτης αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης να μπορεί να υπερκαλυφθεί. Το ποσοστό αυτό καλείται ποσοστό λειτουργίας εφεδρείας και ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε το θέτει στο 10%. Η ενέργεια των ανανεώσιμων πηγών χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση του δικτύου, ενώ η περίσσεια ενέργεια που μπορεί να παράγεται τις ημέρες με έντονο ηλιακό και αιολικό δυναμικό προωθείται στις μπαταρίες. Ωστόσο δεν είναι πάντα σίγουρο πως στις τρέχουσες προσομοιώσεις η παραγόμενη ενέργεια θα πληρεί τις ενεργειακές ανάγκες του συστήματος. Έτσι έχουμε απώλεια φορτίου στο σύστημα. Το λογισμικό Homer-Pro καθορίζει το εκάστοτε έλλειμα ενέργειας για την χρονική περίοδο που μελετάμε, ενώ διατηρείται η ολική ενέργεια που ζητείται από το δίκτυο.

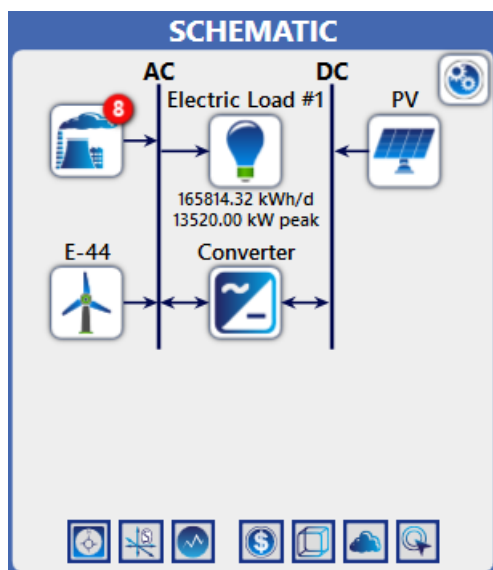
Συγκρίνοντας αυτά τα μεγέθη το λογισμικό ορίζει τον συντελεστή απώλειας του φορτίου. Ο συγκεκριμένος δείκτης ορίζεται από τον χειριστή στο 10%.

Η ποσοστιαία εφεδρεία που θα καλύπτει την ενέργεια των ανεμογεννητριών τοποθετείται στο 30%, αυτή η εφεδρεία αναφέρεται στην ενέργεια που οφείλει να προσδώσει το σύστημα για την κάλυψη του φορτίου, στις περιπτώσεις που η παραγόμενη ενέργεια των ανεμογεννητριών μειωθεί κατά 30%. Ο ίδιος περιορισμός ισχύει και για τα φωτοβολταϊκά συστήματα αλλά ο συντελεστής εφεδρείας τοποθετείται στο 20%.

## 6.5 Ανάλυση Προσομοιώσεων των Υβριδικών Μικροδικτύων

Στην αρχή της συγκεκριμένης ενότητας θα αναλυθεί συνοπτικά το ήδη υπάρχον σύστημα και στην συνέχεια θα αναλυθούν οι προσομοιώσεις και οι βελτιστοποιήσεις που προτείνονται για το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Λήμνου.

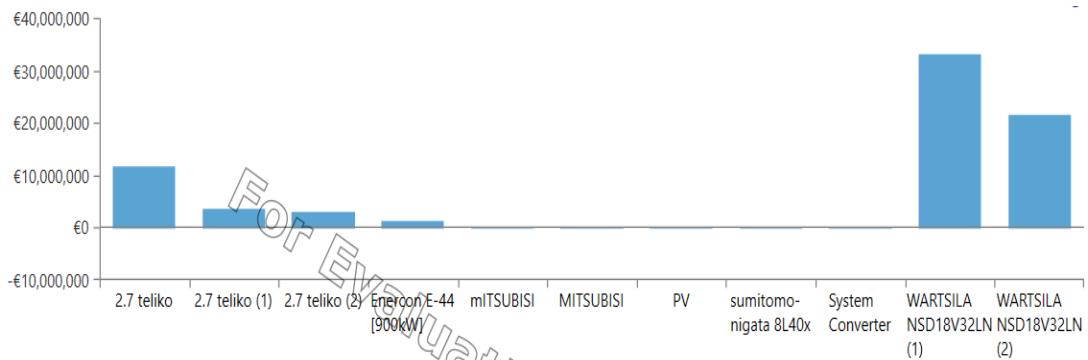
Απορρυθμίζοντας λοιπόν από το ήδη υπάρχον σύστημα της Λήμνου, το οποίο προσομοιώθηκε μόνο για τις τελική σύγκριση των σεναρίων. Επειδή όλα τα δομικά στοιχεία του συστήματος προϋπήρχαν στο νησί και για λόγους συντομίας δεν ξανά αναφέρονται στο παρών σχολιασμό, θεωρήθηκε σωστό να υπάρχει αρχικό κόστος, οπότε το κύριο κριτήριο που μας αφορά άμεσα είναι η τιμή της κιλοβατώρας η οποία σύμφωνα με το Homer-Pro φτάνει στα 0,12 €.



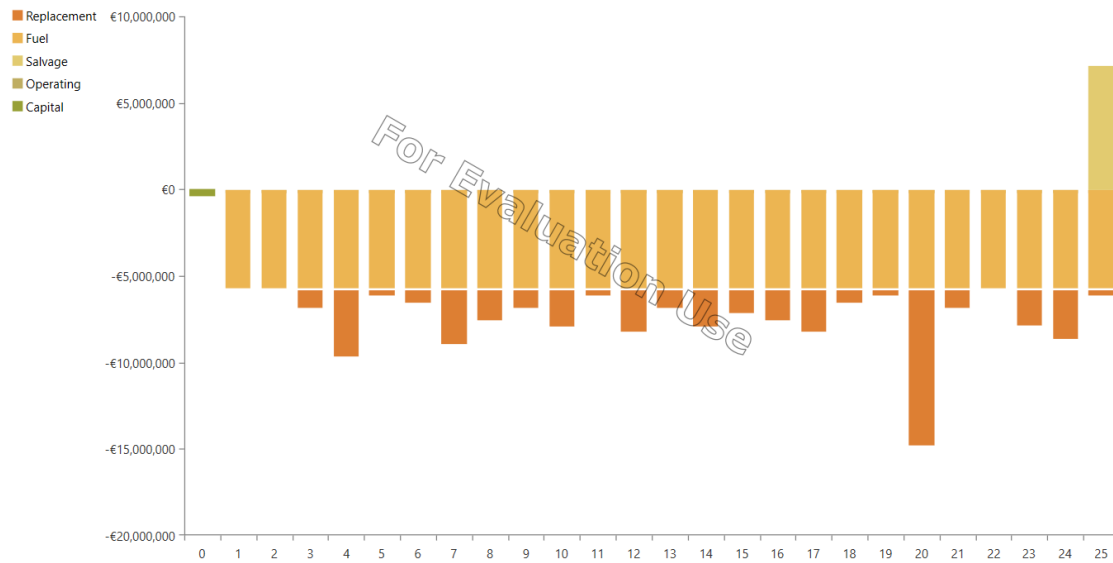
Εικόνα 64: Αρχιτεκτονική του συστήματος της Λήμνου

Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ 2.7 teliko	€0.00	€2,315,848.71	€448.42	€9,733,275.39	-€30,365.55	€12,019,207.17
▷ 2.7 teliko (1)	€0.00	€838,598.10	€220.21	€3,044,207.92	-€8,581.57	€3,874,444.65
▷ 2.7 teliko (2)	€0.00	€1,457,778.80	€654.50	€1,958,024.03	-€35,209.18	€3,381,248.14
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€621,226.02	€1,186,965.14	€0.00	-€315,089.69	€1,493,101.47
▷ mITSUBISI	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	-€53,098.45	-€53,098.45
▷ MITSUBISI	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	-€53,098.45	-€53,098.45
▷ PV	€0.00	€316,093.18	€219,235.10	€0.00	-€160,324.43	€375,003.86
▷ sumitomo-nigata 8L40x	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	-€96,542.63	-€96,542.63
▷ System Converter	€380,268.75	€98,012.01	€0.00	€0.00	-€14,941.86	€463,338.90
▷ WARTSILA NSD18V32LN (1)	€0.00	€5,936,403.63	€1,230.76	€27,633,276.51	-€137,140.05	€33,433,770.85
▷ WARTSILA NSD18V32LN (2)	€0.00	€4,080,337.77	€836.36	€17,844,127.04	-€111,426.29	€21,813,874.89
System	€380,268.75	€15,664,298.22	€1,409,590.49	€60,212,911.08	-€1,015,818.14	€76,651,250.40

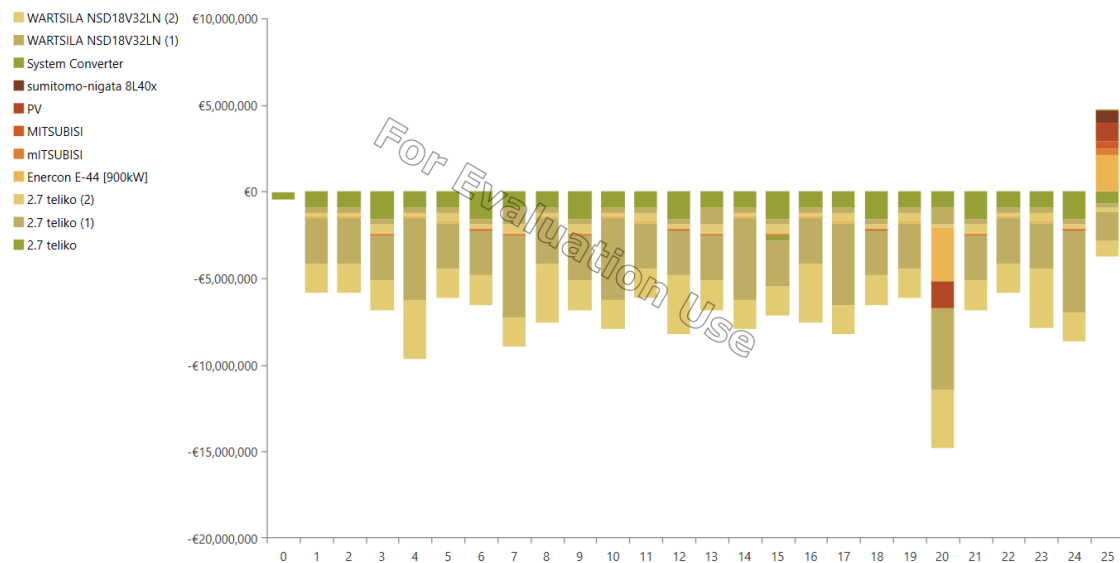
Εικόνα 65: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po



Εικόνα 66: Κόστος σε βάθος 25ετίας του συστήματος της Λήμνου



Εικόνα 67: Ετήσιες χρηματοροές του συστήματος της Λήμνου για 25 έτη



Εικόνα 68: Ετήσιες χρηματορροές κάθε στοιχείου για 25 έτη.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του συστήματος διαφάνεται η ανάγκη αντικατάστασης για την έρρυθμη λειτουργία, αλλά και για την κάλυψη της ζήτησης όπου συνεχώς αυξάνεται. Μέχρι και στις ανεμογεννήτριες αλλά και στα φωτοβολταϊκά που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, κοντά στα 20 έτη, παρατηρείται το σύνηθες φαινόμενο της αντικατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την αντικατάσταση των δομικών στοιχείων του συστήματος θεωρήθηκε ότι:

- Γεννήτριες: Το σύνηθες κόστος εγκατάστασης των γεννητριών είναι στα 800.000 €/MW, ενώ οι περιπτώσεις μετεγκαταστάσεις αγγίζουν τα 100.000€/MW. Τα οποία κόστη δεν θα συμπεριληφθούν καθώς όλες οι εγκαταστάσεις Α.Π.Σ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ανήκουν στην Δ.Ε.Η. Επομένως τα κόστη αυτά απορρίφθηκαν λόγω ενδοεταιρικών μεταφορών

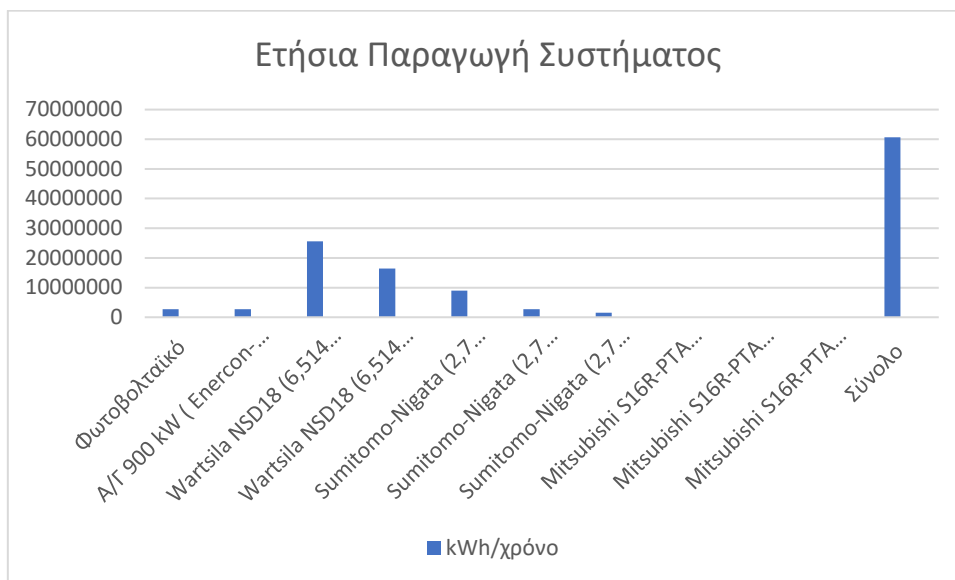
### Ενεργειακά στοιχεία

Κατά την ανάλυση του του φορτίου της Λήμνου που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρθηκε ότι το η συνολική ζήτηση του έτους δεν ξεπερνά για μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh.

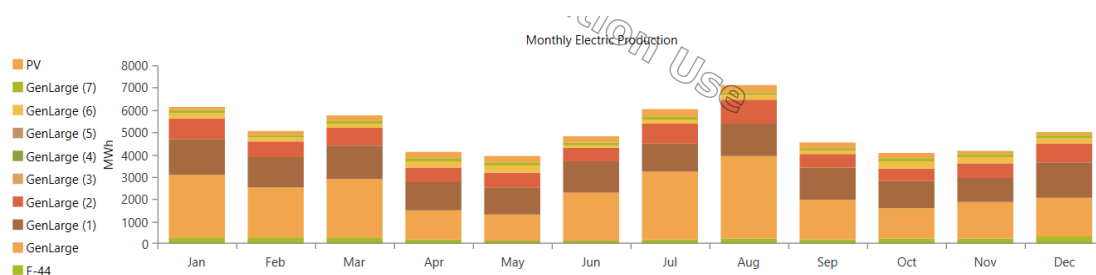


Παραγωγή	kWh/χρόνο	%
Φωτοβολταϊκό	2764353	4,56%
A/Γ 900 kW ( Enercon-44)	2726978	4,49%
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	25548682	42,11%
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	16406182	27,04%
Sumitomo-Nigata (2,7 MW)	8948919	14,75%
Sumitomo-Nigata (2,7 MW)	2716654	4,48%
Sumitomo-Nigata (2,7 MW)	1564720	2,58%
Mitsubishi S16R-PTA (1,1 M)	0	0
Mitsubishi S16R-PTA (1,1 M)	0	0
Mitsubishi S16R-PTA (1,1 M)	0	0
Σύνολο	60676488	100%

Πίνακας 12: Ενεργειακή παραγωγή για ολόκληρο τον χρόνο για κάθε στοιχείο του συστήματος



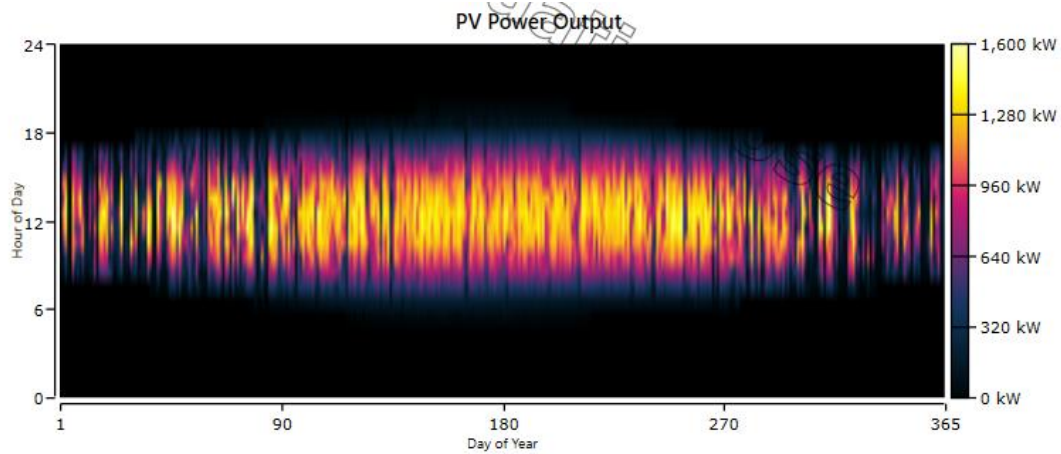
Διάγραμμα 12: Ετήσια Παραγωγή συστήματος Λήμνου



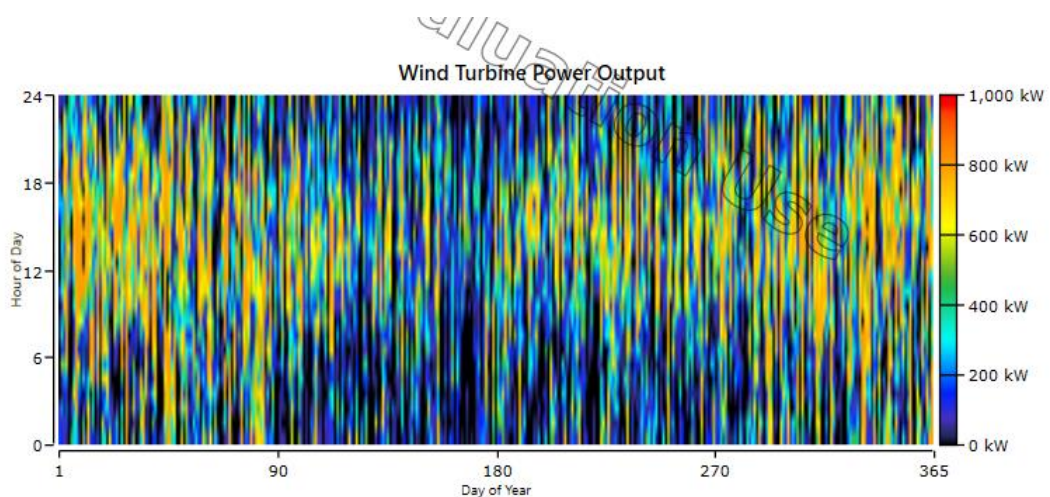
Εικόνα 69: Μέση μηνιαία ηλεκτρική παραγωγή, συμβολή κάθε δομικού στοιχείου στο δίκτυο

Παραπάνω διαγράφεται η μηνιαία παραγωγή από τα δομικά στοιχεία του συστήματος που δύναται να παράξουν ενέργειες. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από τις συμβατικές γεννήτριες, περίπου το 81%, ενώ αξιοσημείωτο γεγονός αποτελεί η διείδυση των Α.Π.Ε που φτάνει το 19%, ενώ στην πραγματικότητα είναι 16% σύμφωνα με τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε., ενώ συνήθως στην Ελλάδα δεν ξεπερνά κατά πολύ το 10%.

Επίσης όσων αφορά τις ανεμογεννήτριες 900 kW του νησιού, η αναλογία του αέρα και της κατασκευής τους, τους δίνει την δυνατότητα να παράξουν περισσότερη ενέργεια ωστόσο υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί στο δίκτυο. Διαφαίνεται ακόμα ότι ένα μικρό ποσοστό, δηλαδή το 1,434% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας δεν αφομοιώνεται στο σύστημα και δικαιολογείται σαν «απορριπτόμενο πλεόνασμα».



