



Π Ο Λ Υ Τ Ε Χ Ν Ε Ι Ο Κ Ρ Η Τ Η Σ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ

**«ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΕ
ΜΕΓΑΛΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ ΜΕ
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΠΕ»**

**«REDUCING GREEN HOUSE GASES IN MAJOR
PORTS OF GREECE BY EXPLOITING EXISTING RES
STATIONS»**

Εκπόνηση: Μαμαλάκη Ασπασία

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Αναπληρωτής καθηγητής ΜΠΔ

XANIA 12/04/2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, του Πολυτεχνείου Κρήτης, με σκοπό να πραγματοποιηθεί μία μελέτη μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων σε λιμένες της χώρας μέσω εκμετάλλευσης υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ για την κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου που απαιτούν τα κρουαζιερόπλοια κατά τη φάση του ελλιμενισμού τους (hoteling).

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες εισαγωγικές έννοιες σχετικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων στους λιμένες και τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, εστιάζοντας στη δραστηριότητα κρουαζιέρας που αποτελεί και το σημαντικότερο παράγοντα ρύπανσης εντός των λιμένων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εικόνα η οποία επικρατεί στην Ελλάδα και στην Ευρώπη καθώς και την πολιτική που ακολουθείται πλέον με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία προσπάθεια να παρουσιαστούν οι μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες έρευνες με σκοπό την εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων στη ναυτιλία και τον τουρισμό γενικότερα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μελέτες εκτίμησης ρύπων που έχουν γίνει συγκεκριμένα σε λιμένες έτσι ώστε να υπάρχει μία πλήρης εικόνα για την επιλογή της μεθοδολογίας που επιλέχθηκε στην παρούσα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία bottom up (από κάτω προς τα επάνω) που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων καθώς και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των δεδομένων του φορτίου. Έπειτα παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής των μονάδων ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) που θα καλύψουν το απαιτούμενο φορτίο. Τέλος παρουσιάζεται το λογισμικό HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) με το οποίο πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και αναλύονται τα ποσοστά κάλυψης του απαιτούμενου φορτίου από ανανεώσιμες πηγές σε κάθε λιμένα με σκοπό να αναλυθεί η δυνατότητα απεξάρτησης των κρουαζιερόπλοιων από τη χρήση συμβατικών καυσίμων κατά τη φάση του ελλιμενισμού.

SUMMARY

This thesis is being carried out within the framework of the postgraduate diploma for the Department of Production and Management Engineering of the Technical University of Crete aiming to carry out a study on the reduction of pollutants emitted in major ports in the country by exploiting existing RES units to cover the electrical load required by cruise ships during the mooring phase.

The first chapter introduces some notions about emissions of gaseous pollutants in ports and the impacts on human health, focusing on cruise activity, which is also the most important pollution factor in ports, especially during the cruise ship's mooring phase (hoteling). Below, the image that prevails in Greece and Europe is displayed, as well as the policy that is now being pursued in order to reduce emissions of gaseous pollutants.

In the second chapter an attempt is made to present the methodologies used in various surveys with the cause of estimating the pollutants emitted in shipping and tourism in general. Subsequently, pollutant assessment studies specifically made in ports are presented, so that there is a complete picture of the selection of the methodology used in this survey.

The third chapter analyzes the “bottom up” methodology used to estimate the pollutants emitted as well as the procedure followed for extracting the load data. Then it introduces the process of selecting RES units (Renewable Energy Sources) to meet the required load. Finally, the HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) software that was used to simulate the system is displayed.