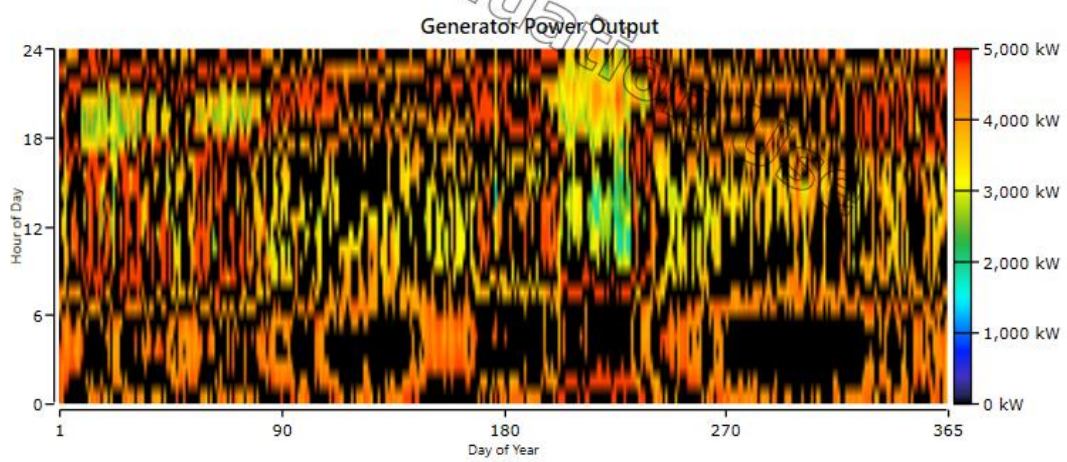
Εικόνα 70: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



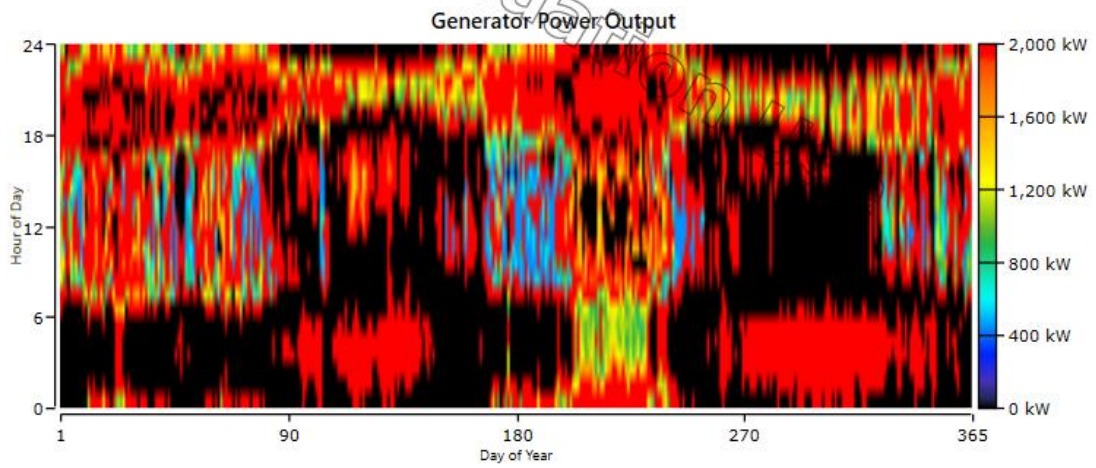
Εικόνα 71: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ κατά την διάρκεια του έτους



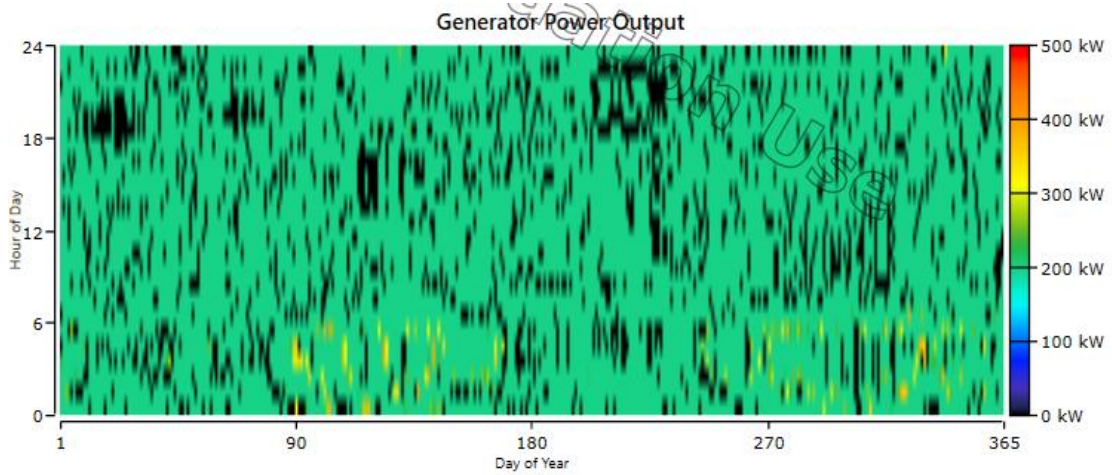
**Εικόνα 72:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους



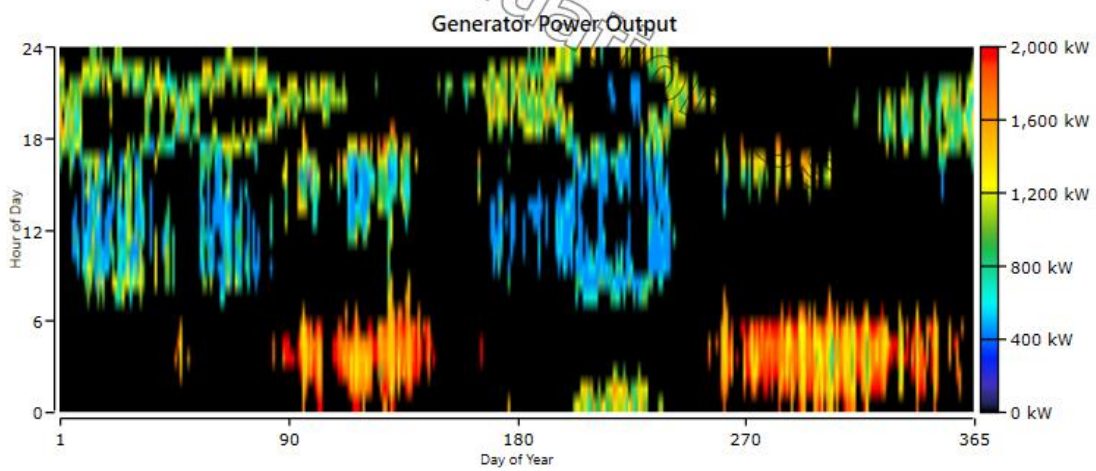
**Εικόνα 73:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 2 κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 74:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 75:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 2 κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 76:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Sumitomo-Nigata (2,7 MW) 3 κατά την διάρκεια του έτους



Εν συντομία όπως αναφέραμε το μεγαλύτερο μέρος του της συνολικής ενεργειακής παραγωγής του νησιού φαίνεται και από τις παραπάνω εικόνες. Οι παραπάνω εικόνες αφορούν τις ώρες που βρίσκονταν σε λειτουργία οι γεννήτριες και που κυμαινόταν ηλεκτροπαραγωγή της κάθε γεννήτριας. Είναι λογικό την μεγαλύτερη φόρτιση να την δέχονται οι δύο μεγαλύτερες γεννήτριες του συστήματος. Ακόμα όπως είναι γνωστό η ηλιακή ενέργεια αποδίδει μόνο τις ώρες και τις μέρες του χρόνου που υπάρχει ηλιοφάνεια, ενώ η διείδυση της αιολικής παραγωγής φαίνεται έντονη και αρκετά συχνή, κάτι που επιβεβαιώνει τις υποψίες των ερευνητών για την δυναμική του ανέμου στην Λήμνο. Ωστόσο η εμφάνιση των Α.Π.Ε. καταγράφεται καθ' όλη την διάρκεια της χρονιάς που σημαίνει που διευκολύνει την περαιτέρω βελτιστοποίηση του συστήματος (προσθήκη συσσωρευτών) της Λήμνου.

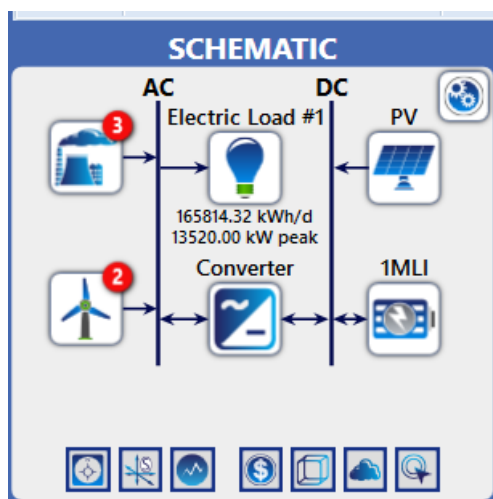
### Εκπομπές Ρύπων:

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	43,277,312	kg/yr
Carbon Monoxide	195,506	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	10,376	kg/yr
Particulate Matter	1,672	kg/yr
Sulfur Dioxide	105,682	kg/yr
Nitrogen Oxides	37,470	kg/yr

Εικόνα 77: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου.

### 6.5.1 Σενάριο Πρώτο

Βασιζόμενοι στο ήδη υπάρχων σύστημα του νησιού και παρατηρώντας τον τρόπο φόρτισης των συμβατικών γεννητριών του προηγούμενου σεναρίου, αποφασίστηκε λοιπόν να διατηρηθεί μόνο μία γεννήτρια των 6,514 MW, ενώ οι υπόλοιπες γεννήτριες θα αντικατασταθούν από 2 συμβατικές μηχανές των 4,5 MW. Στην προκείμενη περίπτωση και για να μην χρειαστεί νέο κεφάλαιο για αγορά νέων γεννητριών, οι παραπάνω γεννήτριες θα ενσωματωθούν το 2024 μετά την διασύνδεση της Μυκόνου με το εθνικό δίκτυο. Η μείωση του αριθμού των γεννητριών, με το τεχνικό τους ελάχιστον να βρίσκεται στο 40%, καθιστά δυνατή την διείδυση ενός μεγαλύτερου ποσοστού ανανεώσιμων πηγών. Έτσι διατηρείται ο ίδιος αριθμός φωτοβολταϊκών πάνελ στα 1889 kW και οι 3 ανεμογεννήτριες τύπου Enercon-44 900kW. Παράλληλα όμως στο σημείο που είναι παροπλισμένες οι ανεμογεννήτριες της Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες προσθέτουμε ανεμογεννήτριες των 100kW τύπου Norvento nED 24 στο όρος Βίγλα. Τέλος θα προστεθούν τέσσερις συσσωρευτές ιόντων-λίθου, ώστε να διατηρούν το προτεινόμενο σύστημα σταθερό. Ωστόσο η διείδυση των Α.Π.Ε. πρέπει να μείνει σε χαμηλά επίπεδα ,λόγω των περιορισμών που θέτει η Ρ.Α.Ε. και ώστε να παραμένει η αδιάληπτη η παροχή ισχύος στους κατοίκους της Λήμνου, οπότε πρέπει να κυμανθεί κοντά στο 20%.



Εικόνα 78: Αρχιτεκτονική του 1ου σεναρίου.

Υβριδικό Μικροδίκτυο 1	Ποσότητα	Καθαρόν παρόν κόστος €	Κόστος Λειτουργίας (€/χρόνο)	LCOE (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (ltr/χρόνο)
Φωτοβολταϊκό	1889 kW	67.442.740	6.021.246	0,1056	12.824.030
A/Γ 900 kW ( Enercon-44)	3				
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	1				
Γεννήτρια 4,47 MW (1)	1				
Γεννήτρια 4,47 MW (2)	1				
A/Γ 100 kW (Norvento nED 24)	4				
Συσσωρευτής	4				

Πίνακας 13: Βελτιστοποιημένο σενάριο

Από τις διάφορες τεχνοοικονομικές προδιαγραφές το Homer-Pro, προσπάθησε να μοντελοποιήσει και να βελτιστοποιήσει το παραπάνω μικροδίκτυο πρότεινε το εξής σύστημα. Ως βέλτιστο κρίνεται το σύστημα που παρατηρείται στον από πάνω πίνακα το οποίο αποτελείται από μία γεννήτρια 6,514 MW, 2 γεννήτριες 4,47 MW, 3 A/Γ Enercon-44, 4 A/Γ Norvento nED 24 (100 kW) , 1889 kW ηλιακών πάνελ και από 4 συσσωρευτές 1 MWh. Η συνολική δαπάνη ανέρχεται κοντά στα 68 εκατ. € και το ετήσιο κόστος λειτουργίας στα 6 εκατ. €. Σημαντικότερο γεγονός είναι ότι ελαττώθηκε η τιμή του κόστους της ενέργειας σε 0,1056 €/kWh. Ως διάρκεια ζωής του μικροδικτύου θεωρήθηκαν τα 25 χρόνια, καθώς η διασύνδεση του νησιού θα γίνει μετά το 2030 και δεν είναι γνωστό το πόσο αν θα υπάρξουν περαιτέρω καθυστερήσεις, παράλληλα όμως και στην διασύνδεση του νησιού τουλάχιστον το 50% των δομικών στοιχείων του μικροδικτύου θα παραμείνουν. Με μια πρώτη ματιά η επένδυση θεωρείται βιώσιμη συγκρίνοντας πρώτα τις τιμές της κιλοβατώρας καθώς η, η παραγόμενη από το σύστημα ενέργεια είναι κατά 0,05 € φθηνότερη. Συγχρόνως εισάγονται 400 kW ανανεώσιμης ενέργειας και σε συνδυασμό με τους συσσωρευτές δημιουργούν ένα αξιόπιστο σύστημα.

## Οικονομικά Στοιχεία

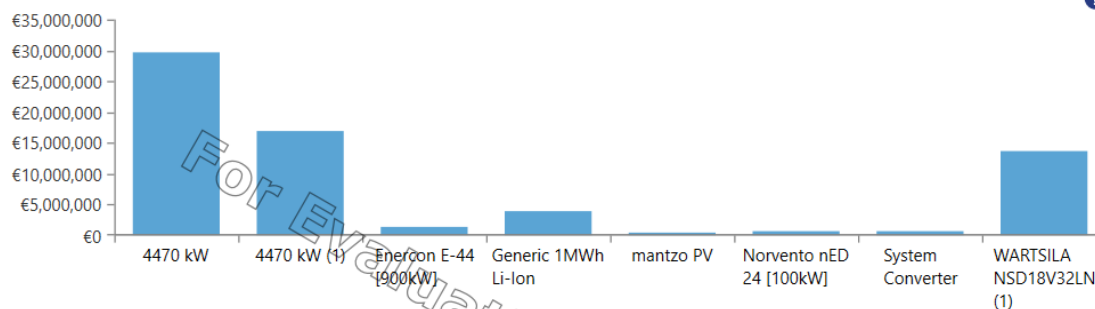
Στην συνέχεια στις εικόνες που ακολουθούν, οι οποίες πάρθηκαν από το Homer-Pro ακολουθεί μια ανάλυση των οικονομικών στοιχείων του υβριδικού μικροδικτύου.

Component	Capital (€)	Replacement (€)	OM (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ 4470 kW	€0.00	€697,167.32	€145.44	€28,869,587.75	-€6,763.38	€29,560,137.12
▷ 4470 kW (1)	€0.00	€4,256,231.32	€920.30	€12,860,846.44	-€119,065.37	€16,998,932.69
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€621,226.02	€1,186,965.14	€0.00	-€315,089.69	€1,493,101.47
▷ Generic 1MWh Li-Ion	€2,800,000.00	€866,020.00	€422,032.05	€0.00	-€132,024.11	€3,956,027.94
▷ mantzo PV	€0.00	€316,093.18	€219,235.10	€0.00	-€160,324.43	€375,003.86
▷ Norvento nED 24 [100kW]	€480,000.00	€83,666.80	€189,914.42	€0.00	-€42,436.32	€711,144.90
▷ System Converter	€633,781.25	€163,353.34	€0.00	€0.00	-€24,903.10	€772,231.50
▷ WARTSILA NSD18V32LN (1)	€0.00	€2,004,040.18	€500.14	€11,849,868.67	-€278,240.82	€13,576,168.17
System	€3,913,781.25	€9,007,798.16	€2,019,712.59	€53,580,302.86	-€1,078,847.22	€67,442,747.65

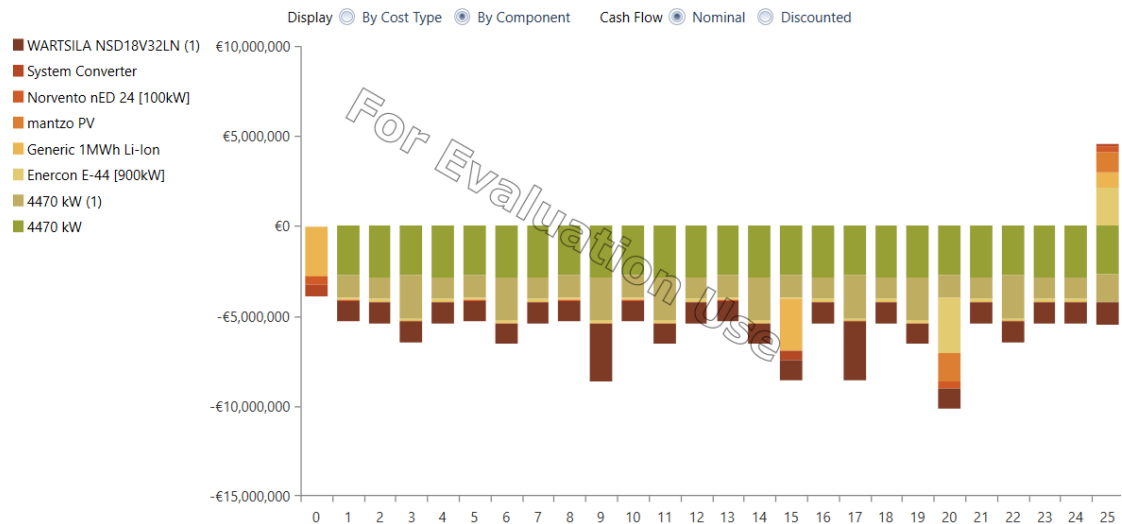
Εικόνα 79: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Pro

Component	Capital (€)	Replacement (€)	OM (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ 4470 kW	€0.00	€66,077.19	€18.78	€2,736,246.00	-€641.03	€2,801,695.95
▷ 4470 kW (1)	€0.00	€403,403.61	€87.23	€1,218,945.00	-€11,284.96	€1,611,150.88
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€58,879.51	€112,500.00	€0.00	-€29,864.05	€141,515.46
▷ Generic 1MWh Li-Ion	€265,382.69	€82,080.97	€40,000.00	€0.00	-€12,513.18	€374,950.47
▷ mantzo PV	€0.00	€29,959.16	€20,779.00	€0.00	-€15,195.47	€35,542.69
▷ Norvento nED 24 [100kW]	€45,494.18	€7,929.90	€18,000.00	€0.00	-€4,022.09	€67,401.98
▷ System Converter	€60,069.49	€15,482.55	€0.00	€0.00	-€2,360.30	€73,191.74
▷ WARTSILA NSD18V32LN (1)	€0.00	€189,941.99	€47.40	€1,123,125.00	-€26,371.53	€1,286,742.86
System	€370,946.35	€853,754.89	€191,427.41	€5,078,316.00	-€102,252.63	€6,392,192.02

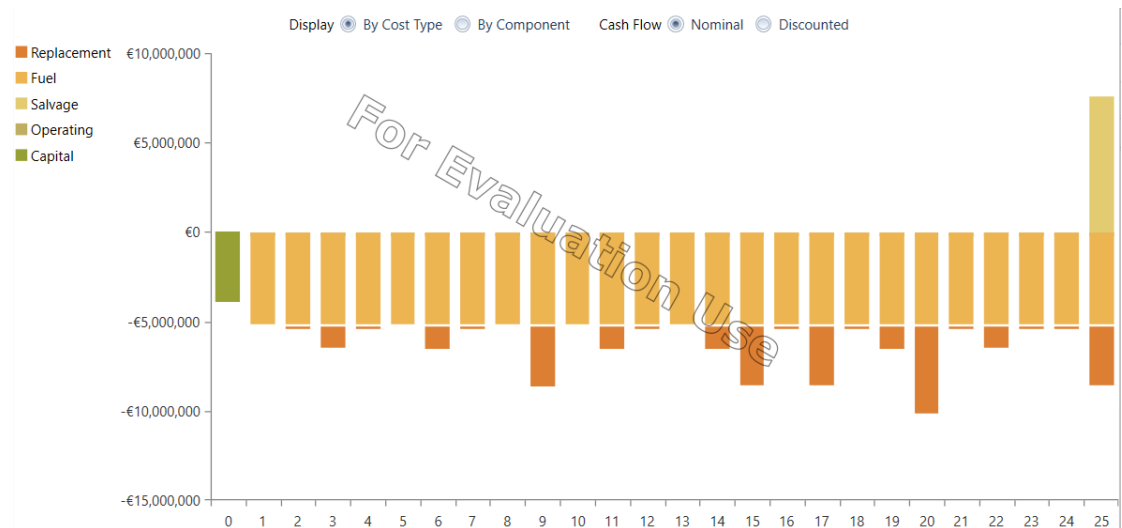
Εικόνα 80: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος για έναν χρόνο



Εικόνα 81: Κόστος κάθε δομικού στοιχείου



Εικόνα 82:Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια



Εικόνα 83: Ετήσιες χρηματοροές για 25 έτη χρόνια

Το καθαρόν παρόν κόστος κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και αγγίζει τα 62 εκατ.€ και το αρχικό κεφάλαιο είναι 3 εκατ. ευρώ ενώ το κόστος λειτουργία αγγίζει τα 6.021.246 ευρώ Όπως παρατηρείται και στα διαγράμματα η αντικατάσταση κάποιων στοιχείων στο πέρασμα των χρόνων είναι επιτακτική. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι και μετά την αντικατάσταση των στοιχείων και το πέρας του χρόνου ζωής του συστήματος, τα αντικατεστημένα στοιχεία μεταπουλούνται. Το κόστος μετεγκατάστασης των γεννητριών δεν έχει συμπεριληφθεί οπότε, καθώς είναι αβέβαιο το ενεργειακό μέλλον του νησιού ειδικά με την επερχόμενη διασύνδεση, επομένως δεν συμπεριλήφθηκε.

### Ενεργειακά Στοιχεία

Η απαιτούμενη ενέργεια του συνόλου του νησιού όπως έχει αναλυθεί δεν ξεπερνά κατά μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh τον χρόνο.



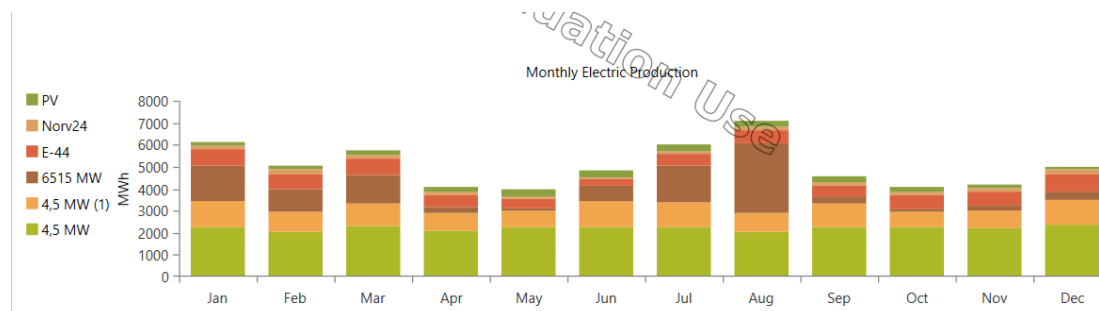
Παραγωγή	kWh/χρόνο	%
Φωτοβολταϊκό	2763354	4,55%
A/Γ 900 kW ( Enercon-44)	7023483	11,57%
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	10990910	18,11%
Γεννήτρια 4,47 MW (1)	26559913	43,76%
Γεννήτρια 4,47 MW (2)	11496778	18,94%
A/Γ 100 kW ( Enercon-44)	1861179	3,07%
Σύνολο	60695617	100%

Πίνακας 14: Ετήσια παραγωγής του υβριδικού μικροδικτύου.

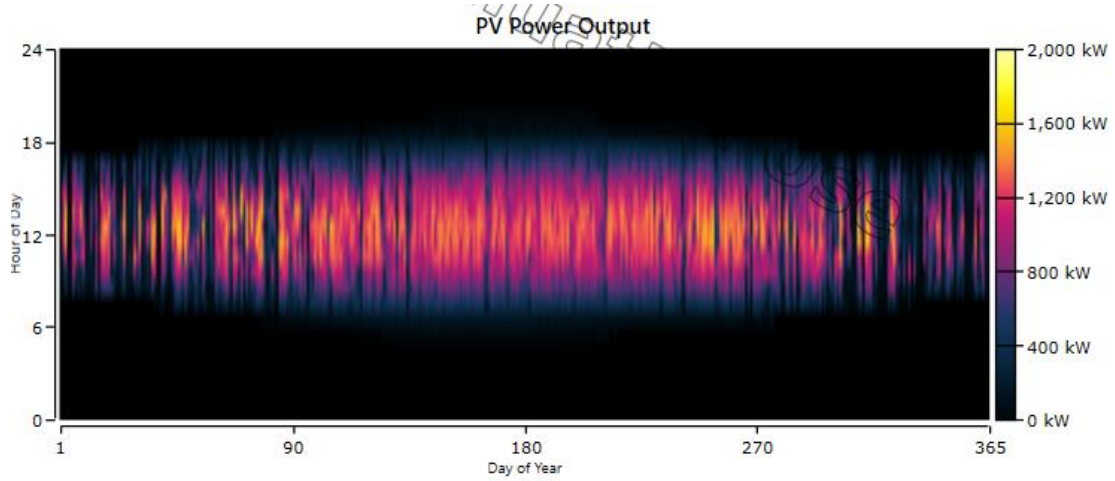


Διάγραμμα 13: : Ετήσια παραγωγή ενέργειας του κάθε στοιχείου.

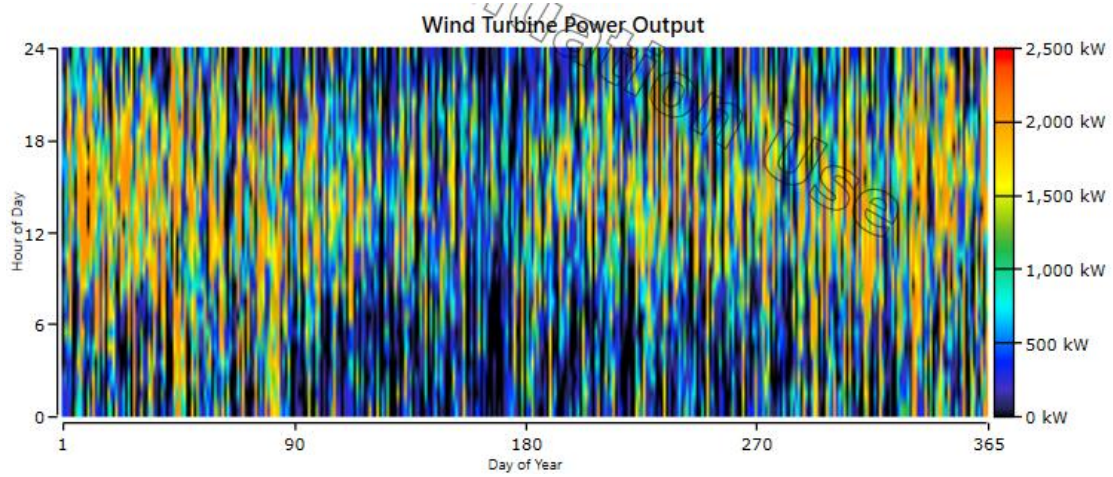
Από το παραπάνω διάγραμμα διαφαίνεται ότι και σε αυτή την περίπτωση το μεγαλύτερο ποσοστό παραγομένη ενέργειας κατέχουν οι γεννήτριες, κάτι οποίο είναι πολύ λογικό καθώς προσφέρουν αδιάληπτη ισχύ. Ωστόσο θα μπορούσε να αυξηθεί το ποσοστό διείσδυσης των ανεμογεννητριών των 900 kW καθώς βρίσκονται και στο βέλτιστο σημείο για ανεμολογικά χαρακτηριστικά. Οι ανανεώσιμη πηγές ενέργειας καλύπτουν μόλις το 19,19% της συνολικής παραγομένης ισχύς. Από την συνολική παραγομένη ισχύ που υπολόγισε το Homer-Pro υπολείπεται ένα μικρό ποσοστό 1,465%, ενέργειας, το οποίο ουσιαστικά δεν μπορεί να αφομοιωθεί από το σύστημα και απορρίπτεται από το ίδιο το σύστημα.



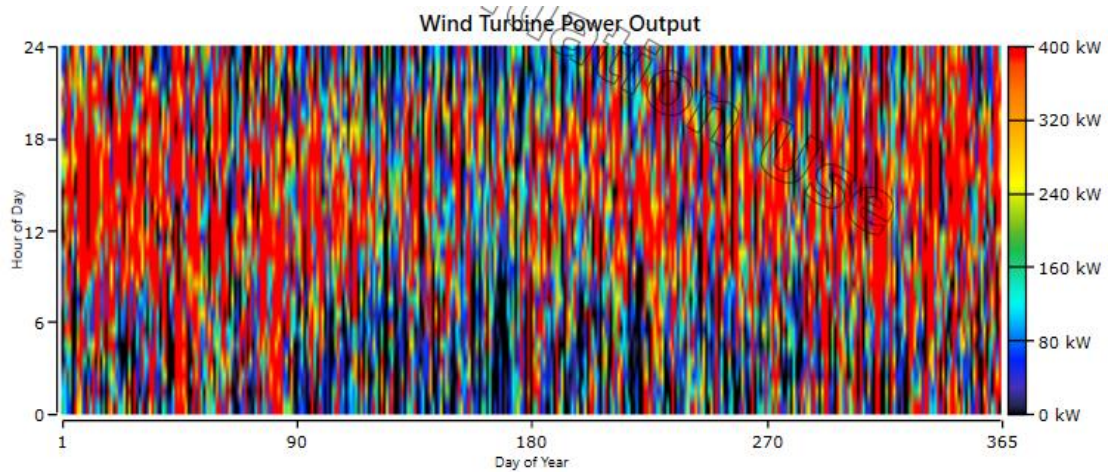
Εικόνα 84: Μέση παραγομένη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο.



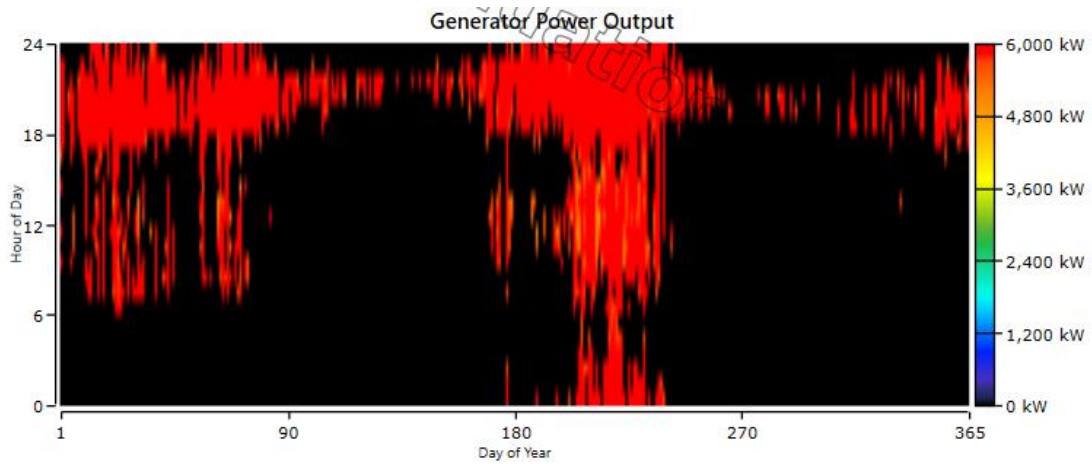
Εικόνα 85: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



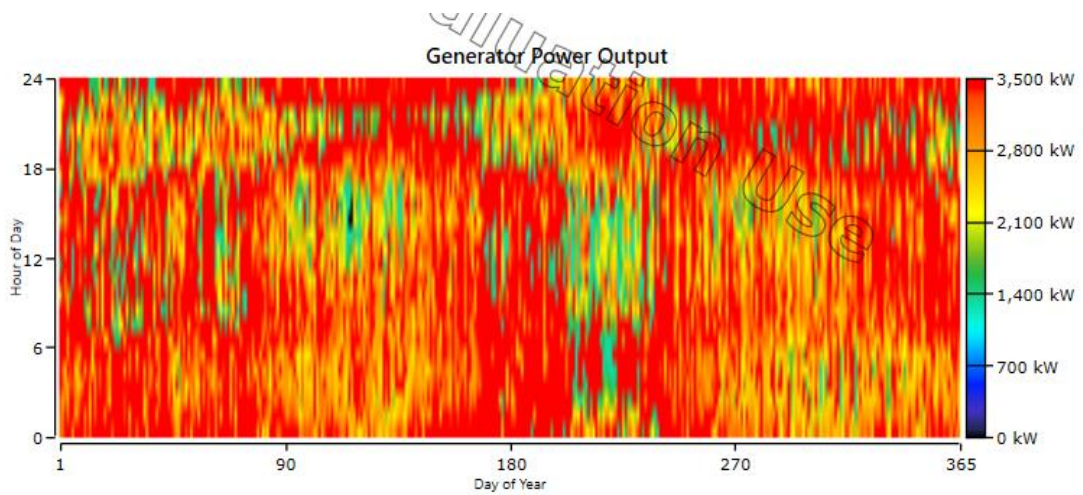
Εικόνα 86: : Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ Enercon-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους



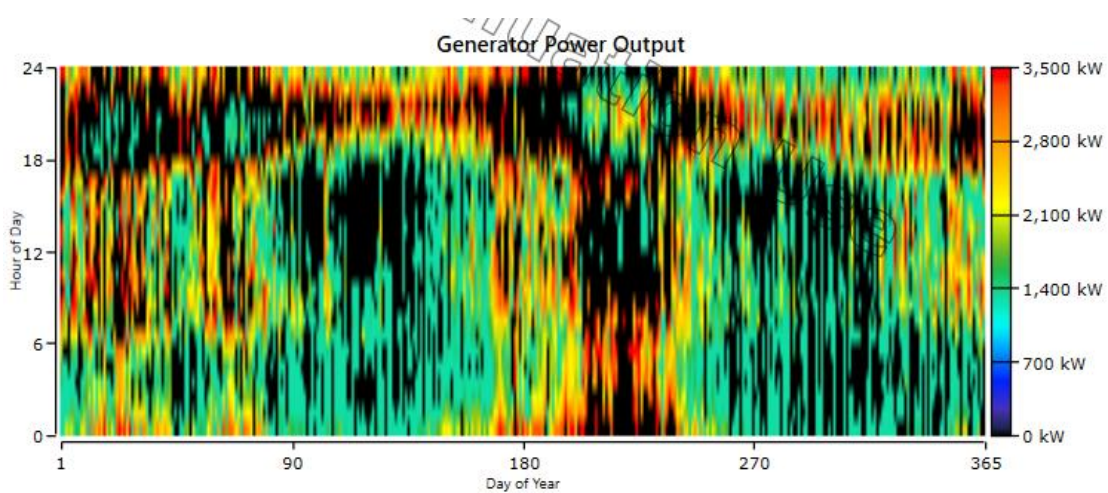
Εικόνα 87: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένες Α/Γ Norvento nED 24 100 kW κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 88:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους



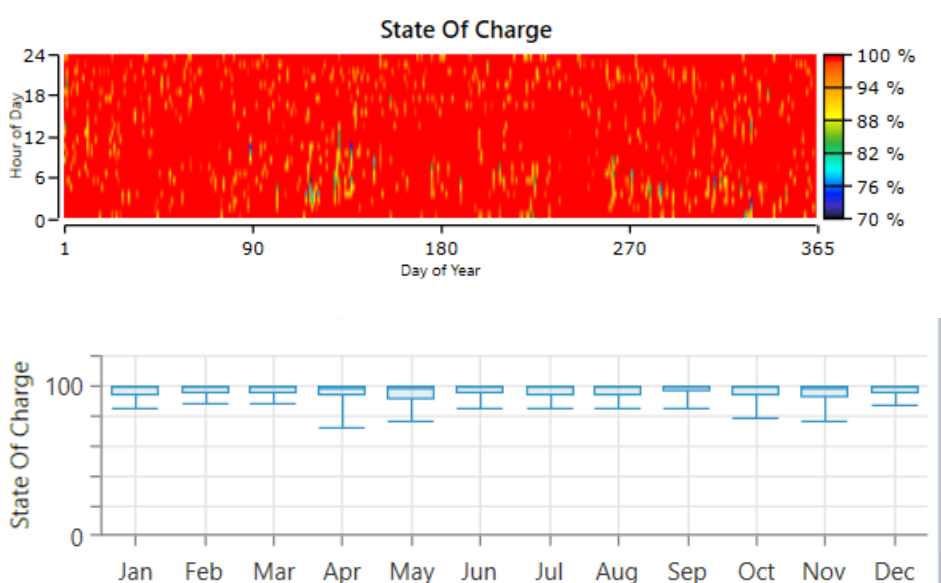
**Εικόνα 89:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα 4,5 MW ( 1) προερχόμενη από το Α.Σ.Π. Μυκόνου κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 90:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα 4,5 MW ( 2) προερχόμενη από το Α.Σ.Π. Μυκόνου κατά την διάρκεια του έτους

Συγκρίνοντας τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι τα ηλιακά πάνελ και οι ανεμογεννήτριες παράγουν ενέργεια καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, απλά τα πάνελ μόνο σε συγκεκριμένο φάσμα ωρών (7:00-18:00) και με μια ιδιαίτερη αύξηση το καλοκαίρι. Οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν και προσδίδουν ενέργειας όλον τον χρόνο, επομένως είναι ένα χαρακτηριστικά παράδειγμα του καλού αιολικού δυναμικού του νησιού. Όσον αφορά τις γεννήτριες, παρατηρείται ότι η πιο ισχυρή γεννήτρια των 6,514 MW λειτουργεί κατά κύριο λόγο το καλοκαίρι, που αυξάνεται σημαντικά η ζήτηση και κάποιες μέρες του χειμώνα, λογικά λόγω χρήσης της ηλεκτρικής ισχύος για θέρμανση.

Οι τέσσερις μπαταρίες πέρα από την αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος και την αποθήκευση καθαρής ενέργειας μέσω των ανανεώσιμων, χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση της ζήτησης.



Εικόνα 91: Φόρτιση των συσσωρευτών κατά την διάρκεια του έτους ανά μήνα και ώρα

### Εκπομπές Ρύπων:

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	38,510,204	kg/yr
Carbon Monoxide	173,971	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	9,233	kg/yr
Particulate Matter	1,488	kg/yr
Sulfur Dioxide	94,041	kg/yr
Nitrogen Oxides	33,342	kg/yr

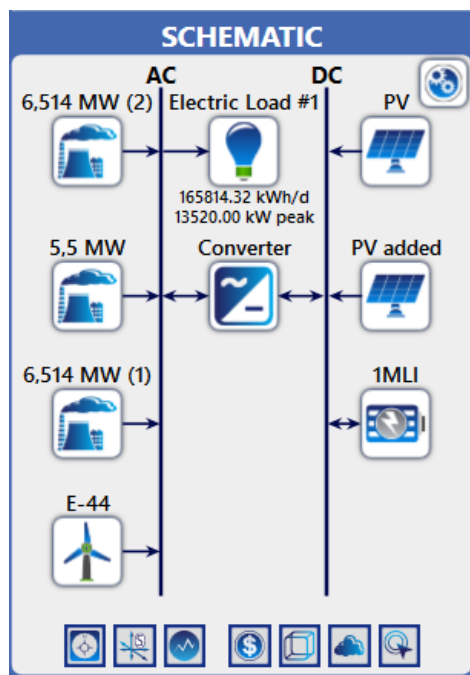
Εικόνα 92: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου.

Παρατηρείται ότι οι συνολικές εκπομπές του συστήματος ειδικά όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα είναι ιδιαίτερα πιο χαμηλές συγκριτικά με το υπάρχων σύστημα.



## 6.5.2 Σενάριο Δεύτερο

Βασιζόμενοι εκ νέου στο ήδη υπάρχον σύστημα του νησιού και παρατηρώντας με τον ίδιο τρόπο την φόρτιση των συμβατικών γεννητριών του προηγούμενου σεναρίου, αποφασίστηκε λοιπόν να διατηρηθεί μόνο δύο γεννήτριες των 6,514 MW, ενώ οι υπόλοιπες γεννήτριες θα αντικατασταθούν από 1 συμβατικές μηχανές των 5,5 MW. Στην προκείμενη περίπτωση και για να μην χρειαστεί νέο κεφάλαιο για αγορά νέας γεννήτριας, η παραπάνω γεννήτρια θα ενσωματωθούν το 2024 μετά την διασύνδεση της Σαντορίνης με το εθνικό δίκτυο. Η μείωση του αριθμού των γεννητριών με το τεχνικό τους ελάχιστον να βρίσκεται στο 40%, είναι δυνατή η διεύθυνση ενός μεγαλύτερου ποσοστού ανανεώσιμων πηγών. Στην προκείμενη περίπτωση θα προσπαθήσουμε να αυξήσουμε τον αριθμό των φωτοβολταϊκών συγκριτικά με το προηγούμενο κεφάλαιο που προστέθηκαν Α/Γ. Έτσι αυξάνεται ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πάνελ, ενώ ο αριθμός των ανεμογεννητριών θα μείνει ίδιος στις 3 ανεμογεννήτριες τύπου Enercon-44 900kW. Τέλος θα προστεθούν συσσωρευτές ιόντων-λίθου, ώστε να διατηρούν το προτεινόμενο σύστημα σταθερό. Ωστόσο η διεύθυνση των Α.Π.Ε. πρέπει να μείνει σε χαμηλά επίπεδα ,λόγω των περιορισμών που θέτει η Ρ.Α.Ε. και ώστε να παραμένει η αδιάληπτή η παροχή ισχύος στους κατοίκους της Λήμνου, οπότε πρέπει να κυμανθεί κοντά στο 20%.



Εικόνα 93: Αρχιτεκτονική του 2ου σεναρίου

Ωστόσο το ο χρόνος ζωής του συστήματος στην προκειμένη φάση τέθηκε στα 15 χρόνια με σκοπό να δούμε πόσο επηρεάζεται το αρχικό κεφάλαιο, το ετήσιο κόστος λειτουργίας και εν τέλει η τιμή του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος,

Παραπάνω παρουσιάζεται το βέλτιστο σύστημα σύμφωνα με τα δεδομένα και τις παραμέτρους που προστέθηκαν στο Homer-Pro. Το παραπάνω υβριδικό μικροδίκτυο έχει συνολική διάρκεια ζωής τα 25 έτη για τους λόγους που αναφέρθηκαν και στο προηγούμενο σενάριο. Από την βελτιστοποίηση του συστήματος προέκυψε ότι αυξήθηκε ο συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών στα 3500kW, ο αριθμός των ανεμογεννητριών Α/Γ 900 kW ( Enercon-44) παρέμεινε ίδιος, όπως και οι γεννήτριες τύπου Wartsila NSD18 (6,514 MW), ενώ όπως αναφέρθηκε στην αρχή προστέθηκε μια γεννήτρια 5,5 MW και 4 συσσωρευτές ιόντων λιθίου.

Το καθαρόν παρόν κόστος κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και αγγίζει τα 78.306.700.€ και το αρχικό κεφάλαιο είναι 9.298.293 ευρώ, ενώ το κόστος λειτουργία είναι τα 6,5 εκατ. €. Καταγράφηκε κατανάλωση 12.714.768 ltr/χρόνο. Η μία γεννήτρια που προστέθηκε όπως αναφέρθηκε προέρχεται από το Α.Π.Σ. της Σαντορίνης, οπότε υπάρχει το κόστος μετεγκατάστασης που θα χρειαστεί να προσμετρηθεί, αν δεν λάβουμε υπόψιν τα σχέδια για την διασύνδεση του νησιού.

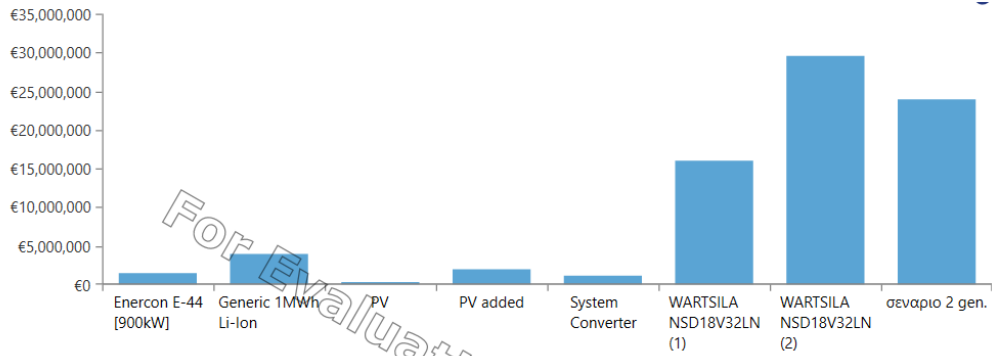
Υβριδικό Μικροδίκτυο 2	Ποσότητα €/χρόνο	Καθαρόν παρόν κόστος €	Κόστος Λειτουργίας €/χρόνο	LCOE€/ kWh	Κατανάλωση Καυσίμου ltr/χρόνο
Φωτοβολταϊκό	1889 kW	78.306.700	6.540.584	0,123	12.714.768
Α/Γ 900 kW ( Enercon-44)	3				
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	1				
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	1				
Γεννήτρια 5,5 MW (2)	1				
Φωτοβολταϊκό προστέθηκε	1611				
Συσσωρευτής	4				

**Πίνακας 15: Βελτιστοποιημένο σενάριο**

Με μια πρώτη αξιολόγηση η επένδυση είναι βιώσιμη, καθώς η τιμή της κιλοβατώρας είναι πιο μικρή από την τιμή που προσφέρεται αυτή την στιγμή στο δίκτυο 0,155 €/ kWh έναντι 0,1208€/ kWh. Αξιοσημείωτο παραμένει το γεγονός η σύγχρονη προσθήκη συσσωρευτών και φωτοβολταϊκών σε ένα λογικό πλαίσιο ώστε το σύστημα να παραμένει αξιόπιστο και έτσι μειώθηκαν οι ρύποι του συστήματος.

#### **Οικονομικά Στοιχεία:**

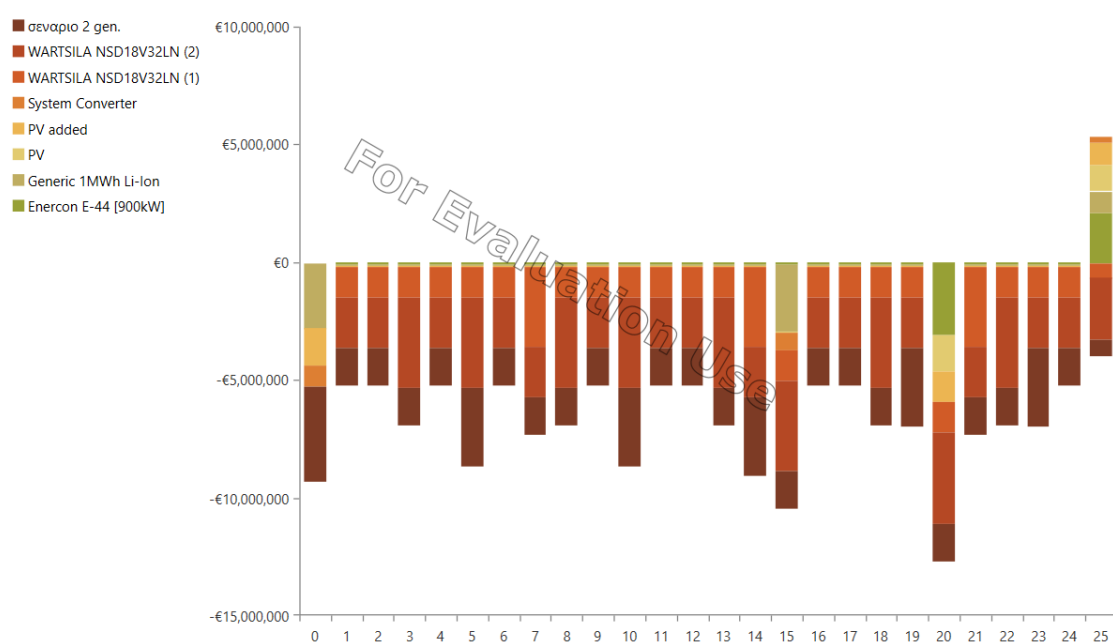
Παρά το άμεσο ενδιαφέρον για την επικείμενη διασύνδεση του νησιού και επομένως της αξιολόγησης της επένδυσης ανα έτος, το καθαρό παρόν κόστος παραμένει το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης των επενδύσεων. Ειδικά σε μια κοινωνία που πρεσβεύεται από αβεβαιότητα πάντα πρέπει να υπάρχει μακροπρόθεσμη πρόβλεψη.