The fourth chapter presents the results of the simulation and analyzes the coverage rates of the required load from renewable sources in each port in order to analyze the possibility of decommissioning cruise ships from the use of conventional fuels during the mooring phase.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
SUMMARY	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	15
1.1 ΡΥΠΟΙ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ.....	15
1.2 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ	15
1.3 Ο ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	16
1.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ	17
1.4.1 ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΙΜΕΝΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ.....	19
2 ΠΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	21
2.1 ΡΥΠΟΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΥΡΙΣΜΟ	22
2.2 ΡΥΠΟΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	24
2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ	28
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΡΥΠΩΝ	30
3.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ.....	30
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	33
3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HOMER.....	34
3.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟ HOMER.....	36
4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	41
4.1 ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ.....	41
4.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ.....	44
4.2 ΛΙΜΕΝΑΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	49

4.2.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	51
4.3	ΛΙΜΕΝΑΣ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ	56
4.3.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ 58	
4.4	ΛΙΜΕΝΑΣ ΚΑΒΑΛΑΣ	62
4.4.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΚΑΒΑΛΑΣ	63
4.5	ΛΙΜΕΝΑΣ ΒΟΛΟΥ	67
4.5.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ	69
4.6	ΛΙΜΕΝΑΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ	74
4.6.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΚΕΡΚΥΡΑΣ	76
4.7	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	80
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Κατανομή λιμένων κρουαζιέρας ανά Περιφέρεια.....	19
Πίνακας 2 Κατανάλωση ενέργειας λιμένα Πειραιώς.....	42
Πίνακας 3 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμάνι του Πειραιά.....	44
Πίνακας 4 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία	47
Πίνακας 5 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Ηρακλείου	51
Πίνακας 6 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία	53
Πίνακας 7 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Ηγουμενίτσας.....	58
Πίνακας 8 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία	60
Πίνακας 9 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Καβάλας.....	63
Πίνακας 10 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία	65
Πίνακας 11 Κατανάλωση ενέργειας στο λιμένα Βόλου	67
Πίνακας 12 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Βόλου	69
Πίνακας 13 Ποσοστά συμμετοχής ανά λιμένα για την κάλυψη του φορτίου.....	72
Πίνακας 14 Κατανάλωση ενέργειας στο λιμένα Κέρκυρας.....	74
Πίνακας 15 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Κέρκυρας.....	76
Πίνακας 16 Ποσοστά διείσδυσης και αγορές από το δίκτυο.	78
Εικόνα 1 Ώρες ελλιμενισμού 2013 Εικόνα 2 Ώρες ελλιμενισμού 2014	42
Εικόνα 3 Ώρες ελλιμενισμού 2015	42
Εικόνα 4 Κατανάλωση ενέργειας 2013 Εικόνα 5 Κατανάλωση ενέργειας 2014.....	43
Εικόνα 6 Κατανάλωση ενέργειας 2015	43
Εικόνα 7 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2013.	45
Εικόνα 8 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2014.....	45

Εικόνα 9 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2015	46
Εικόνα 10 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013.	46
Εικόνα 11 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014	47
Εικόνα 12 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015	47
Εικόνα 13 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013 Εικόνα 14 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014	47
Εικόνα 15 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015	48
Εικόνα 16 Αγορές από το δίκτυο 2013 Εικόνα 17 Αγορές από το δίκτυο 2014.....	48
Εικόνα 18 Αγορές από το δίκτυο ανά τεχνολογία 2015	49
Εικόνα 19 Ώρες ελλειμνισμού 2013 Εικόνα 20 Ώρες ελλειμνισμού 2015	50
Εικόνα 21 Κατανάλωση ενέργειας 2013 Εικόνα 22 Κατανάλωση ενέργειας 2015...	50
Εικόνα 23 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2013.....	52
Εικόνα 24 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2015.....	52
Εικόνα 25 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013	53
Εικόνα 26 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015	53
Εικόνα 27 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013.....	
Εικόνα 28 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015.....	55
Εικόνα 29 Αγορές από το δίκτυο 2013	
Εικόνα 30 Αγορές από το δίκτυο 2015.....	56
Εικόνα 31 Ώρες ελλειμνισμού 2014	
Εικόνα 32 Ώρες ελλειμνισμού 2015	57
Εικόνα 33 Κατανάλωση ενέργειας 2014	
Εικόνα 34 Κατανάλωση ενέργειας 2015.....	57
Εικόνα 35 Στατιστικά κρουαζιέρας λιμένα Ηγουμενίτσας 2014.	