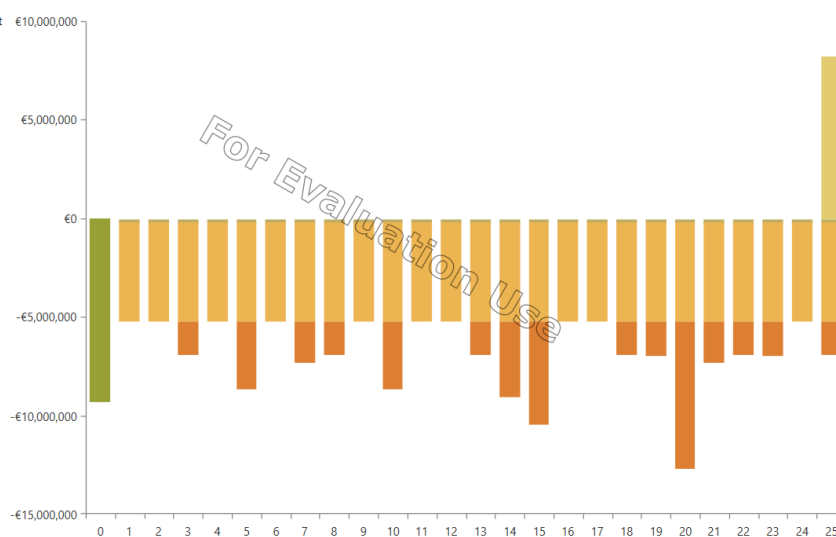
Εικόνα 94: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po

Component	Capital (€)	Replacement (€)	OM (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Enercon E-44 [900kW]	0.00	58,879.51	112,500.00	0.00	-29,864.05	141,515.46
Generic 1MWh Li-Ion	265,382.69	82,080.97	40,000.00	0.00	-12,513.18	374,950.47
PV	0.00	29,959.16	20,779.00	0.00	-15,195.47	35,542.69
PV added	152,689.83	25,550.14	17,721.00	0.00	-12,959.19	183,001.78
System Converter	84,097.29	21,675.57	0.00	0.00	-3,304.43	102,468.44
WARTSILA NSD18V32LN (1)	0.00	226,692.51	57.10	1,292,417.00	-8,727.95	1,510,438.66
WARTSILA NSD18V32LN (2)	0.00	657,077.90	129.38	2,161,425.00	-16,241.72	2,802,390.56
σεναριο 2 gen.	379,118.13	322,859.84	72.02	1,581,206.00	-11,692.01	2,271,563.98
System	881,287.92	1,424,775.61	191,258.50	5,035,048.00	-110,498.00	7,421,872.03

Εικόνα 95: Συνολικό κόστος για ένα έτος



Εικόνα 96:Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια



Εικόνα 97:Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια

Με τεχνικά χαρακτηριστικά που τέθηκαν στο λογισμικό η αντικατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ και των ανεμογεννητριών δεν απασχολεί το σύστημα, καθώς έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Τα επιπλέον έξοδα αφορούν την αντικατάσταση των μπαταριών και του μετατροπέα. Ωστόσο και με τυχόν καθυστέρηση της διασύνδεσης το σύστημα μπορεί να λειτουργεί εύρυθμα για 15 χρόνια. Τα επιπλέον κόστη μετά την 15ετία δεν θα μας απασχολούν.

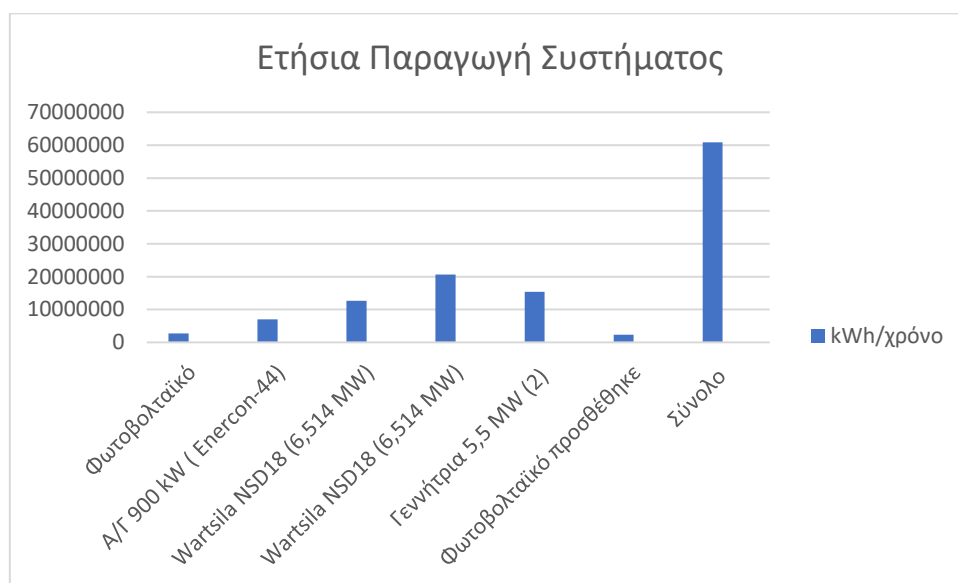
### Ενεργειακά Στοιχεία:

Η απαιτούμενη ενέργεια του συνόλου του νησιού όπως έχει αναλυθεί δεν ξεπερνά κατά μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh τον χρόνο.



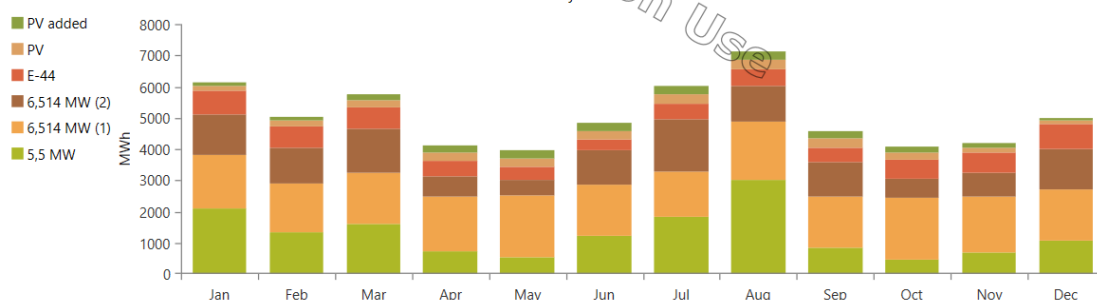
Παραγωγή	kWh/χρόνο	%
Φωτοβολταϊκό	2763354	4,54%
A/Γ 900 kW ( Enercon-44)	7023483	11,55%
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	12613541	20,74%
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	20642494	33,94%
Γεννήτρια 5,5 MW (2)	15417517	25,35%
Φωτοβολταϊκό προστέθηκε	2356678	3,88%
Σύνολο	60817067	100%

Πίνακας 16: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 2 του υβριδικού μικροδικτύου



Διάγραμμα 14: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 2 του υβριδικού μικροδικτύου

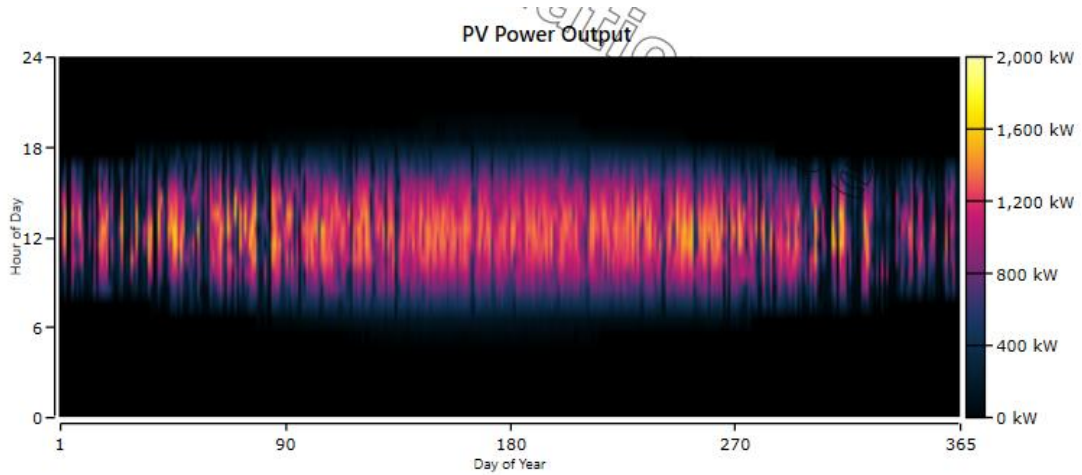
Διάγραμμα: Ετήσια παραγωγή ενέργειας του κάθε στοιχείου.



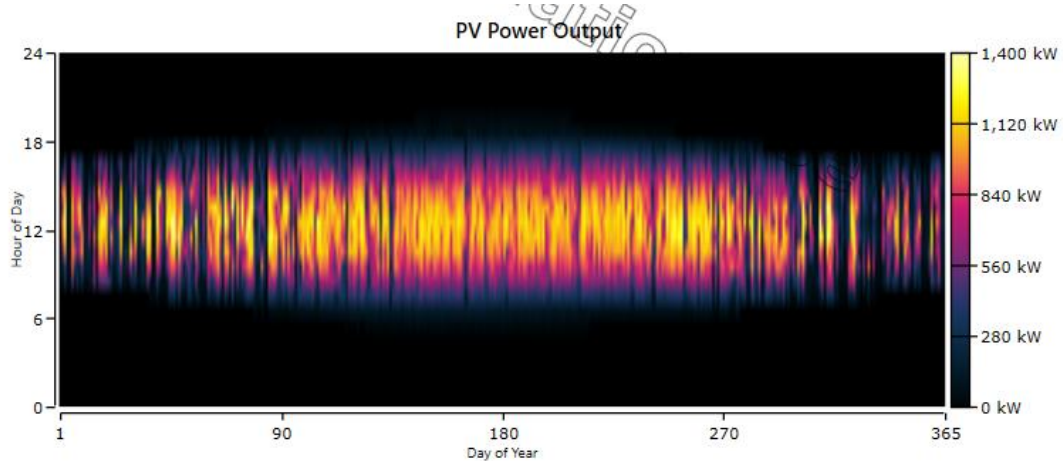
Εικόνα 98: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο.

Παρατηρούμε στο παραπάνω ραβδοδιάγραμμα και ειδικά τους μήνες Απρίλη και Μάη, ότι δεν είναι σημαντική προσφερόμενη ενέργεια από τις γεννήτρια των 5,5 MW και την 2<sup>η</sup> των 6,514 MW στο σύστημα. Αυτή η συσχέτιση δίνει την δυνατότητα τους μήνες εκείνους να γίνονται οι καθιερωμένες συντηρήσεις για την λειτουργία του συστήματος. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό διείσδυσης των Α.Π.Ε. προσεγγίζει το 19,92% της συνολικής παραγόμενης ισχύς,

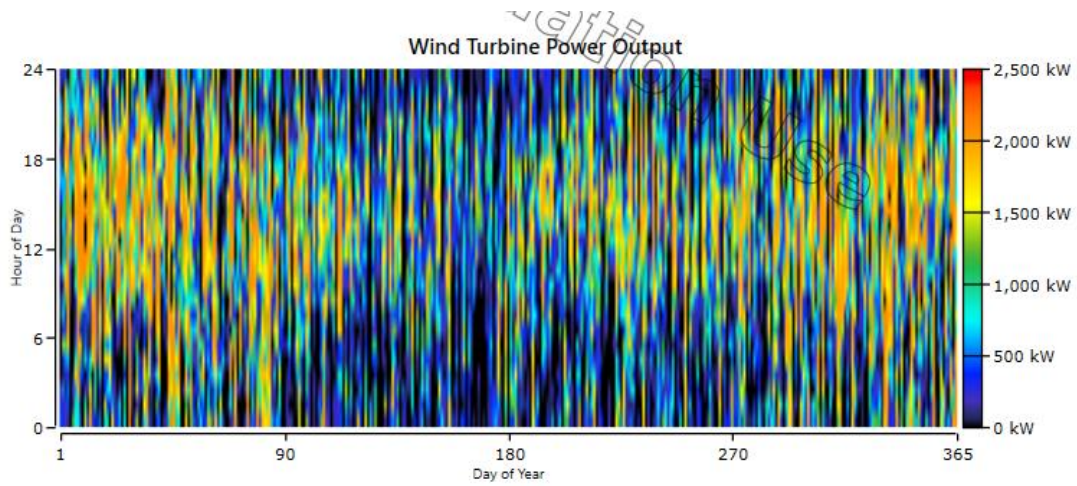
Ειδικότερα όμως ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 1,7 % δεν μπορεί να απορριφθεί από το σύστημα ή να καλύψει κάποια εκτιμώμενη ηλεκτρική ζήτηση .



Εικόνα 99: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



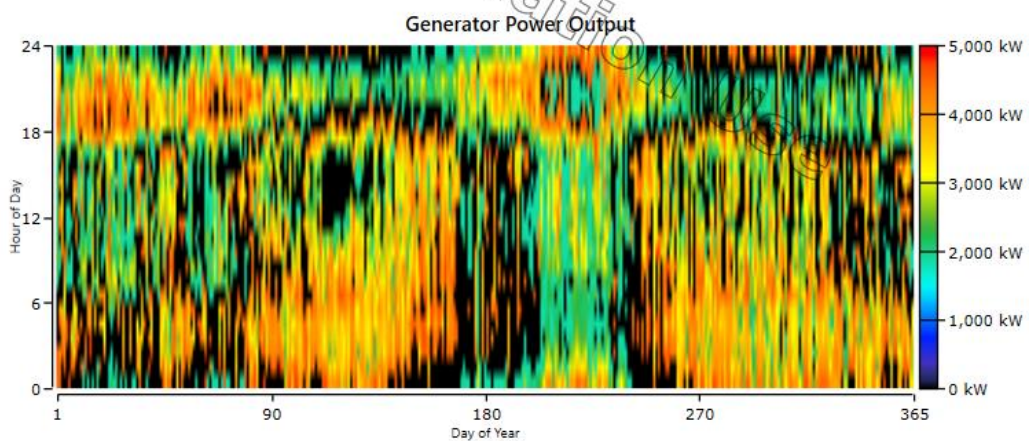
Εικόνα 100: Παραγόμενη Ισχύς από τα προστιθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



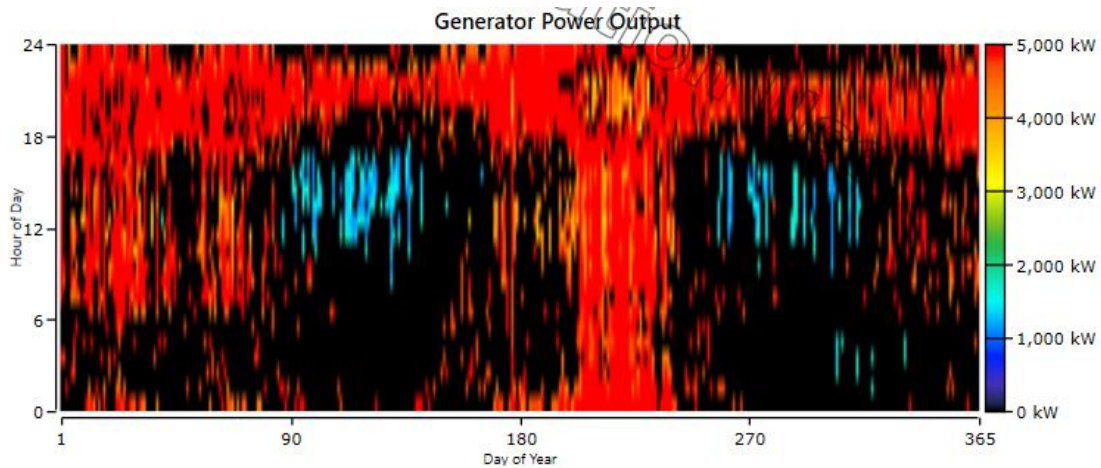
**Εικόνα 101: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Epercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους**



**Εικόνα 102: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους**

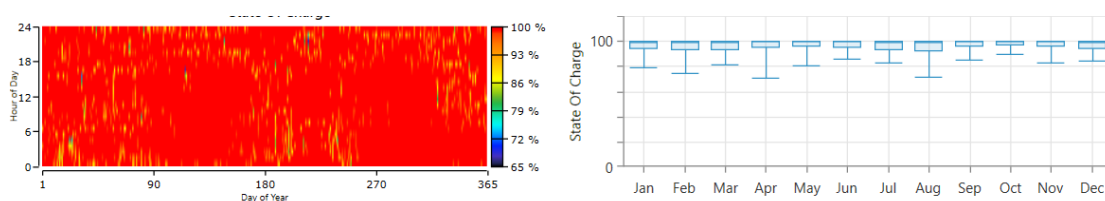


**Εικόνα 103: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) (2) κατά την διάρκεια του έτους**



**Εικόνα 104: Παραγόμενη Ισχύς από την εγκατεστημένη συμβατική μονάδα από το Α.Σ.Π. Σαντορίνης κατά την διάρκεια του έτους**

Θεωρώντας ότι η γεννήτρια Wartsila NSD18 (2) δεν θα λειτουργεί στην μέγιστη ισχύ της αλλά στο 75 % την συνολικής της ονομαστικής ισχύς, ώστε να μειωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, καταγράφηκαν τα παραπάνω διαγράμματα. Όπως φαίνεται κατά την διάρκεια της χρονιάς η ισχύς δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και βλέπουμε μεγάλα χρονικά διαστήματα που λειτουργεί μόνο η μία από τις 3 γεννήτριες. Επομένως όπως διαφαίνεται η λειτουργία μπορεί να διαμεριστεί και ισόποσα σε κάθε γεννήτρια, ώστε να αποφευχθούν τυχών αστοχίες. Τα φωτοβολταϊκά πάνε όπως διαφαίνεται παράγουν ενέργεια όλον το χρόνο και κυρίως από τις 7:00 έως τις 18:00. Αντίθετα οι Α/Γ σταθερά παράγουν αρκετή ενέργεια καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Η συνεχόμενη ισχύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε όλο το έτος οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ένταξη των συσσωρευτών, αφού έτσι δεν διακόπτεται η λειτουργία τους. Συγχρόνως όμως οι μπαταρίες εξυπηρετούν και κάποια τμήματα της ζήτησης του φορτίου έχοντας 1 ώρα αυτονομία όπως και στο προηγούμενο σενάριο.



**Εικόνα 105: Κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών ετησίως.**

## Εκπομπές:

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	38,182,094	kg/yr
Carbon Monoxide	172,489	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	9,155	kg/yr
Particulate Matter	1,475	kg/yr
Sulfur Dioxide	93,239	kg/yr
Nitrogen Oxides	33,058	kg/yr

Εικόνα 106: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου

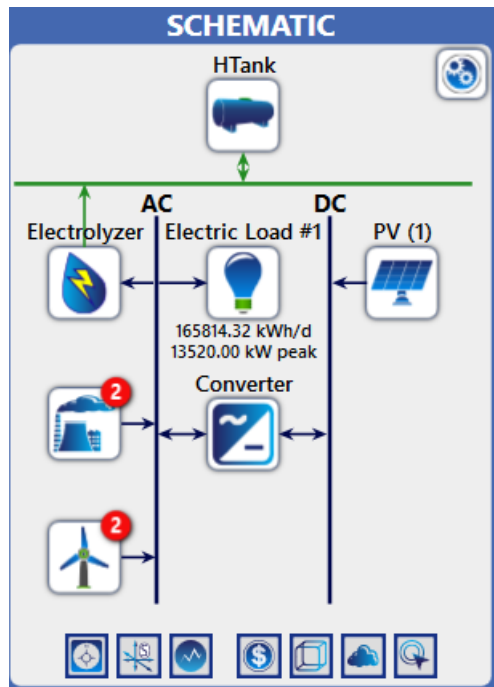
Παρατηρείται ότι οι συνολικές εκπομπές του συστήματος ειδικά όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα είναι ιδιαίτερα πιο χαμηλές συγκριτικά με το υπάρχων σύστημα.

### 6.5.4 Σενάριο Τρίτο

Στην συνέχεια των αναλύσεων που πραγματοποιούνται σε αυτή την εργασία, θα μελετηθεί η εισροή και η παραγωγή υδρογόνου στην παρούσα εγκατάσταση. Το υδρογόνο θεωρείται ότι είναι το μέλλον της αποθήκευσης ενέργειας. Το υδρογόνο έχει την δυνατότητα να αποθηκευτεί τεράστιες ποσότητες ενέργειας για μακροχρόνια αποθήκευση και χρήση, κάτι που δεν μπορούν να προσφέρουν οι τωρινές τεχνολογίες συσσωρευτών. Στο ήδη υπάρχων σύστημα της Λήμνου λοιπόν, έγιναν οι εξής μετατροπές για να μπορέσει να είναι δυνατή η παραγωγή υδρογόνου.

- Προστέθηκε ένα ηλεκτροκλύτης, ο οποίο παράγει υδρογόνο μέσω της διάσπασης νερού
- Προστέθηκε σταθμός αποθήκευσης υδρογόνου, κατά κύριο λόγο αφορά δεξαμενές με ανθρακονήματα ώστε να μπορεί να διατηρηθεί σταθερή η πίεση του δοχείου, καθώς το υδρογόνο έχει πολύ μεγάλο δείκτη διαφυγής.
- Προστέθηκε σταθμός με Fuel-Cell, ώστε να διοχετεύεται το παραγόμενο υδρογόνο.
- Προσθήκη νέων ανεμογεννητριών τύπου Vestas V47 [660kW], που μπορούν να παράξουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας ώστε να διευκολύνεται η παραγωγή πράσινου υδρογόνου.
- Αντικατάσταση των φωτοβολταϊκών μονάδων του νησιού με νέα και πιο εξελιγμένα Φ/Β.





Εικόνα 107: Αρχιτεκτονική του 3ου σεναρίου.

Αρχικά πρέπει να σημειωθεί ότι η επένδυση επειδή έχει μεγάλο κόστος θα πρέπει να μελετηθεί σε διάστημα 25ετίας και εν τέλει αν όντως έχει νόημα στροφή προς τα συστήματα υδρογόνου. Σύμφωνα με το λογισμικό homer-Pro και την σειρά βελτιστοποιήσεων που πραγματοποίησε το ολικό σύστημα περιλαμβάνει 9038 kW φωτοβολταϊκά, 3,5 MW Fuel Cell μια συμβατική γεννήτρια των 6,514 MW που προϋπάρχει στο νησί, τις 3 ανεμογεννήτριες τύπου Enercon-44 ( 900 kW) και την προσθήκη 7 ανεμογεννητριών τύπου Vestas V47 [660kW]. Το καθαρό παρόν κόστος τη όλη εγκατάσταση αγγίζει τα 144 εκατ. € ενώ το λειτουργικό κόστος ξεπερνά τα 10 εκατ. €. Σημαντικό γεγονός είναι ότι η αξία της κίλοβατώρας είναι ιδιαίτερα μεγάλη για να μπορέσει να ανταποκριθεί ο κόσμος . Ωστόσο η συγκεκριμένη τιμή δεν απέχει πολύ από τις τιμές που υπήρξαν στην ελληνική αγορά τον χειμώνα του 2022, ανεξαρτήτως των κρατικών επιδοτήσεων, οι οποίες βρίσκουν το τέλμα τους έπειτα από τις διάφορες συστάσεις της Ευρωζώνης.

Επομένως η επένδυση δεν είναι βιώσιμη τουλάχιστον για την παρούσα χρονική στιγμή, καθώς πέρα από την μεγάλο κόστος του εκάστοτε στοιχείου γύρω από το υδρογόνο και την απαραίτητη αύξηση της παραγωγής, σε περιοχές όπως η Λήμνος θα πρέπει να υπάρχουν και μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες θα φιλτράρουν το νερό. Αυτές οι εγκαταστάσεις ανεβάζουν κατά πολύ το συνολικό κόστος της επένδυσης ωστόσο θα βοηθούσαν και στο πρόβλημα λειψυδρίας του νησιού.

Υβριδικό Μικροδίκτυο 3	Ποσότητα	Καθαρό παρόν κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/χρόνο)	LCOE (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (kg)
Φωτοβολταϊκό	9038 kW	143.622.700	11.353.960	0,2484	52.343 H2
Fuel Cell	3500 kW				7.231.484 HFO
Wartsila NSD18 (6,514 MW)	1				
Enercon E-44 [900kW]	3				
Vestas V47 [660kW]	7				

Πίνακας 17: Βελτιστοποιημένο σενάριο

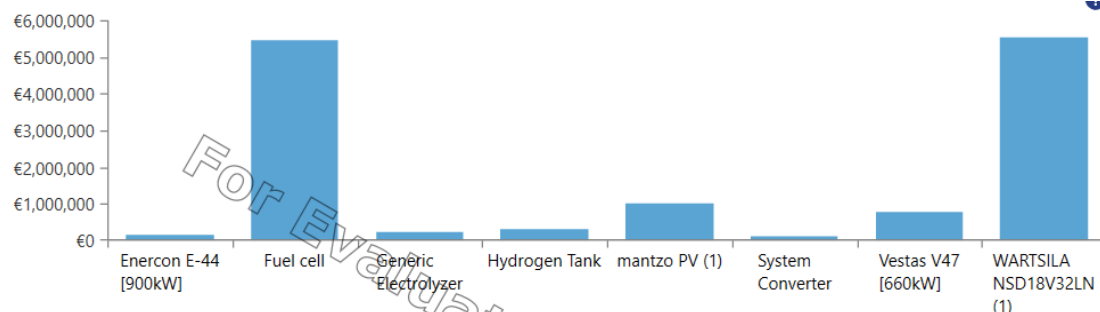
**Οικονομικά Στοιχεία:**

Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▶ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€621,226.02	€1,186,965.14	€0.00	-€315,089.69	€1,493,101.47
▶ Fuel cell	€3,500,000.00	€0.00	€54,283,872.49	€0.00	-€333,360.89	€57,450,511.60
▶ Generic Electrolyzer	€1,800,000.00	€501,054.43	€189,914.42	€0.00	-€76,385.38	€2,414,583.47
▶ Hydrogen Tank	€2,800,000.00	€0.00	€633,048.08	€0.00	€0.00	€3,433,048.08
▶ mantzo PV (1)	€9,038,285.32	€1,512,408.88	€1,048,972.69	€0.00	-€767,103.17	€10,832,563.72
▶ System Converter	€1,147,026.99	€295,639.38	€0.00	€0.00	-€45,070.01	€1,397,596.36
▶ Vestas V47 [660kW]	€5,544,000.00	€966,351.58	€2,215,668.26	€0.00	-€490,139.52	€8,235,880.33
▶ WARTSILA NSD18V32LN (1)	€0.00	€9,302,457.58	€16,598.85	€49,135,883.33	-€89,487.59	€58,365,452.17
System	€23,829,312.31	€13,199,137.87	€59,575,039.93	€49,135,883.33	-€2,116,636.25	€143,622,737.19

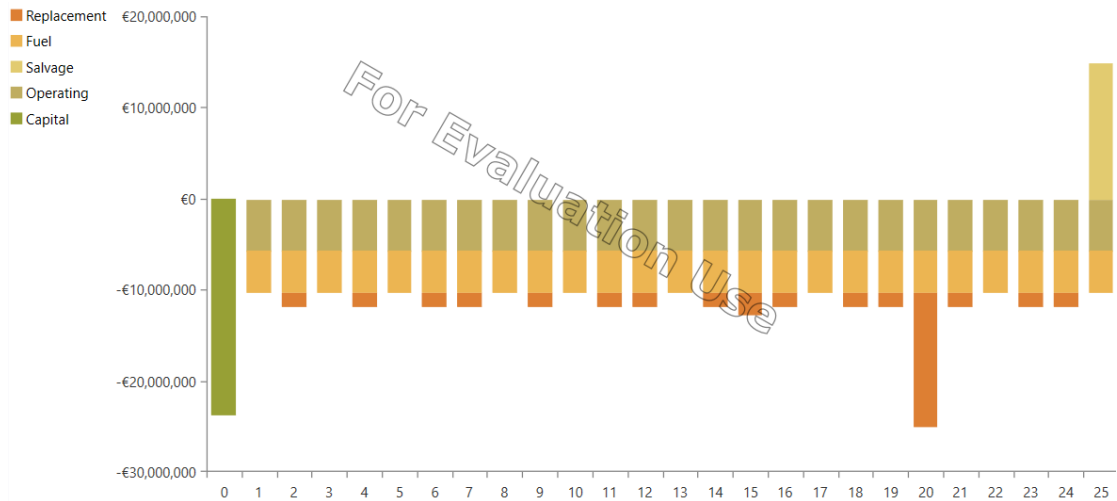
Εικόνα 108: α κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po

Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▶ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€58,879.51	€112,500.00	€0.00	-€29,864.05	€141,515.46
▶ Fuel cell	€331,728.36	€0.00	€5,145,000.00	€0.00	-€31,595.79	€5,445,132.57
▶ Generic Electrolyzer	€170,603.16	€47,489.70	€18,000.00	€0.00	-€7,239.77	€228,853.09
▶ Hydrogen Tank	€265,382.69	€0.00	€60,000.00	€0.00	€0.00	€325,382.69
▶ mantzo PV (1)	€856,644.45	€143,345.41	€99,421.14	€0.00	-€72,705.68	€1,026,705.31
▶ System Converter	€108,714.68	€28,020.56	€0.00	€0.00	-€4,271.71	€132,463.53
▶ Vestas V47 [660kW]	€525,457.72	€91,590.35	€210,000.00	€0.00	-€46,455.19	€780,592.88
▶ WARTSILA NSD18V32LN (1)	€0.00	€881,682.57	€1,573.23	€4,657,076.00	-€8,481.59	€5,531,850.21
System	€2,258,531.06	€1,251,008.10	€5,646,494.37	€4,657,076.00	-€200,613.79	€13,612,495.74

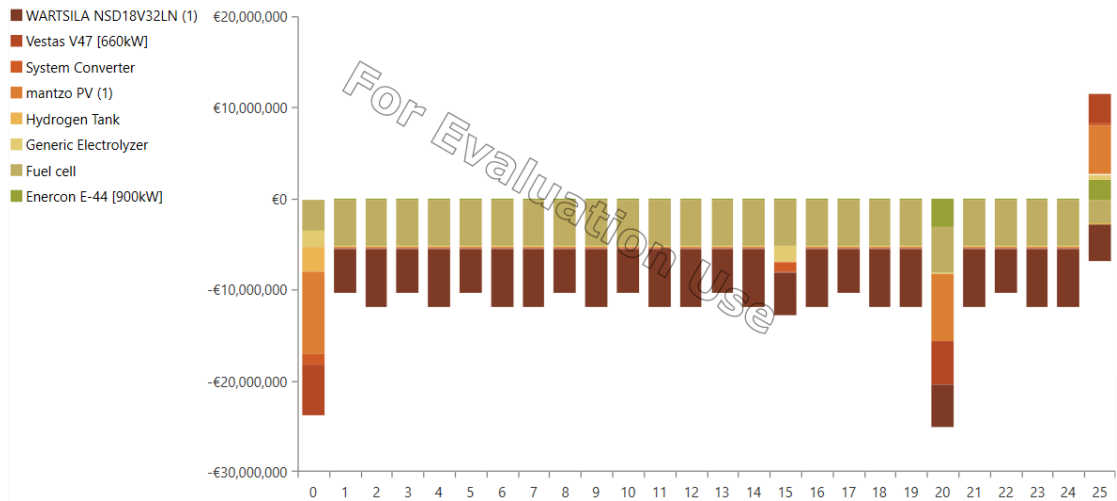
Εικόνα 109: Συνολικό κόστος για ένα έτος



Εικόνα 110: Κόστος κάθε στοιχείου για ένα έτος για το σενάριο ένταξης υδρογόνου



Εικόνα 111: Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια



Εικόνα 112: Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια

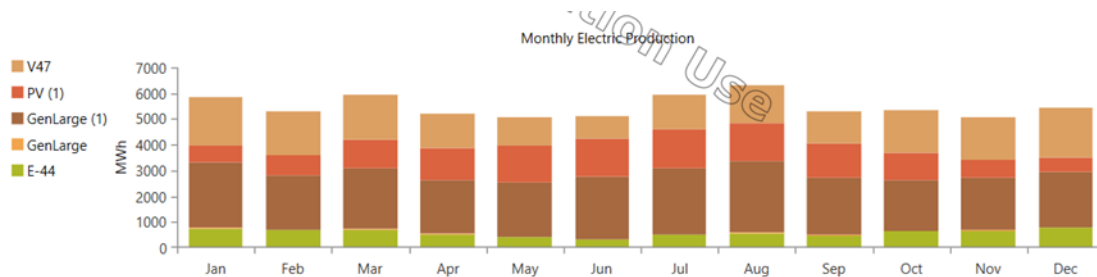
### Ενεργειακά Στοιχεία

Η απαιτούμενη ενέργεια του συνόλου του νησιού όπως έχει αναλυθεί δεν ξεπερνά κατά μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh τον χρόνο.

Παραγωγή	kWh/χρόνο	%
Φωτοβολταϊκό	13226581	20,08%
Fuel Cell	175160	0,27%
Wartsila NSD18 (4,5 MW)	27375684	41,56%
Enercon E-44 [900kW]	7042861	10,69%
Vestas V47 [660kW]	18043490	27,40%
Σύνολο	65863776	100%

Πίνακας 18: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 2 του υβριδικού μικροδικτύου



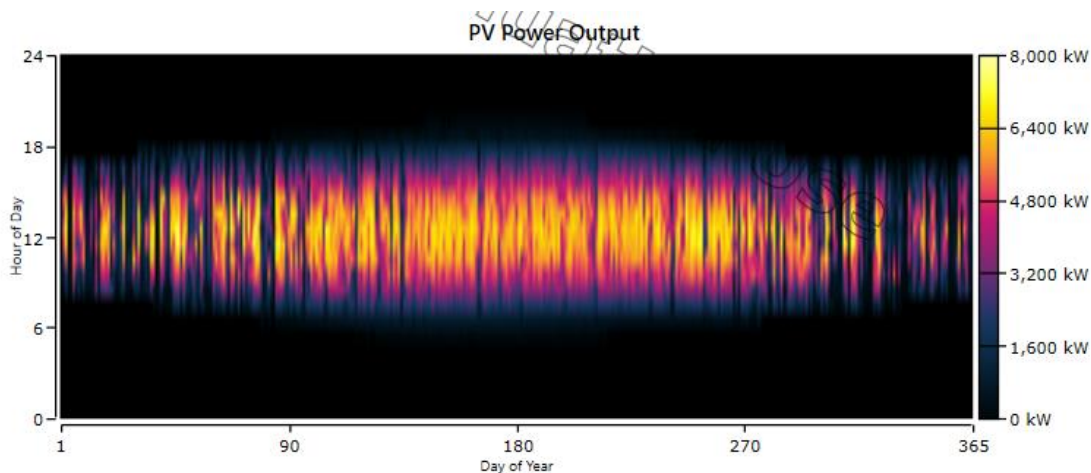


**Πίνακας 19: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο.**

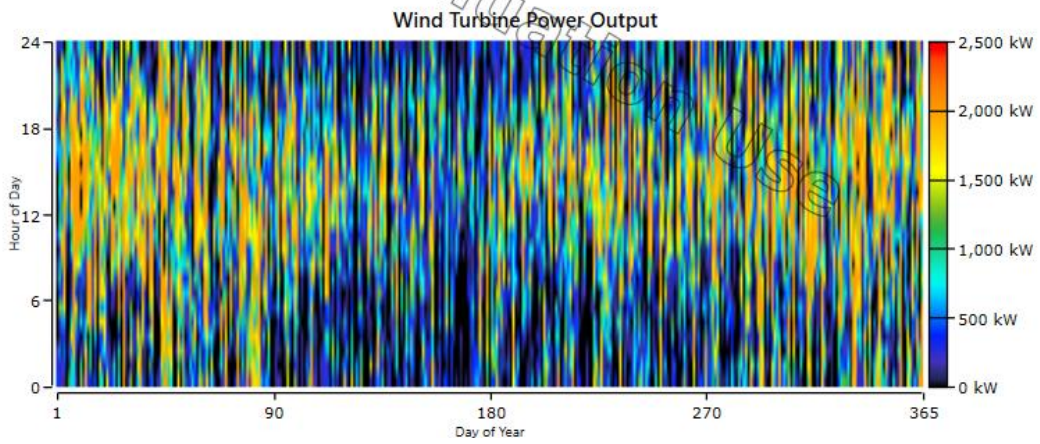
Αρχικά λοιπόν παρατηρούμε στο σύστημα μια έντονη διείσδυση Α.Π.Ε. που ξεπερνάει το 45% της συνολικής παραγόμενης ισχύς που σημαίνει ότι το σύστημα μας θα είναι ιδιαίτερα ασταθές. Ωστόσο από την έντονη διείσδυση των Α.Π.Ε. και την παρατήρηση του πως λειτουργούν και παράγουν ενέργεια όλων τον χρόνο μπορούμε να πούμε ότι το υδρογόνο έχει αντικαταστήσει επιτυχώς τους συσσωρευτές. Καθώς με αυτόν τον τρόπο δεν διακόπτεται η λειτουργία τους.

Παρατηρείται λοιπόν ότι τα ΦΒ πάνελ παράγουν ενέργεια συγκεκριμένες ώρες της ημέρας από τις 7:00 έως τις 18:00. Ενώ οι ανεμογεννήτριες φαίνεται ότι η διάρκεια λειτουργίας τους μέσα στον χρόνο είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Η διάρκεια χρήσης και λειτουργίας της συμβατικής γεννήτριας είναι ιδιαίτερα υψηλή κάτι το οποίο είναι λογικό καθώς πρέπει να εξασφαλίζεται το όριο της ηλεκτρικής ισχύος για την εύρυθμη λειτουργία του νησιού.

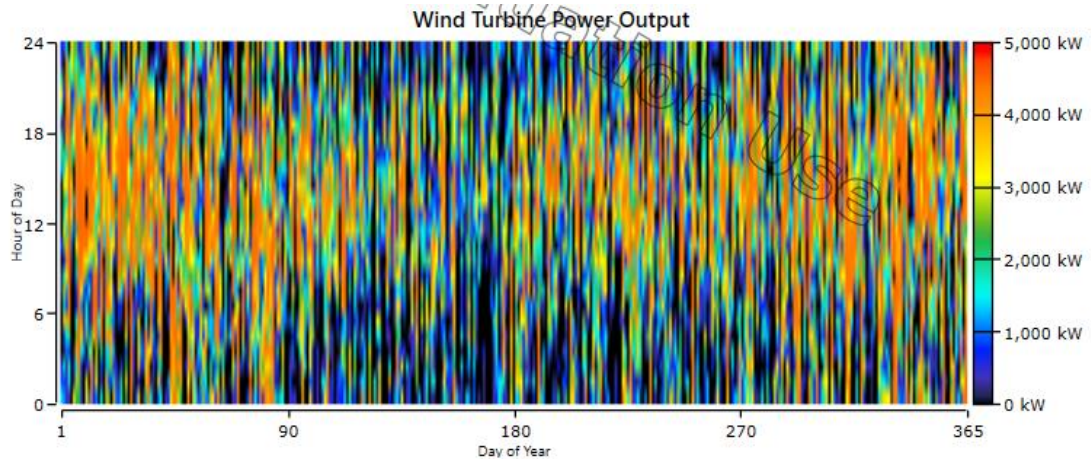
Στην προκειμένη περίπτωση και σε όποιο σύστημα μελετήθηκε παρατηρούμε πολύ μικρή εισροή ηλεκτρικής ενέργειας από το συνολικό σύστημα υδρογόνου. Αυτό μας οδεύει στο συμπέρασμα ότι οι τεχνολογίες και η αναλυτική σκέψη του ανθρώπου πρέπει να ωθούν μακριά από την χρήση του υδρογόνου για ηλεκτροπαραγωγή καθώς δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική, αλλά ιδιαίτερα κοστοβόρα



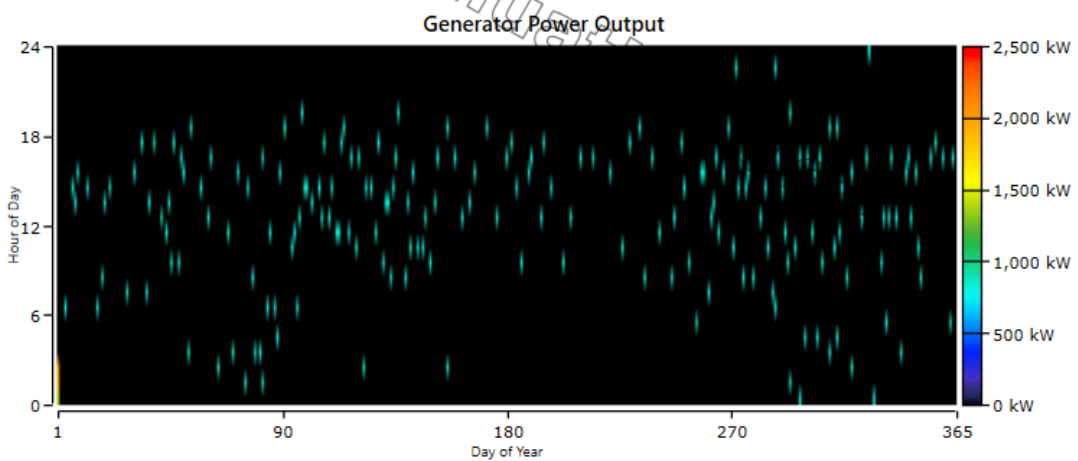
**Εικόνα 113: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους**



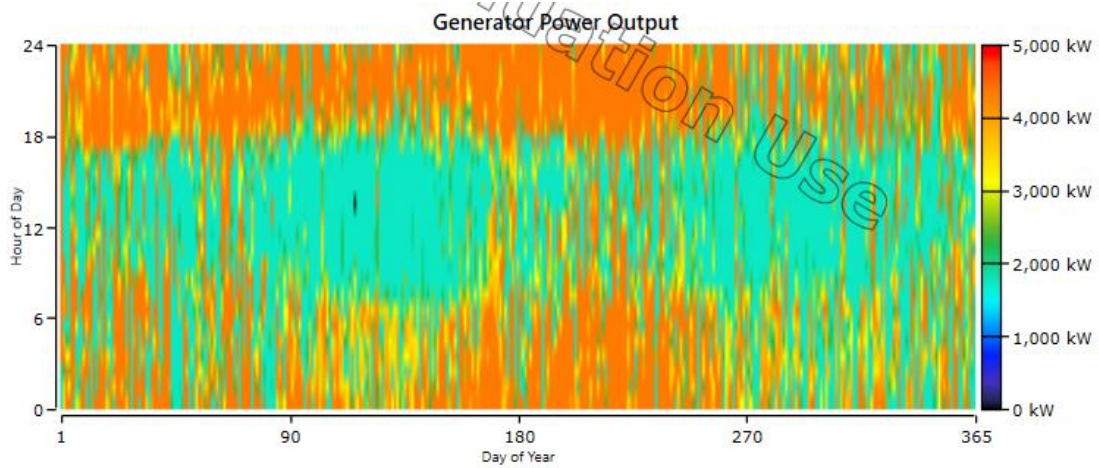
Εικόνα 114: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους



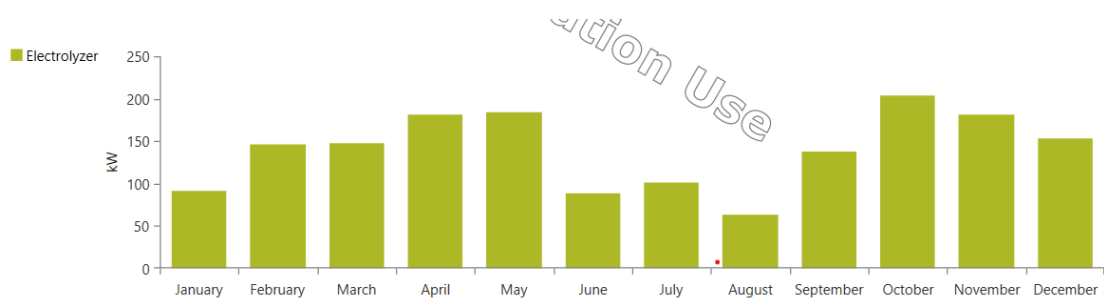
Εικόνα 115: Παραγόμενη Ισχύς από τις εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Vestas 660 kW κατά την διάρκεια του έτους



Εικόνα 116: Παραγόμενη Ισχύς από την εγκατάσταση των Fuel-Cell του κατά την διάρκεια του έτους.



**Εικόνα 117:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένη συμβατική μονάδα Wartsila NSD18 (6,514 MW) 1 κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 118:** Παραγωγή υδρογόνου μέσα στο έτος

**Εκπομπές:**

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	21,715,944	kg/yr
Carbon Monoxide	98,812	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	5,244	kg/yr
Particulate Matter	845	kg/yr
Sulfur Dioxide	53,030	kg/yr
Nitrogen Oxides	18,938	kg/yr

**Εικόνα 119:** Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου

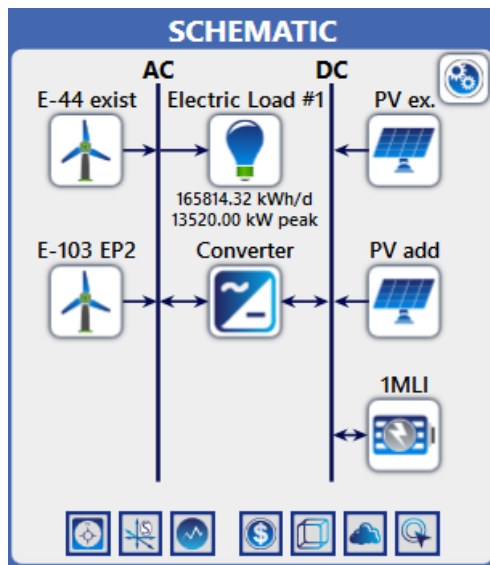
Πρέπει να σημειωθεί όμως η αισθητή μείωση συγκριτικά με όλα τα προηγούμενα σενάρια στις αέριους ρύπους, ειδικά στο διοξείδιο του άνθρακα που έχει μειωθεί σχεδόν κατά 50%.