Εικόνα 36 Στατιστικά κρουαζιέρας λιμένα Ηγουμενίτσας 2015.....	
Εικόνα 37 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2014.	59
Εικόνα 38 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2015.	59
Εικόνα 39 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014.	60
Εικόνα 40 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015.	60
Εικόνα 41 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014.	
Εικόνα 42 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015.....	61
Εικόνα 43 Αγορές από το δίκτυο 2014 Εικόνα 44 Αγορές από το δίκτυο 2015.....	61
Εικόνα 45 Ώρες ελλειμενισμού 2014 Εικόνα 46 Ώρες ελλειμενισμού 2015	62
Εικόνα 47 Κατανάλωση ενέργειας 2014 Εικόνα 48 Κατανάλωση ενέργειας 2015.	63
Εικόνα 49 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Καβάλας το έτος 2014.....	64
Εικόνα 50 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Καβάλας το έτος 2014.....	64
Εικόνα 51 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014.	65
Εικόνα 52 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015.	65
Εικόνα 53 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014 	
Εικόνα 54 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015	66
Εικόνα 55 Αγορές από το δίκτυο 2014 Εικόνα 56 Αγορές από το δίκτυο 2015.....	66
Εικόνα 57 Ώρες ελλειμενισμού 2013 Εικόνα 58 Ώρες ελλειμενισμού 2014	67
Εικόνα 59 Ώρες ελλειμενισμού 2015	68
Εικόνα 60 Κατανάλωση ενέργειας 2013 	
Εικόνα 61 Κατανάλωση ενέργειας 2014	68
Εικόνα 62 Κατανάλωση ενέργειας 2015	69

Εικόνα 63 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2013.....	70
Εικόνα 64 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2014.....	70
Εικόνα 65 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2015.....	71
Εικόνα 66 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013	71
Εικόνα 67 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014	71
Εικόνα 68 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015	72
Εικόνα 69 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013	
Εικόνα 70 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014	72
Εικόνα 71 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015	73
Εικόνα 72 Αγορές από το δίκτυο 2013	
Εικόνα 73 Αγορές από το δίκτυο 2014	73
Εικόνα 74 Αγορές από το δίκτυο 2015	74
Εικόνα 75 Ώρες ελλειμνισμού 2013	
Εικόνα 76 Ώρες ελλειμνισμού 2014	75
Εικόνα 77 Ώρες ελλειμνισμού 2015	75
Εικόνα 78 Κατανάλωση ενέργειας 2013	
Εικόνα 79 Κατανάλωση ενέργειας 2014	75
Εικόνα 80 Κατανάλωση ενέργειας 2015	76
Εικόνα 81 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2013	77
Εικόνα 82 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2014	77
Εικόνα 83 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2015	78
Εικόνα 84 Παραγωγή ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2013	Εικόνα 85 Κάλυψη φορτίου 2013 79
Εικόνα 86 Παραγωγή ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2014	

Εικόνα 87 Κάλυψη φορτίου 2014	79
Εικόνα 88 ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2015
Εικόνα 89 Κάλυψη φορτίου 2015	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανία της Ναυτιλίας σήμερα καταλαμβάνει περισσότερο από το 80% του όγκου του διεθνούς εμπορίου και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες και μεγαλύτερες βιομηχανίες στον κόσμο [47]. Η σημαντική αυτή συμβολή στον κόσμο προκαλεί όμως διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς εκτιμάται ότι συνεισφέρει περίπου στο 3% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ [32][37].

Η Ναυτιλία επίσης αντιπροσωπεύει το 15-30% και 5-7%, των εκπομπών NO_x και SO_x αντιστοίχως [11][12]. Το γεγονός αυτό προκάλεσε το αυξημένο ενδιαφέρον λόγω των σοβαρών επιπτώσεων.

Επιπρόσθετα τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση του τουρισμού κρουαζιέρας με τη Μεσόγειο να αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη αγορά κρουαζιερόπλοιων. Η βιομηχανία κρουαζιερόπλοιων αποτέλεσε και αποτελεί το ταχύτερα αναπτυσσόμενο τμήμα της ταξιδιωτικής βιομηχανίας σε όλο τον κόσμο[15].