### 6.5.5 Σενάριο Τέταρτο

Το τέταρτο σενάριο το οποίο θα είναι και το τελικό σενάριο όσον αφορά τα αυτόνομα υβριδικά μικροδίκτυα που εξετάσαμε, θα αφορά την ολική απεξάρτηση από τις συμβατικά καύσιμα και τις γεννήτριες. Ουσιαστικά το όλο εγχείρημα θα αφορά στην πρόσδοση μόνο «πράσινης» ενέργειας ώστε να καλυφθεί η ενεργειακή ζήτηση της Λήμνου. Η παραγόμενη ενέργεια θα παράγεται εξολοκλήρου από φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες με την σύγχρονη συμμετοχή διάφορων συσσωρευτών, με σκοπό την πρόσδοση ενέργειας τις ημέρες που δεν διατίθεται ηλεκτροπαραγωγή απευθείας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στο σύστημα της Λήμνου βρίσκονται ήδη 1889 kW φωτοβολταϊκών σταθμών και 3 ανεμογεννήτριες 900 kW. Προφανώς αυτή η εγκατεστημένη ισχύ πρέπει να αυξηθεί δραματικά ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του νησιού. Στο σύστημα θα υπάρχουν κάποιες εφεδρικές γεννήτριες ώστε να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ηλεκτροπαραγωγή σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Ειδικότερα έχουν αναφερθεί οι στόχοι για το 2030 και το 2050, και πως βαδίζουμε στην ενεργειακή ουδετερότητα, ο μόνος τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι μέσω της χρήσης των Α.Π.Ε. Για αυτό προσομοιώνεται ένα καθαρό σύστημα με μηδενικούς ρύπους και με την βέλτιστη τιμή της κιλοβατώρας. Ωστόσο το σενάριο παραμένει υποθετικό τουλάχιστον μέχρι και σήμερα, καθώς είναι αδύνατο ένα 'ολόκληρο σύστημα ηλεκτροδότησης να στηριχθεί μόνο σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας



Εικόνα 120: Αρχιτεκτονική του 4ου σεναρίου

Σύμφωνα με τα στοιχεία που ορίστηκαν στο Homer-Pro ώστε να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί πρόκυψε ότι το σύστημα αποτελείται από:

Υβριδικό Μικροδίκτυο 2	Ποσότητα	Αρχικό Κεφάλαιο (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/χρόνο)	LCOE (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (kg)
Φωτοβολταϊκό	1889 kW	81.441.090	1.761.368	0,1276	0
Φωτοβολταϊκό προσθήκη	14265 kW				
Enercon E-103 EP2 (2350 MW)	9				
Enercon E-44 [900kW]	3				
Συσσωρευτής 1 MWh	38				

Πίνακας 20: Βελτιστοποιημένο σενάριο 4

Πέρα από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πλέον συμβατικές μονάδες παραγωγής, στο βέλτιστο σύστημα χρειάζεται να προστεθούν ακόμα 14,262 MW φωτοβολταϊκών στοιχείων, 9 ανεμογεννήτριες των 2,35 MW και 38 συσσωρευτές ιόντων λιθίου. Η επιλογή μεγαλύτερων ανεμογεννητριών έγινε σκόπιμο ώστε να μπορέσουν αξιοποιηθούν οι ταχύτεροι άνεμοι που βρίσκονται στα υψηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιράς, ο σκοπός παραμένει ο ίδιος που είναι η παραγωγή περισσότερης ενέργειας. Η ίδια λογική ακολουθήθηκε και με την τεχνολογία των συσσωρευτών καθώς ναι μεν χρησιμοποιήθηκαν μπαταρίες ιόντων λιθίου, αλλά με καλύτερη αποθηκευτική ικανότητα που αγγίζει τις 4 ώρες.

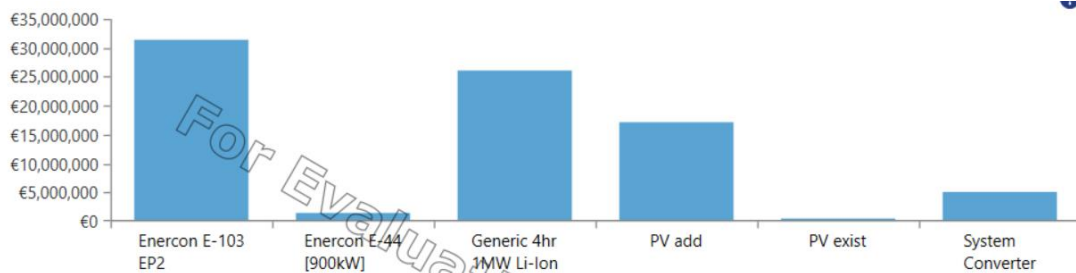
Το καθαρό παρόν κόστος φτάνει τα 81.441.090 €, το κόστος λειτουργία για κάθε χρόνο ανέρχεται στα 1.761.368 €, ενώ το αρχικό κεφάλαιο για την υλοποίηση της επένδυσης είναι τα 62.857.237 €. Όπως αναφέρθηκε το καταναλισκόμενο καύσιμο είναι μηδενικό όπως και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η διάρκεια επένδυσης αφορά τα 25 χρόνια , καθώς και διασύνδεση να υπάρξει τα παραπάνω στοιχεία θα παραμείνουν στο σύστημα της Λήμνου ώστε να διοχετεύουν ενέργεια στο δίκτυο, ειδικά οι ανεμογεννήτριες Enercon E-103 EP2 (2350 MW). Η επένδυση από άποψη οικονομική είναι βιώσιμη ειδικά με την τιμή της κिलοβατώρας να κυμαίνεται στα 0,1276 €/kWh.



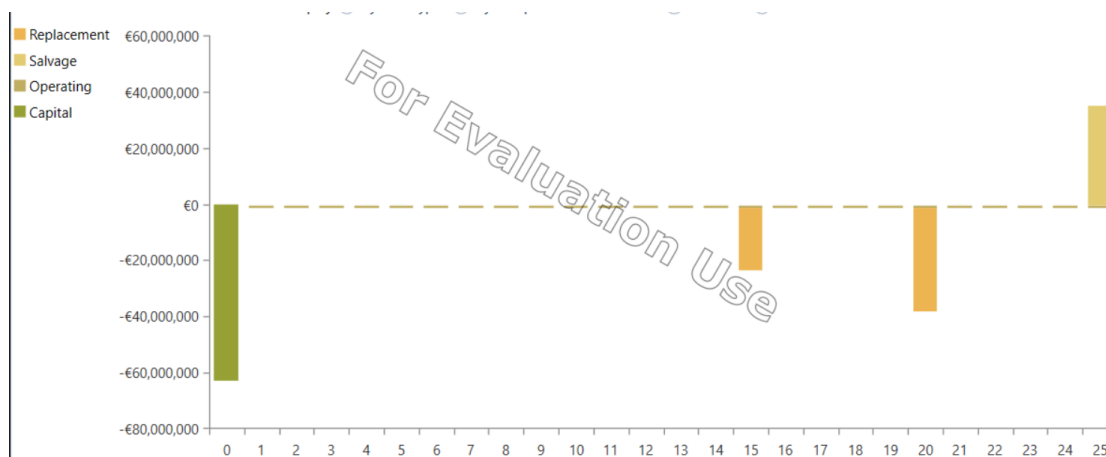
Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ Enercon E-103 EP2	€2,405,504.51	€419,293.49	€360,000.00	€0.00	-€212,668.26	€2,972,129.74
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€58,879.51	€112,500.00	€0.00	-€29,864.05	€141,515.46
▷ Generic 4hr 1MW Li-Ion	€1,800,811.10	€556,978.01	€190,000.00	€0.00	-€84,910.89	€2,462,878.22
▷ PV add	€1,352,020.72	€226,238.50	€156,913.92	€0.00	-€114,749.57	€1,620,423.57
▷ PV exist	€0.00	€29,959.16	€20,779.00	€0.00	-€15,195.47	€35,542.69
▷ System Converter	€399,243.20	€102,902.56	€0.00	€0.00	-€15,687.42	€486,458.34
System	€5,957,579.52	€1,394,251.23	€840,192.92	€0.00	-€473,075.67	€7,718,948.01

Εικόνα 121: Συνολικό κόστος για ένα έτος

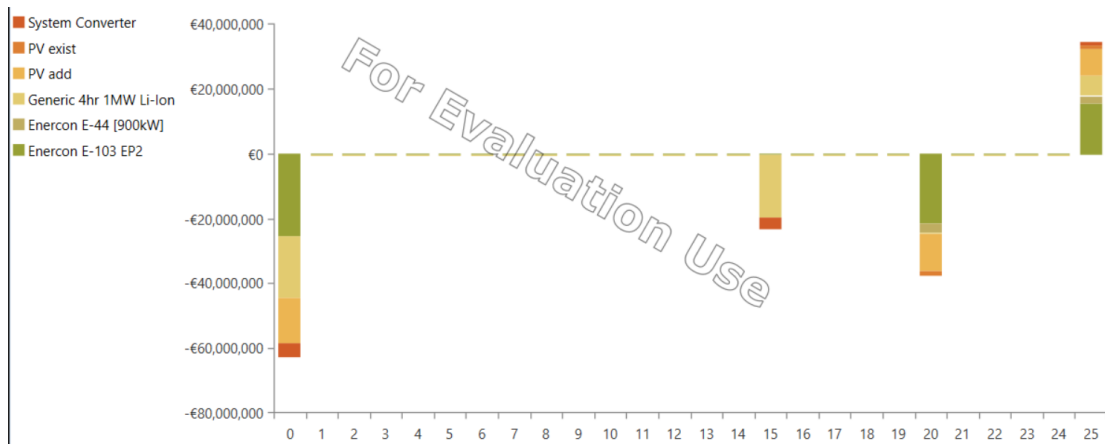


Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ Enercon E-103 EP2	€25,380,000.00	€4,423,882.24	€3,798,288.45	€0.00	-€2,243,820.53	€31,358,350.16
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€621,226.02	€1,186,965.14	€0.00	-€315,089.69	€1,493,101.47
▷ Generic 4hr 1MW Li-Ion	€19,000,000.00	€5,876,564.28	€2,004,652.24	€0.00	-€895,877.91	€25,985,338.60
▷ PV add	€14,264,901.90	€2,386,997.49	€1,655,567.58	€0.00	-€1,210,699.95	€17,096,767.03
▷ PV exist	€0.00	€316,093.18	€219,235.10	€0.00	-€160,324.43	€375,003.86
▷ System Converter	€4,212,335.66	€1,085,704.44	€0.00	€0.00	-€165,514.85	€5,132,525.26
System	€62,857,237.56	€14,710,467.66	€8,864,708.52	€0.00	-€4,991,327.35	€81,441,086.38

Εικόνα 122: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po



Εικόνα 123: Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια



Εικόνα 124: Ετήσιες Χρηματοροές του κάθε στοιχείου για 25 χρόνια

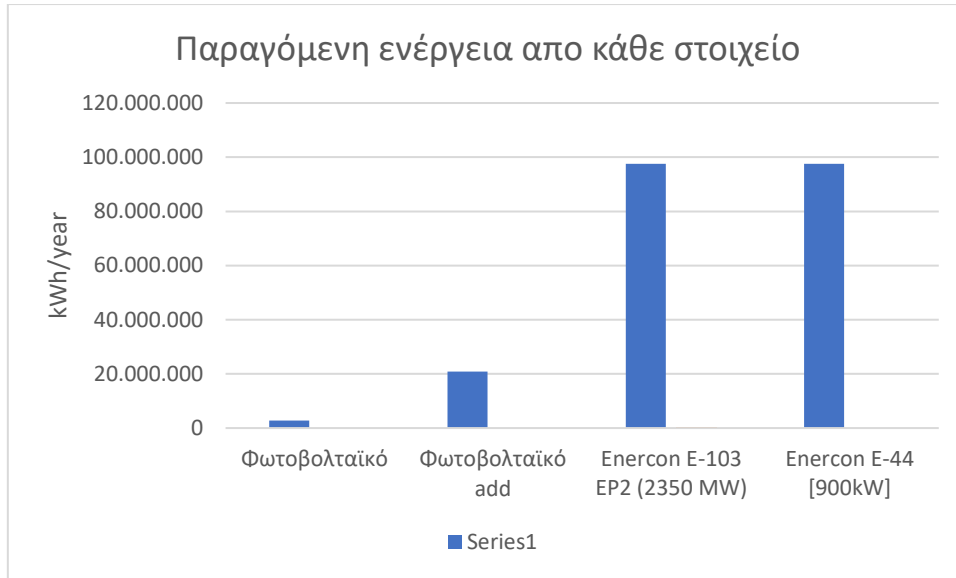
### Ενεργειακά Στοιχεία:

Η απαιτούμενη ενέργεια του συνόλου του νησιού όπως έχει αναλυθεί δεν ξεπερνά κατά μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh τον χρόνο.

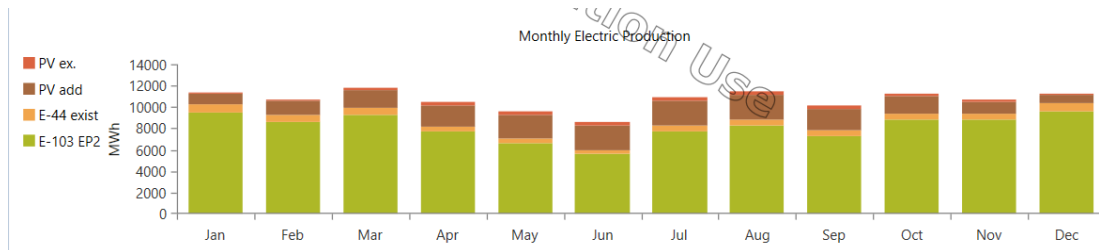
Παραγωγή	kWh/χρόνο	%
Φωτοβολταϊκό	2.763.354	2,15
Φωτοβολταϊκό προσθήκη	20.875.186	16,3
Enercon E-103 EP2 (2350 MW)	97.571.123	76,1
Enercon E-44 [900kW]	97.571.123	5,48
Σύνολο	128.233.145	100%

Πίνακας 21: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 2 του υβριδικού μικροδικτύου



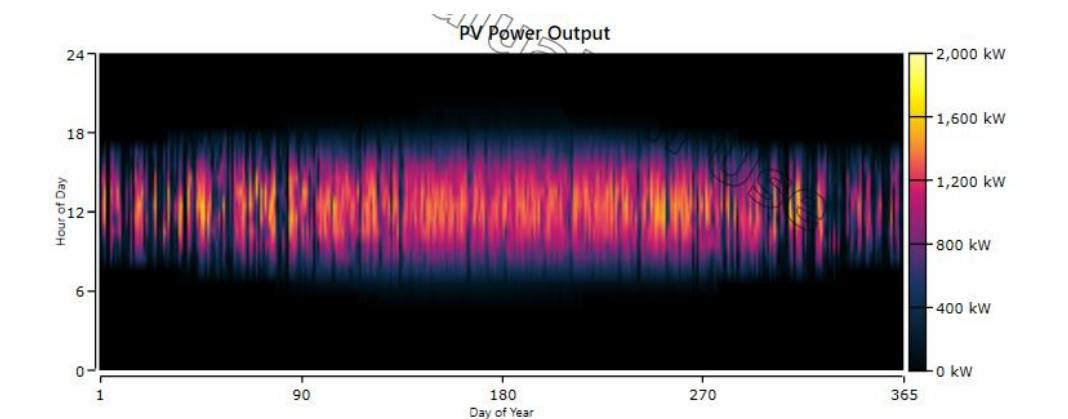


**Διάγραμμα 15: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου 4 του υβριδικού μικροδικτύου**

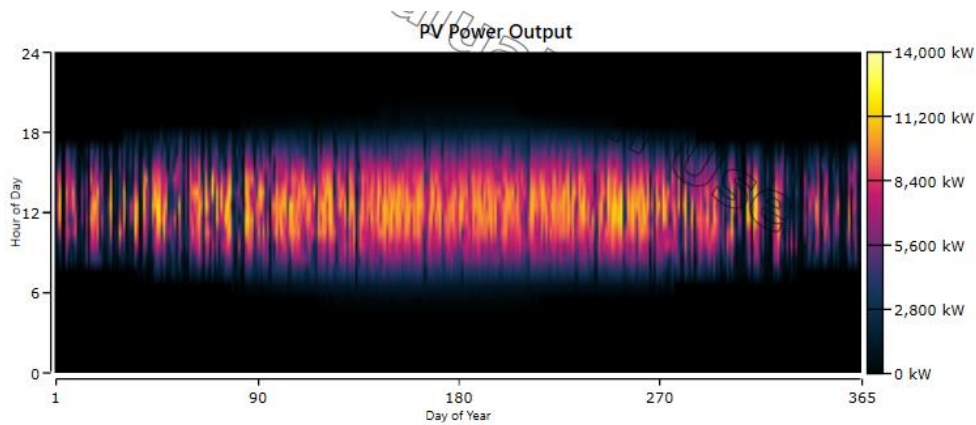


**Εικόνα 125: Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο.**

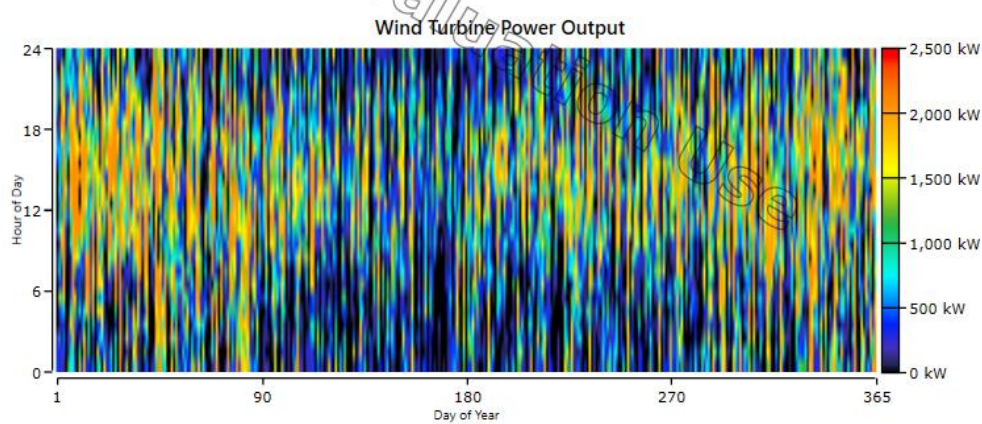
Ένα μεγάλο ποσοστό το οποίο φτάνει το 50% της ολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, ουσιαστικά οι 60.000 MWh θεωρούνται και είναι περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτή την ισχύ μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό μπορεί να θεωρηθεί απορριπτέα ισχύ. Ακολουθούν η ενεργειακή παραγωγή ανά ώρα του χρόνου για το κάθε στοιχείο του μικροδικτύου.



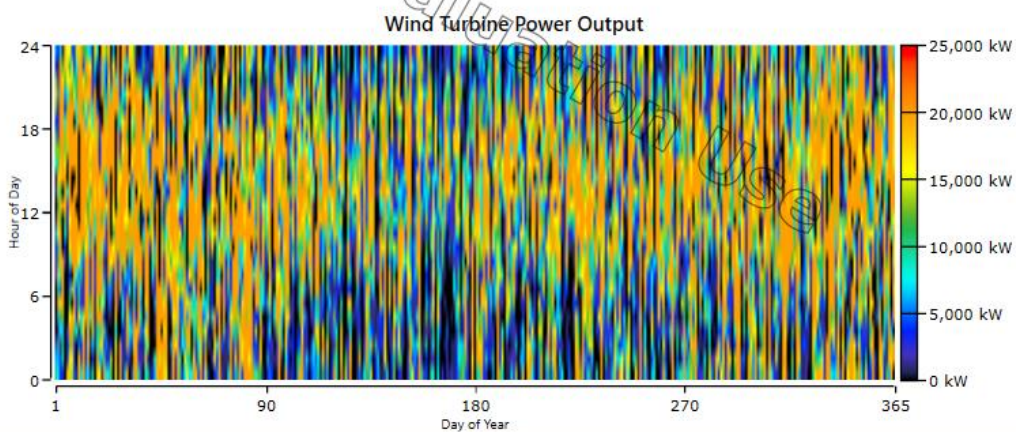
**Εικόνα 126: Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους**



Εικόνα 127 : Παραγόμενη Ισχύς από τα προστιθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



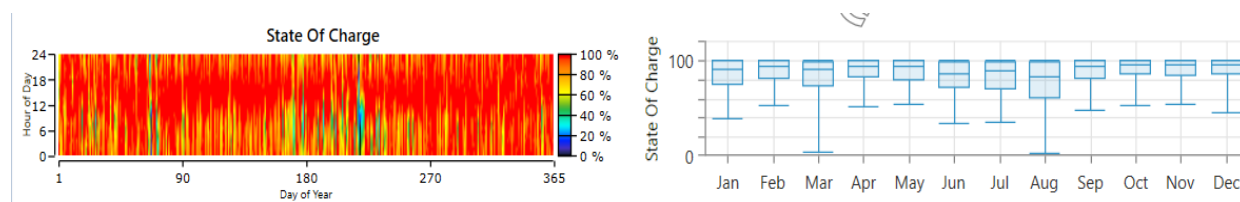
Εικόνα 128: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους



Εικόνα 129: Παραγόμενη Ισχύς από τις εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom- E-103 EP2 (2350 MW) κατά την διάρκεια του έτους

Όπως και στα υπόλοιπα σενάρια το φάσμα ωρών λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πάνελ μέσα στο χρόνο κυμαίνεται από τις 07:00 έως τις 18:00. Ενώ όπως γνωρίζουμε ήδη το αιολικό δυναμικό της Λήμνου είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό. Οι συσσωρευτές που εγκαταστάθηκαν προσφέρουν ασφάλεια και σταθερότητα στο σύστημα. Είναι ο μόνος λόγος που

παρατηρείται η συνεχή παραγωγή ενέργειας και η αδιάλειπτη λειτουργία των Α.Π.Ε. Αφού είναι γεγονός ότι και ο αέρας, αλλά και ο ήλιος είναι στοχαστικά φαινόμενα.



Εικόνα 130: Κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών ετησίως.

Εικόνα: Κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή κατά την διάρκεια του χρόνου.

### Εκπομπές Αερίων:

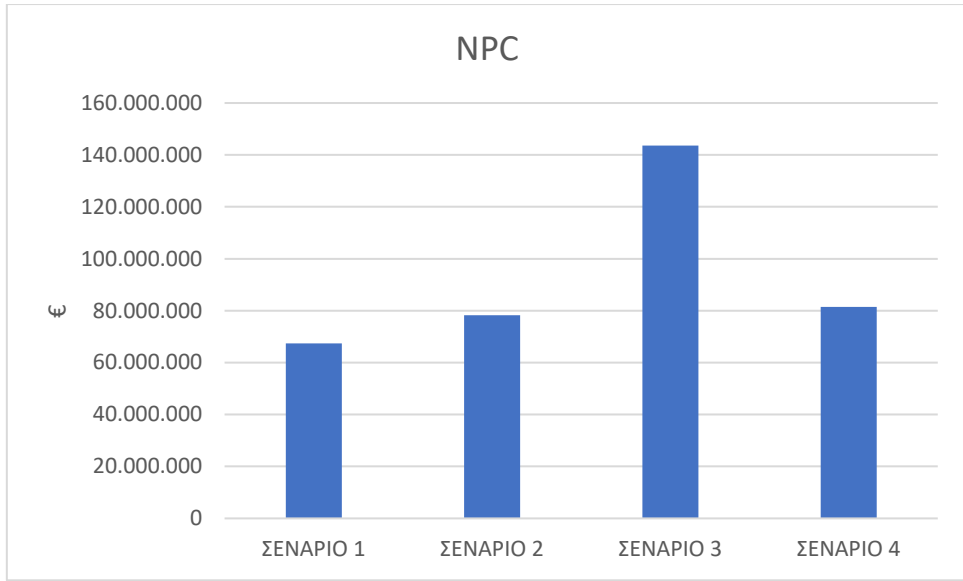
Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Εικόνα 131: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου

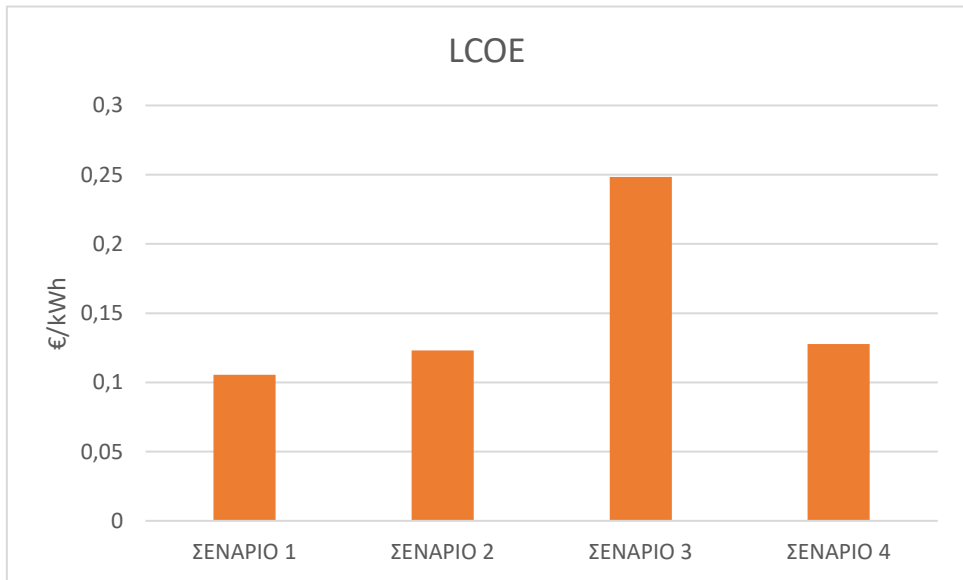
### 6.5.6 Σύγκριση των αυτόνομων υβριδικών μικροδικτύων

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα σύστημα ώστε να επιλεγεί:

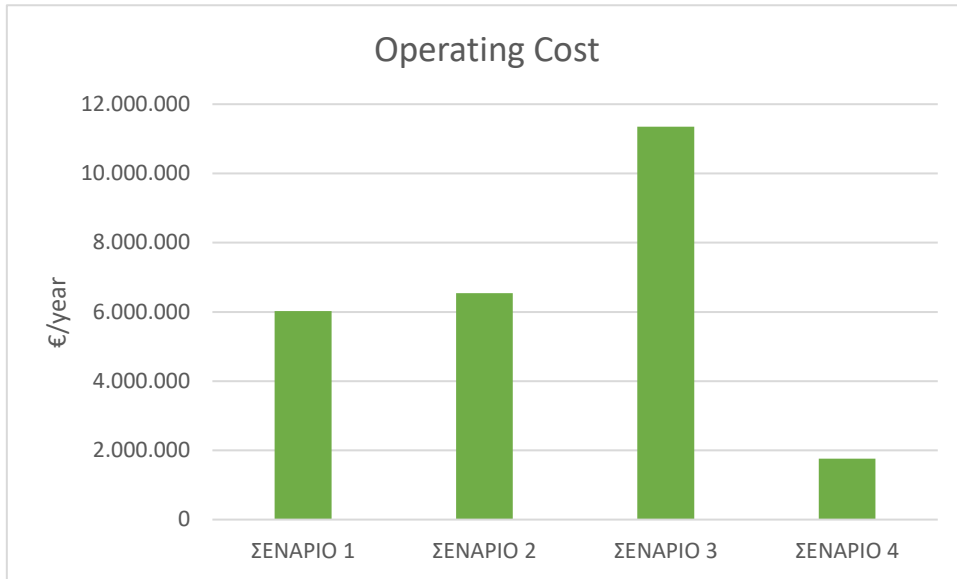
- Χαμηλότερο καθαρό παρόν κόστος (NPC)
- Το ελάχιστο δυνατό κόστος ενέργειας (LCOE)
- Να διατρέχεται από υψηλή διείδυση Α.Π.Ε.
- Μικρή έλλειψη στην χωρητικότητα ισχύος
- Μικρή περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας



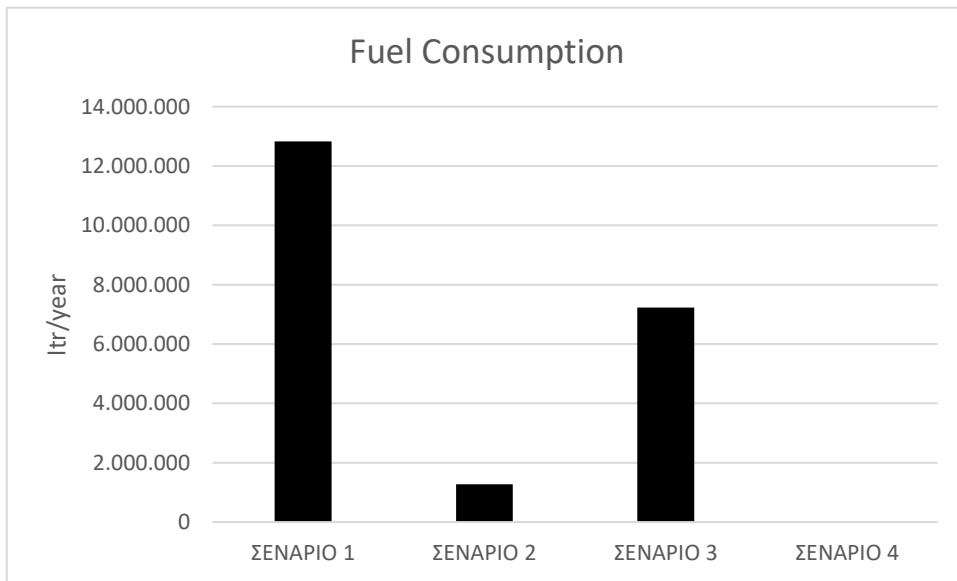
**Διάγραμμα 16: Σύγκριση με βάση το NPC**



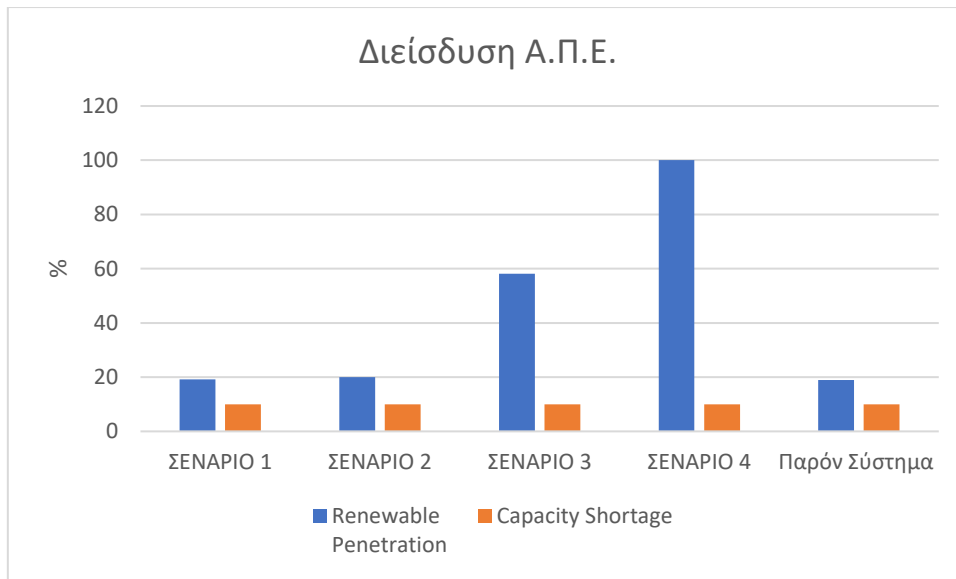
**Διάγραμμα 17Q Σύγκριση σεναρίων βάση LCOE.**



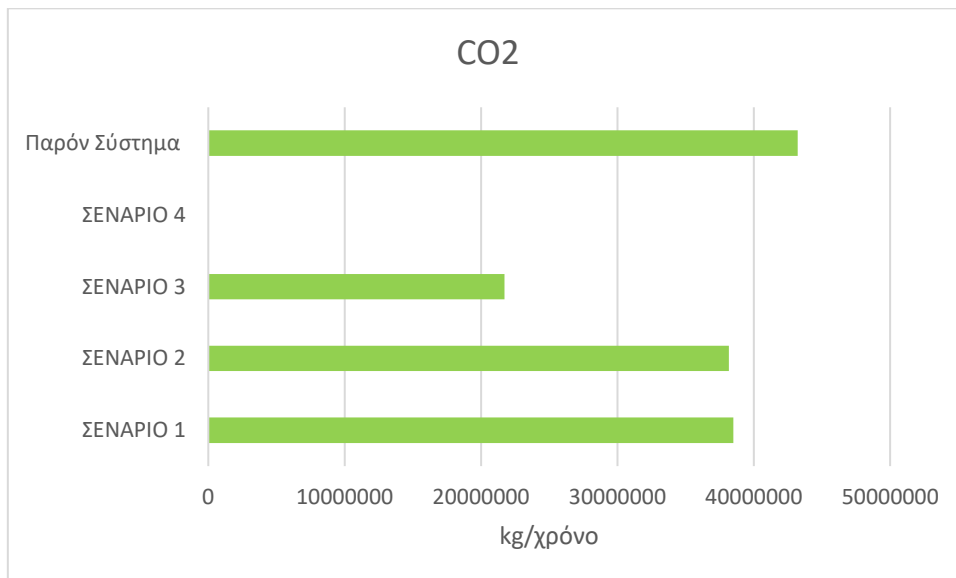
**Διάγραμμα 18: Σύγκριση σεναρίων βάση του κόστους λειτουργίας του συστήματος**



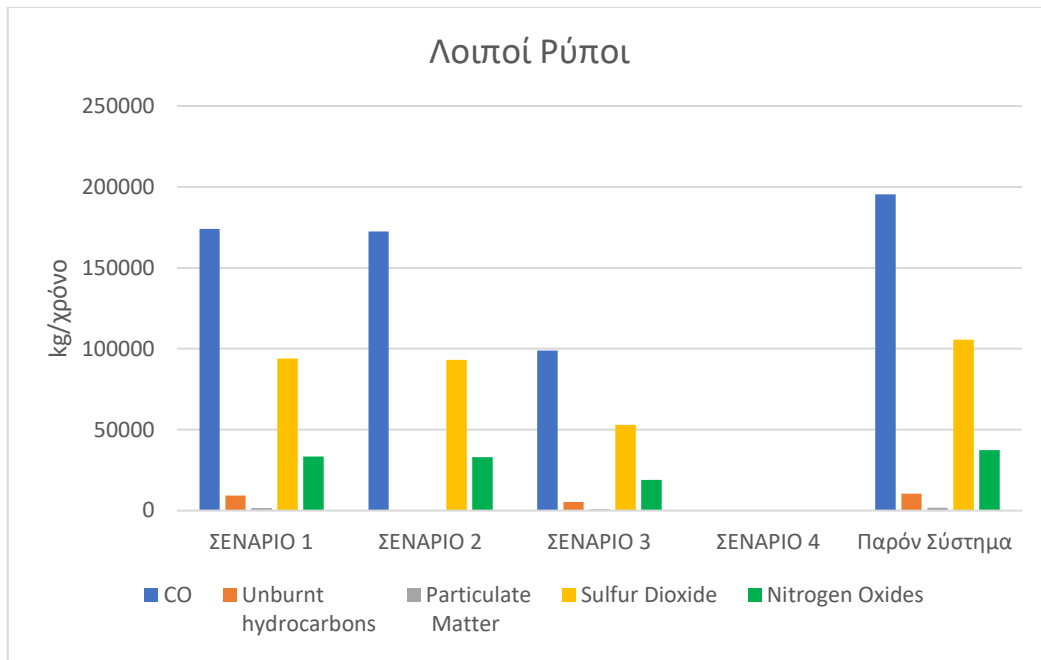
**Διάγραμμα 19: Σύγκριση σεναρίων βάση της κατανάλωσης καυσίμου .**



**Διάγραμμα 20: Σύγκριση σεναρίων βάση της Διείσδυσης των ΑΠΕ.**



**Διάγραμμα 21: Σύγκριση σεναρίων βάση το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα.**



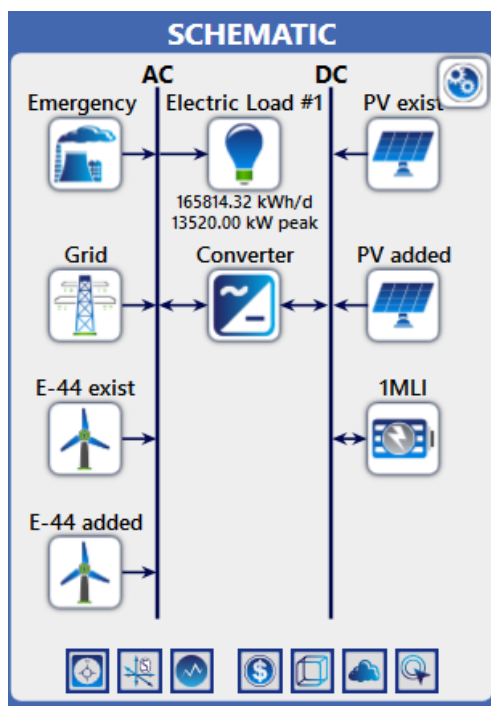
**Διάγραμμα 22: Σύγκριση συστημάτων βάση των ρύπων τους.**

### 6.5.7 Σενάριο Διασύνδεση με το Εθνικό Δικτύου

Πριν αποτυπωθεί η τελική αξιολόγηση και επιλογή του βέλτιστου σεναρίου, θα εξετασθεί η περίπτωση διασύνδεσης του νησιού με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Στην προκειμένη μελέτη δεν έχουν υπολογιστεί στο αρχικό κεφάλαιο και στο καθαρό παρόν κόστος (NPC), το επενδυτικό κόστος που απαιτείται, ώστε να πραγματοποιηθεί η διασύνδεση του νησιού. Όπως είναι γνωστό την διασύνδεση την έχει αναλάβει το Ελληνικό κράτος με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του ταμείου ανάκαμψης. Στην παρούσα κατάσταση όλες οι ήδη εγκατεστημένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του νησιού, δηλαδή τα 1889 kW Φ/Β και οι 3 ανεμογεννήτριες θα διατηρηθούν, με την πιθανή αντικατάστασή τους μέσα σε βάθος 25 ετίας. Ενώ οι γεννήτριες που υπάρχουν στο νησί θα παραμείνουν ως έχουν για την κάλυψη των αναγκών του νησιού σε έκτακτες καταστάσεις. Παραθέτοντας το homer-Pro τα παραπάνω στοιχεία και αφαιρώντας από το σύστημα μας τις μπαταρίες καθώς πλέον έχει διασυνδεθεί το νησί, το λογισμικό βελτιστοποιεί τα παραπάνω αποτελέσματα.

Ωστόσο στην προκυμμένη περίπτωση όπως έχει ξανά αναφερθεί παλαιότερα η διασύνδεση της Λήμνου δεν προσφέρει μόνο αδιάκοπη ενέργεια και αξιοπιστία στους κατοίκους, αλλά δίνει την δυνατότητα στο νησί να τοποθετήσει μεγαλύτερη ισχύ ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Γιατί πλέον η περίσσεια ενέργεια που θα παράγεται από τις Α.Π.Ε. θα προωθείται πίσω στο δίκτυο και στην ηπειρωτική Ελλάδα.





Εικόνα 132: Αρχιτεκτονικής του σεναρίου διασύνδεσης

Υβριδικό Μικροδίκτυο 2	Ποσότητα	Καθαρόν Παρόν Κόστος (€)	Κόστος Λειτουργίας (€/χρόνο)	LCOE (€/kWh)	Κατανάλωση Καυσίμου (kg)
Φωτοβολταϊκό	1889 kW	69.039.640	4.808.628	0,09652	-
Φωτοβολταϊκό προσθήκη	6000 kW				
Enercon E-44 [900kW]	10				
Enercon E-44 [900kW]	3				
Grid Purchases	-				

Πίνακας 22: Βελτιστοποιημένο σενάριο

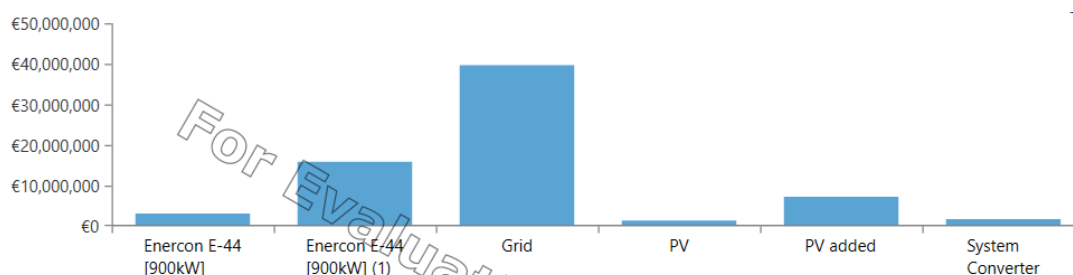
Παραπάνω παρουσιάζεται το βέλτιστο διασυνδεδεμένο σύστημα σύμφωνα με το Homer-Pro. Το βέλτιστο σύστημα αφορά την προσθήκη στο ήδη υπάρχων 6000 kW φωτοβολταϊκών στοιχείων και 10 ανεμογεννητριών τύπου Enercon-44 (900 kW). Όπως αναφέρθηκε η εγκατεστημένη ισχύ των ανανεώσιμων πηγών μπορεί να διευρυνθεί περισσότερο, ειδικά με την διασύνδεση του νησιού, ώστε να μπορεί η περίσσεια ενέργεια να διοχετεύεται και να πουλιέται πίσω στο δίκτυο.

Το καθαρό παρόν κόστος ανέρχεται στα 69.039.640€ ενώ το αρχικό κεφάλαιο ανέρχεται στα 18,3 εκατ. €, ενώ εδώ είναι και το αξιοσημείωτο ότι η τιμή της κιλοβατώρας πέφτει κάτω από τα 10 λεπτά του €. Συγχρόνως δεν υπάρχει κάποια κατανάλωση από τα διάφορα καύσιμα, αφού δεν χρησιμοποιούνται οι γεννήτριες, συνεπώς οι ρύποι είναι μειωμένοι αισθητά.

Διακρίνεται ωστόσο και η έντονη διείσδυση των Α.Π.Ε. τουλάχιστον, καθώς η πρόσθετη εγκατεστημένη ισχύ αυξήθηκε κατά 15 MW. Στην παρούσα φάση που εξετάζεται και μετά την διασύνδεση του νησιού θα μπορούσε να εξετασθεί το σενάριο προσθήκης συσσωρευτών ώστε να γίνει πιο ασφαλές και αξιόπιστο το δίκτυο. Ωστόσο σύμφωνα με το Homer το δίκτυο είναι ευσταθές και με τα παραπάνω στοιχεία και η προσθήκη των συσσωρευτών αυξάνει την τιμή της κιλοβατώρας.

### **Οικονομικά Στοιχεία:**

Παραθέεται ο τρόπος υπολογισμού αλλά και τα τελικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης του λογισμικού.

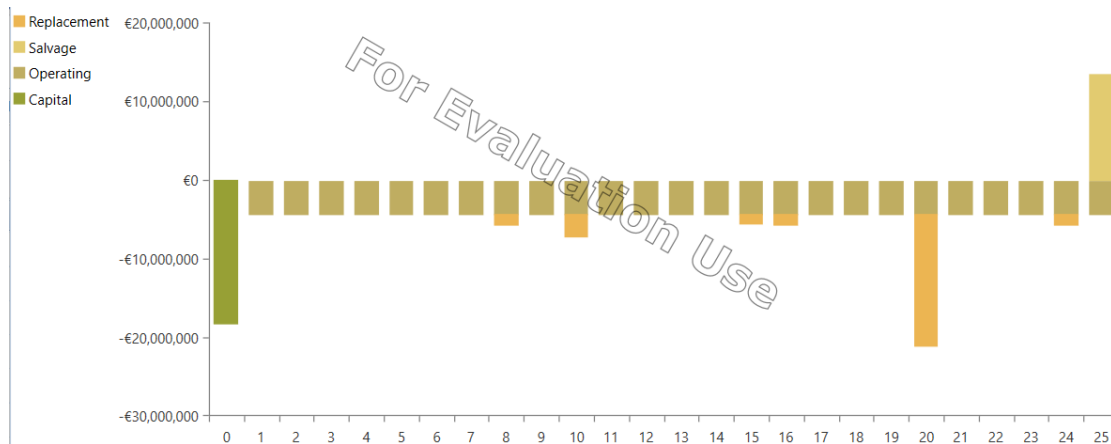


Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€1,979,548.98	€1,186,965.14	€0.00	-€210,059.79	€2,956,454.33
▷ Enercon E-44 [900kW] (1)	€10,800,000.00	€1,882,503.08	€4,220,320.50	€0.00	-€954,817.25	€15,948,006.34
▷ Grid	€0.00	€0.00	€39,606,768.91	€0.00	€0.00	€39,606,768.91
▷ PV	€0.00	€1,471,592.85	€219,235.10	€0.00	-€187,045.16	€1,503,782.79
▷ PV added	€5,998,551.31	€1,003,759.23	€696,184.70	€0.00	-€509,112.91	€7,189,382.33
▷ System Converter	€1,506,211.26	€388,216.99	€0.00	€0.00	-€59,183.39	€1,835,244.85
System	€18,304,762.57	€6,725,621.13	€45,929,474.36	€0.00	-€1,920,218.51	€69,039,639.55

**Εικόνα 133: Τα κόστη για την διάρκεια ζωής του συστήματος (25 έτη) που τέθηκε στο Homer-Po**

Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
▷ Enercon E-44 [900kW]	€0.00	€187,620.72	€112,500.00	€0.00	-€19,909.37	€280,211.36
▷ Enercon E-44 [900kW] (1)	€1,023,618.94	€178,422.76	€400,000.00	€0.00	-€90,497.13	€1,511,544.57
▷ Grid	€0.00	€0.00	€3,753,911.00	€0.00	€0.00	€3,753,911.00
▷ PV	€0.00	€139,476.88	€20,779.00	€0.00	-€17,728.05	€142,527.83
▷ PV added	€568,539.88	€95,135.83	€65,984.06	€0.00	-€48,253.48	€681,406.29
▷ System Converter	€142,758.00	€36,795.02	€0.00	€0.00	-€5,609.37	€173,943.65
System	€1,734,916.82	€637,451.22	€4,353,174.06	€0.00	-€181,997.41	€6,543,544.69

**Εικόνα 134: : Συνολικό κόστος για ένα έτος**



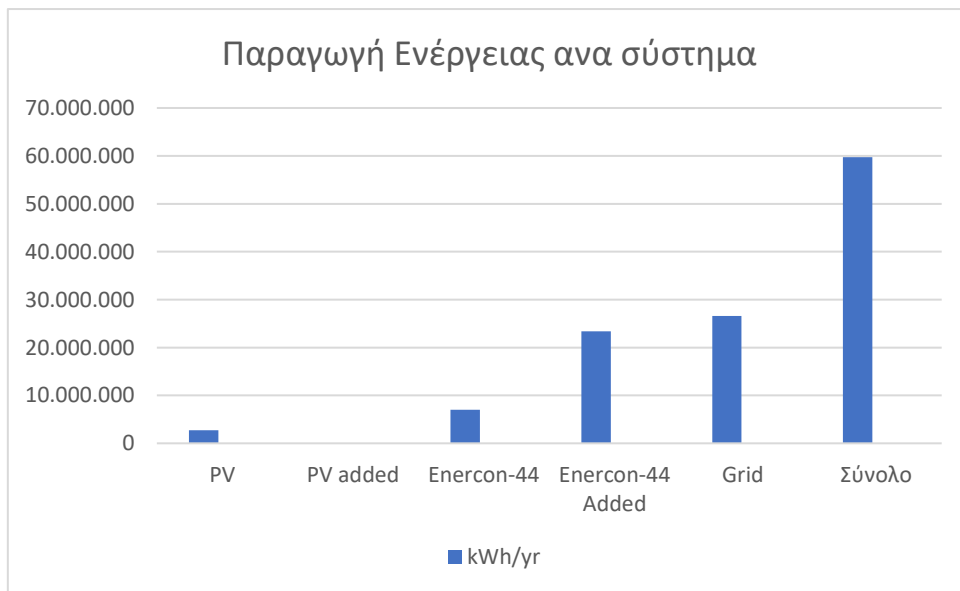
Εικόνα 135: Ετήσιες Χρηματοροές για 25 χρόνια

**Ενεργειακά Στοιχεία:**

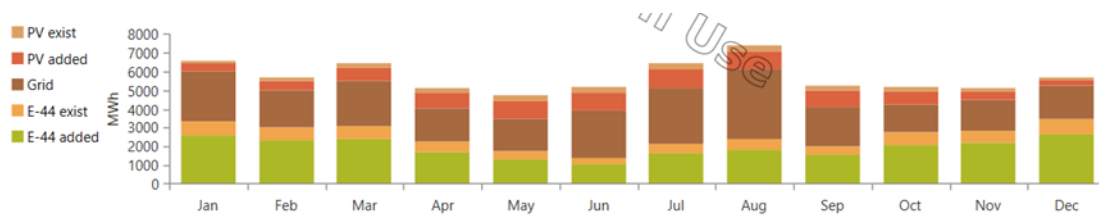
Η απαιτούμενη ενέργεια του συνόλου του νησιού όπως έχει αναλυθεί δεν ξεπερνά κατά μικρό ποσοστό τις 60.000 MWh τον χρόνο.