Η ανάπτυξη του τουρισμού από τη δεκαετία του 1960 οδήγησε σε αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις [3][44]. Παρόλο που έχουν γίνει διάφορες μελέτες για τον οικολογικό αντίκτυπο του τουρισμού, η βιομηχανία αυτή έχει διαφοροποιηθεί και οι νέες μορφές τουρισμού θέτουν καινούργιες πιέσεις στο περιβάλλον [46][48][4] και τις τοπικές κοινωνίες [42]. Μέχρι πρόσφατα υπήρχε ελάχιστος έλεγχος του όλο και πιο σημαντικού τομέα του τουρισμού κρουαζιέρας [20].

Ενώ τα επιβατηγά πλοία αποτελούν το 13% του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, 230 εγγεγραμμένα κρουαζιερόπλοια τείνουν να παράγουν πολύ πέρα από το ισοδύναμό τους σε απόβλητα [6][9][45].

Η συγκεκριμένη βιομηχανία είναι αρκετά ελκυστική στις αναπτυσσόμενες οικονομικά χώρες, ταυτόχρονα όμως είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί και παρακολουθηθεί ο περιβαλλοντικός της αντίκτυπος [49]. Τα κρουαζιερόπλοια πλέον αυξάνονται σε μέγεθος και εκτελούν τις περισσότερες από τις λειτουργίες ενός μικρής κλίμακας τουριστικού θέρετρου, όπως διαμονή, εστίαση, μεταφορές, αναψυχή και γενικές τουριστικές δραστηριότητες μειώνοντας έτσι πιθανά τις δαπάνες [7][13]. Η πλειοψηφία των παράκτιων περιοχών που επισκέπτονται τα κρουαζιερόπλοια, παρέχουν τη δυνατότητα μιας σύντομης επίσκεψης. Κατά συνέπεια, σε σύντομο χρονικό διάστημα ένας μεγάλος αριθμός τουριστών μπορεί να δημιουργήσει

συγκεντρωτικά αρνητικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες, παραβιάζοντας τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος υποδοχής τους απειλώντας τη φυσική και πολιτιστική κληρονομιά. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον υποδοχής δε μπορούν να απορριφθούν επαρκώς λόγω έλλειψης υποδομών και σχεδίου να επεξεργάζεται τέτοιου μεγέθους ρύπανση [14][50]. Όπως συμβαίνει στις περισσότερες βιομηχανίες, βάσει οικονομίας κλίμακας, τα μεγαλύτερα σκάφη προσφέρουν και μεγαλύτερα κέρδη, συνεπώς υπάρχει μία συνεχώς αυξανόμενη τάση για γιγαντισμό[35]. Με την αύξηση της χωρητικότητας διαμονής αυξάνονται και οι επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους για απορρόφηση της σχετικής ρύπανσης από τον τουρισμό των κρουαζιερόπλοιων

Συνεπώς υπάρχει έντονη ανάγκη περιορισμού και ελέγχου των αρνητικών επιπτώσεων της συγκεκριμένης βιομηχανίας, γεγονός που έχει προβλεφθεί νομοθετικά από τα κράτη (Ευρωπαϊκές Εγκύκλιοι 1999/32/EC, 2005/33/EU, 2012/33/EU) έπειτα από μελέτες και προτάσεις έγκριτων οργανισμών (IMO, MARPOL, EMSA, IAPH, ESPO, Carbon Footprint Working Group, World Ports Climate Initiative)[21][24].

Στόχο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η μελέτη των διαθέσιμων εν λειτουργία εγκατεστημένων μονάδων ΑΠΕ οι οποίες μπορούν να καλύψουν ηλεκτρικά τη ζήτηση του φορτίου κρουαζιερόπλοιων κατά το στάδιο του ελλιμενισμού τους σε μεγάλα λιμάνια της χώρας: Πειραιά, Ηράκλειο, Βόλο, Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Καβάλα.

Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable).

1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Η ρύπανση που προκαλείται από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στους λιμένες αποτελεί έντονο κοινωνικό φαινόμενο με θετικό αντίκτυπο στην οικονομία, ωστόσο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία είναι ανησυχητικές. Παρακάτω ακολουθούν βασικές έννοιες για την κατανόηση των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα κατά τη φάση αυτή, καθώς και παρουσίαση της κατάστασης που επικρατεί σήμερα στα λιμάνια της χώρας.