Παραγωγή	kWh/yr	%
PV	2.763.354	4,03
PV added	8.775.078.	12,8
Enercon-44	7.023.483	10,2
Enercon-44 Added	23.411.609	34,2
Grid	26.565.614	38,8
Σύνολο	59.764.060	100

Εικόνα 136: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου διασύνδεσης του υβριδικού μικροδικτύου



Εικόνα 137: Ετήσια παραγωγή του σεναρίου διασύνδεσης του υβριδικού μικροδικτύου

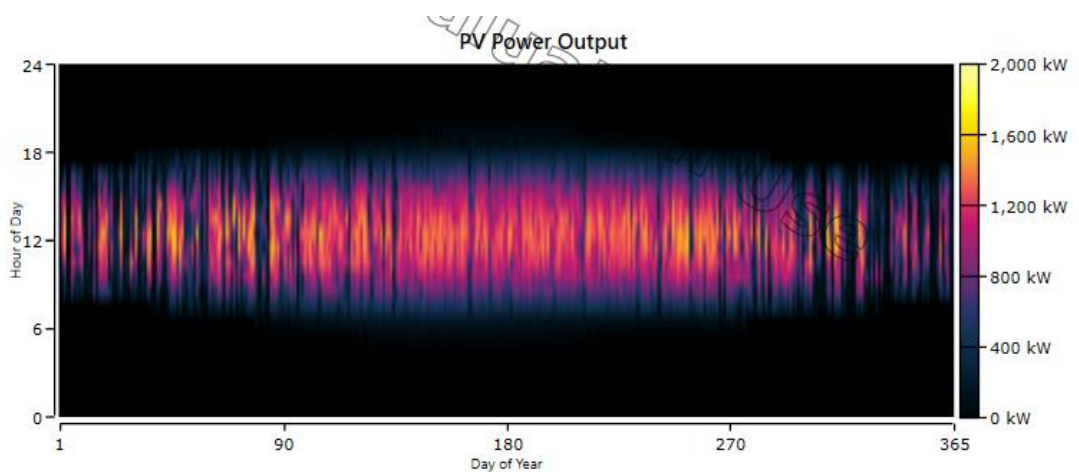


**Εικόνα 138:** Μέση παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς για κάθε μήνα του έτους και η ισχύς που παράγει κάθε στοιχείο.

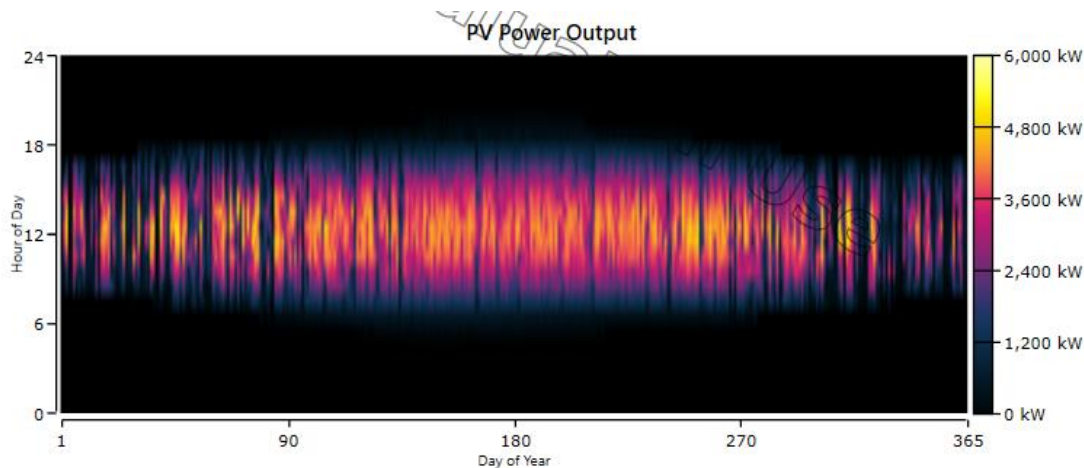
Παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα ότι η παραγόμενη ενέργεια του συστήματος, αποτελείται τουλάχιστον από 50% ανανεώσιμη ενέργεια. Το υπόλοιπο ποσοστό εισέρχεται από το δίκτυο.. Παρατηρείται ότι τους μήνες Απρίλη και Μάη η εισάγεσαι λιγότερη ενέργεια, καθώς εκείνους τους μήνες η ζήτηση δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ακόμα αποτυπώνεται ότι η Α.Π.Ε. στο νησί της Λήμνου μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του νησιού κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό, αρκεί πάντα το νησί να είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο.

Το ποσοστό της ενέργειας που απορρίπτεται στην προκείμενη κατάσταση είναι πολύ μικρό και δεν ξεπερνά το 0,5% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας.

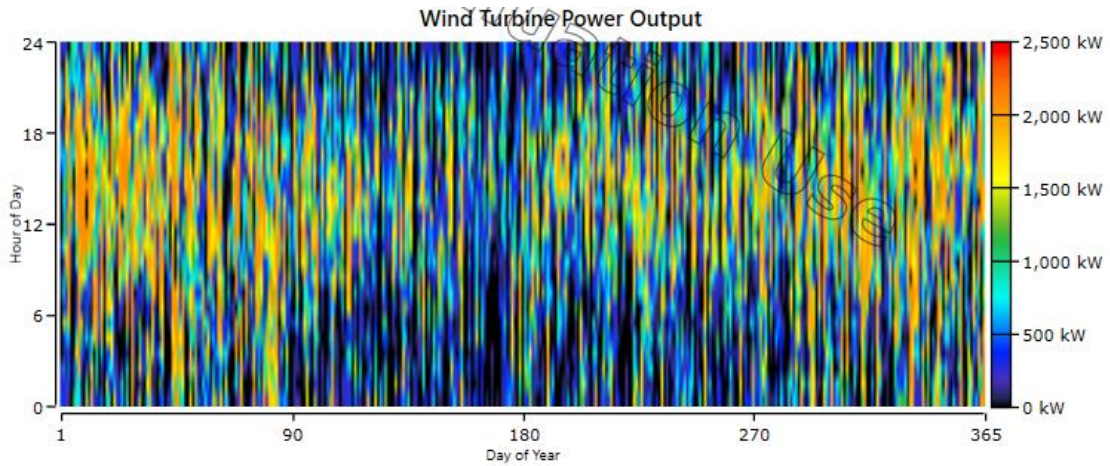
Στην συνέχεια θα παρατηρηθούν τα δομικά στοιχεία του συστήματος μέσα στον χρόνο:



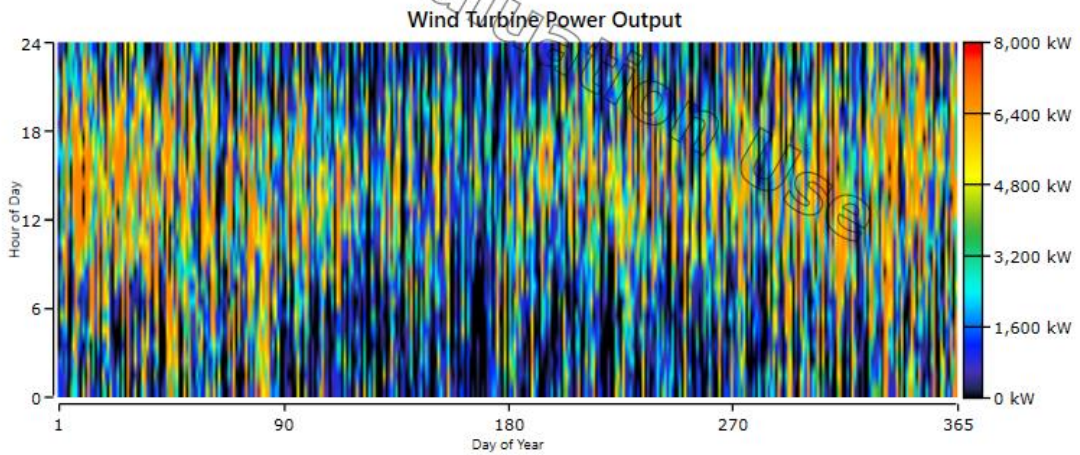
**Εικόνα 139:** Παραγόμενη Ισχύς από τα ήδη εγκατεστημένα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους



**Εικόνα 140:** Παραγόμενη Ισχύς από τα προσιθθέμενα Φ/Β κατά την διάρκεια του έτους

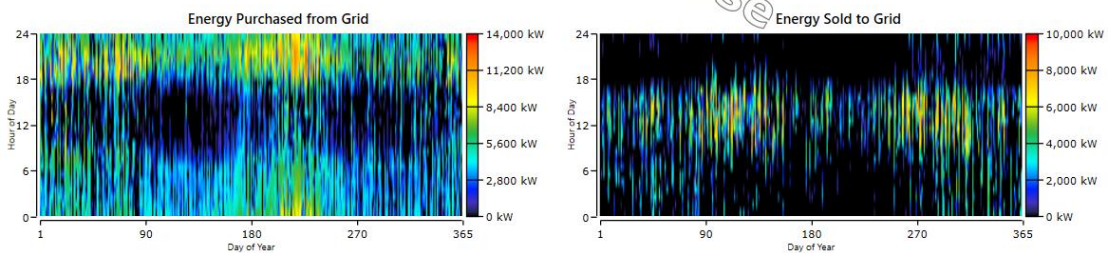


Εικόνα 141: Παραγόμενη Ισχύς από τις ήδη εγκατεστημένες Α/Γ του νησιού Enercom-44 900 kW κατά την διάρκεια του έτους



Εικόνα 142: Παραγόμενη Ισχύς από τις προστιθέμενες Α/Γ Enercom-44 (900kW)κατά την διάρκεια του έτους

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energy Charge €	Demand Charge €
January	2,643,142	392,734	2,250,409	11,120	€390,050.3	€0
February	1,930,566	589,529	1,341,037	11,102	€269,761.2	€0
March	2,362,179	591,064	1,771,115	11,477	€336,584.5	€0
April	1,775,710	957,069	818,641	8,985	€227,381.5	€0
May	1,730,090	705,852	1,024,238	7,930	€232,871.3	€0
June	2,527,969	274,061	2,253,908	12,051	€378,132.1	€0
July	2,964,136	343,191	2,620,945	12,016	€442,281.5	€0
August	3,704,135	207,231	3,496,904	13,050	€563,779.4	€0
September	2,084,737	636,967	1,447,769	9,235	€291,285.8	€0
October	1,487,336	1,039,122	448,214	7,980	€178,580.9	€0
November	1,606,077	871,571	734,506	8,108	€205,363.3	€0
December	1,749,538	666,787	1,082,751	9,690	€237,839.0	€0
Annual	26,565,614	7,275,179	19,290,435	13,050	€3,753,911	€0



Εικόνα 143: Χαρακτηριστικά του δικτύου μέσα στον χρόνο



## Εκπομπές:

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	16,789,468	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	72,790	kg/yr
Nitrogen Oxides	35,598	kg/yr

Εικόνα 144: Οι Συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την διάρκεια του χρόνου

## 6.6 Συμπεράσματα

Όπως μελετήθηκε και αποτυπώθηκε πολλές φορές στην παρούσα διπλωματική η ανάγκη ηλεκτροδότησης και της πρόσδοσης της ενέργειας σε όλους είναι αυξανόμενη και επιτακτική. Μέσω από την εφαρμογή του υβριδικού μικροδικτύου προωθήθηκαν οι λόγοι που κάνουν μια τέτοια επένδυση ελκυστική. Ειδικά με τα τεράστια άλματα που γίνονται στις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά και των συστημάτων αποθήκευσης.

Η σωστή διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας και των οικονομοτεχνικών στοιχείων δείχνουν τον δρόμο, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι για μια ενεργειακά ουδέτερη Ελλάδα.

Αναδείχθηκε ότι η εγκατάσταση των υβριδικών μικροδικτύων είναι άκρως απαραίτητη σε ένα μη διασυνδεδεμένο σύστημα . Αφού ελαττώνεται αισθητά η τιμή της κιλοβατώρας, βοηθά στην αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών στο προφίλ της παραγόμενης ενέργειας και μειώνονται αισθητά οι ρυπογόνοι συντελεστές της ηλεκτροπαραγωγής. Συγχρόνως εκμεταλλεύονται όλους τους διαθέσιμους πόρους είτε αυτή είναι περιβαλλοντικοί ή ανθρωπογενείς, ενώ η προσθήκη των συστημάτων αποθήκευσης αυξάνει την αξιοπιστία και την ευστάθεια του συστήματος με την σύγχρονη βέλτιστη εκμετάλλευση της παραγόμενης ισχύος.

Το κάθε σενάριο συγκριτικά πάντα με το υπάρχον σύστημα του νησιού, θεωρήθηκε καλύτερο, εκτός ίσως από την περίπτωση του υδρογόνου, που δεν έχει φτάσει ακόμα σε στάδιο ωρίμανσης.

Από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε το βέλτιστο σενάριο εντοπίζεται στην διασύνδεση του νησιού καθώς προσφέρει τα ιδανικότερα αποτελέσματα. Ωστόσο στην περίπτωση της μη διασύνδεσης του νησιού το σενάριο 1, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι με την πραγματοποίηση του στόχου διασύνδεσης των μη διασυνδεδεμένων νησιών, θα αλλάξει ακαριαία και το ενεργειακό τοπίο της Ελλάδος, συγχρόνως όμως θα επιφέρει και την διόγκωση των επενδύσεων γύρω από τις Α.Π.Ε.

Όπως αναφέρθηκε σε κάθε σενάριο είναι σίγουρα πιο φιλικό προς το περιβάλλον καθώς οι σχετικοί αέριοι ρύποι μειώνονται αισθητά, ενώ αισθητή είναι η μείωση που έχει το κάθε ένα σενάριο στην τιμή της κλοβατώρας συγκριτικά με την σημερινή τιμή που αγγίζει τα 0,155 €. Ειδικότερα για τα σενάρια 1,2 και το σενάριο της διασύνδεση η τιμή μειώθηκε τουλάχιστον κατά 20%. Μεγάλη συμβολή σε αυτή την μείωση των τιμών έχουν οι υπάρχουσες αλλά κι οι ανεμογεννήτριες που προστέθηκαν σε κάθε σενάριο. Παρατηρώντας προσεκτικά το κάθε σενάριο διακρίνεται ότι η συμβολή της αιολική ενέργειας κατέχει ένα μεγάλο ποσοστό στο παραγόμενο ενεργειακό μείγμα και αρκετά μεγαλύτερο από οποιοδήποτε πάνελ. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το αιολικό δυναμικό της Λήμνου είναι και το μεγαλύτερο προτέρημα της. Συνεπώς είναι εύλογο ότι είναι πολύ σημαντική η παρατήρηση αυτού του φαινομένου στην Λήμνο και ίσως είναι και η κατάλληλη περιοχή , ώστε να κατασκευαστούν μεγάλα αιολικά πάρκα.

Παρόλα αυτά , πριν γίνουν αυτές οι επενδύσεις πρέπει να γίνουν και κάποια συγκεκριμένα βήματα. Πρώτα απ' όλα μέχρι να πραγματοποιηθεί η διασύνδεσής της Λήμνου η ρυθμιστική αρχή πρέπει να αυξήσει το περιθώριο διείσδυσης των αιολικών, ενώ το κράτος οφείλει να πραγματοποιήσει σύγχρονες επενδύσεις σε τεχνολογίες αποθήκευσης. Χρειάζεται νέο αναθεωρημένο νομικό και πολιτικό πλαίσιο σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές αλλά και τις τεχνολογίες αποθήκευσης. Συγχρόνως επένδυση πραγματοποιηθεί πρέπει να έχει και τον απαραίτητο σεβασμό ως προ την φυσική ομορφιά του νησιού, ώστε να μπορέσει να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ φύσης και τεχνολογίας, ενώ συγχρόνως να μειωθούν τα τυχόν παράπονα που θα προκύψουν,

Τέλος μετά το πέρας της διασύνδεσής της Λήμνου, που είναι και η μεγαλύτερη πρόκληση της Ελλάδος η διασύνδεση των νησιών αυτών , ανοίγει ο χώρος για ακριβότερες και μεγαλύτερες επενδύσεις γύρω από τις Α.Π.Ε., καθώς τα όρια διείσδυσης αλλάζουν εντελώς. Επιπλέον το ίδιο το νησί θα μπορεί να προσδίδει την απορριπτούμενη ενέργεια των Α.Π.Ε. πίσω στο δίκτυο . Επομένως τα αιολικά πάρκα πολλών MW έρχονται στο προσκήνιο και η Λήμνος αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση, καθώς το υψηλότερο αιολικό δυναμικό παρατηρείται στο βορειανατολικό άκρο του νησιού δεκάδες μέτρα από την κοντινότερη ακτή. Ουσιαστικό το κλίμα της Λήμνου ευνοεί τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, που ναι μεν μπορεί να έχουν υψηλότερο κόστος, αλλά μπορούν να παράξουν περισσότερη ενέργεια, γιατί συνήθως οι ανεμογεννήτριες είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες χερσαίες. Συνεπώς είναι μια καλή ευκαιρία και το κράτος αλλά και η ρυθμιστική αρχή ενέργειας να επαναφέρουν στην επιφάνεια το πρόγραμμα της Αιγαίης Ζεύξης που αναφέραμε στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο, και αφορά την κατασκευή ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου με την εγκατεστημένη του ισχύ να αγγίζει τα 250 MW.



# Βιβλιογραφία

---

- [1]. Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η. Α.Ε.). <https://www.dei.gr/> .
- [2]. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.).
- [3]. Bryan, Jacob. 20203. «Modeling and design optimization of carbon-free hybrid energy systems with thermal and hydrogen storage.»
- [4]. Enercon GmbH . <https://www.enercon.de/en/products/> .
- [5]. HOMER, the micropower optimization model. Διαθέσιμο στην ηλεκτρο-  
<http://www.homerenergy.com/> .
- [6]. Horizon Educational. <https://www.horizoneducational.com/8-types-of-fuel-cell-by-price-point/t1418>.
- [7]. International Energy Agency . <https://www.iea.org/>.
- [8]. Feasibility Analysis of an Islanded Microgrid in Tohatchi, New Mexico Using HOMER Pro. Στο *Energy and Power Engineering*,, του/της C. S. Aditya, J. Peter.
- [9]. Kabalci, Ersan. 2020. *Hybrid Renewable Energy Systems and Microgrids*.
- [10]. Katsoulakos, Nikolas M. 2019. «An Overview of the Greek Islands' Autonomous Electrical Systems: Proposals for a Sustainable.»
- [11]. Mehraban, Seyed Amin. 2023. *Multi-microgrids energy management in power transmission mode considering different uncertainties*.
- [12]. Onu, Uchenna Godswill. 2023. «Drivers of microgrid projects in developed and developing economies.»
- [13]. Pan, Chenyun. χ.χ. «An improved multi-timescale coordinated control strategy for an integrated energy system with a hybrid energy storage system.»
- [14]. Research Gate . <https://www.researchgate.net/>.
- [15]. Science Direct . <https://www.sciencedirect.com/>.
- [16]. Solar Energy. <https://www.eesi.org/topics/solar/description>.
- [17]. The Wind Power. [https://www.thewindpower.net/turbine\\_en\\_2\\_enercon\\_e44-900.php](https://www.thewindpower.net/turbine_en_2_enercon_e44-900.php).
- [18]. Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας . <https://www.admie.gr/systima> .

- [19]. Βέττας, Νίκος. 2021. *Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις*. Διανέοσις.
- [20]. Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. 2022. «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.»
- [21]. Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. 2020. «Επικαιροποίηση και Προσδιορισμός των Περιθωρίων Διείσδυσης Α.Π.Ε.»
- [22]. Δ.Ε.Η. 2020. «Sustainability Repoert .»
- [23]. Δ.Ε.Η. *Ανανεώσιμες* . <https://www.ppcr.gr/el/> .
- [24]. *Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η. Α.Ε.)*. <https://www.dei.gr/>.
- [25]. *Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal για την ενέργεια (energypress)* . <https://energypress.gr> .
- [26]. *Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας*. <https://www.deddie.gr/el/deddie>.
- [27]. 2021. *ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ*. Τεχνικό Επιμελητήριο του κράτους .
- [28]. *Ελληνική Εταιρεία Αιολικής Ενέργειας*. <https://eletaen.gr/>.
- [29]. *Ελληνικός Σύνδεσμος Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων* . <https://www.microhydropower.gr/>.
- [30]. «Η Ενεργειακή Κατάσταση της Ελλάδας • Πόσο ασφαλής & οικονομικά βιώσιμη είναι η επιχειρούμενη Ενεργειακή Μετάβαση;» [news.b2green.gr/16138/η-ενεργειακή-κατάσταση-της-ελλάδος](https://news.b2green.gr/16138/η-ενεργειακή-κατάσταση-της-ελλάδος).
- [31]. *Ινστιτούτο Ενέργειας ΝΑ Ευρώπης (IENE)* . <https://www.iene.gr/> .
- [32]. Διεύθυνση διαχείρισης νησιών. 2021. «Πρόγραμμα Ανάπτυξης Συστημάτων Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.»
- [33]. *Συλλογικό Εγκυκλοπαιδικό Εγχείρημα (ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ)* . <https://el.wikipedia.org/> .
- [34]. *Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (HELAPCO)*. <https://helapco.gr/>.
- [35]. Τουρλή, Μαρία. 2020. «Η Μεγαλύτερη Παγκοσμίως Μονάδα Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας από την Tesla.» <https://www.maxmag.gr/science/i-megalyteri-pagkosmios-monada-apothikeysis-ilektrikis-energeias-apo-tin-tesla/>.
- [36]. Τράτσα, Μάχη. χ.χ. «Οι ΑΠΕ κύρια πηγή ενέργειας στην Ελλάδα το 2021.» <https://www.in.gr/2021/04/29/b-science/perivallon-b-science/oi-ape-kyria-pigi-energeias-stin-ellada-2021/>.
- [37]. Τσικαλάκη, ΔΡ. Αντώνιος. χ.χ. «Εισαγωγή στο λογισμικό Homer.»
- [38]. Τσολάκης Ε. Χρήστος, Χρυσοβιτσιώτη Χ. Σοφία. χ.χ. «Μελέτη Κάλυψης Ηλεκτρικών Αναγκών Νησιού με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.»

[39]. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. <http://www.opengov.gr/>.

[40]. Χαραλαμπίδης, Ντίνος. χ.χ. «ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.»