1.1 ΡΥΠΟΙ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ

Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκαν οι εργασίες που πραγματοποιούνται κατά την παραμονή του κρουαζιερόπλοιου στο αγκυροβόλιο όπου το κρουαζιερόπλοιο λειτουργεί ως ξενοδοχείο (hoteling). Στη φάση αυτή τα πλοία παράγουν ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας τις δικές τους βοηθητικές μηχανές οι οποίες δημιουργούν θόρυβο και εκπέμπουν ρύπους.

Το γεγονός αυτό αποτελεί μία πρόσθετη πηγή ρύπανσης στα λιμάνια με σημαντικούς κινδύνους για την υγεία στις κοντινές κοινότητες. Πρόσφατες μελέτες που έχουν γίνει σε πλοία αναφέρουν ότι οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ευθύνονται για περίπου 60000 κάρδιο πνευμονοπάθειες και θανάτους από καρκίνο στον πνεύμονα ετησίως με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των θανάτων κατά μήκος των ακτών[22][34].

1.2 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Οι παγκόσμιες περιφερειακές οργανώσεις έχουν θεσπίσει κανονισμούς για τη μείωση των ρύπων στις παράκτιες περιοχές και τους λιμένες. Η μείωση του θείου στα καύσιμα των πλοίων είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων. Σύμφωνα με το παράρτημα VI του MARPOL 73/78 η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων των πλοίων θα έπρεπε να είναι λιγότερη από 1% της συνολικής τους μάζας (m/m) έως το 2014 και λιγότερο από 0.1% (m/m) στη συνέχεια. Οι γενικοί στόχοι σε άλλες περιοχές είναι 3.5% (m/m) και θα πρέπει να μειωθούν σε 0.5%(m/m) από τον Ιανουάριο του 2020[26][27].

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έλαβε μέτρα για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία, με την επιβολή δείκτη σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης EEDI (Energy Efficiency Design Index) για νέα πλοία καθώς και σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)[25].

Επιπλέον με τη σύσταση 2006/339/EC, η Ευρωπαϊκή επιτροπή επισημαίνει ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξετάσουν την εγκατάσταση παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ιδιαιτέρως στα λιμάνια στα οποία οι τιμές ποιότητας του αέρα υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα όρια και ιδιαίτερα όταν τα αγκυροβόλια βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές.

Μία επίσης υποστηρικτική πολιτική αποτελεί η οδηγία 2003/96/EC που καλύπτει το φορολογία των ενεργειακών προϊόντων και επιτρέπει στα κράτη μέλη να εισάγουν εξαιρέσεις είτε μειώσεις στη φορολόγηση σε περιπτώσεις χρήσης ΑΠΕ (άρθρο19).

Εκτός από τις γενικές περιφερειακές ρυθμίσεις, στα εκάστοτε λιμάνια λαμβάνονται πρωτοβουλίες που αφορούν υποδομές, κανονισμούς καθώς και κίνητρα για τη μείωση εκπομπών αέριων ρύπων[23][24].

Οι ρύποι οι οποίοι εκπέμπονται κατά τον ελλιμενισμό πλοίων που χρησιμοποιούν παράκτια ηλεκτρική ενέργεια εξαρτώνται από το διαθέσιμο ενεργειακό μίγμα το οποίο ποικίλει σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο.

Έχει διαπιστωθεί ότι η παροχή παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας δύναται να μειώσει εκπομπές εντός του λιμένα κατά 48% –70% του διοξειδίου του άνθρακα, 3% – 60% του διοξειδίου του θείου και 40% – 60% των οξειδίων του αζώτου.

1.3 Ο ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η Ευρώπη είναι δεύτερη μεγαλύτερη αγορά σε πακέτα κρουαζιέρας με τη Μεσόγειο να αποτελεί τον πλέον δημοφιλή προορισμό για τους Ευρωπαίους ταξιδιώτες [51][33]. Το 2012 υπήρχαν 207 κρουαζιερόπλοια στη Μεσόγειο με χωρητικότητα συνολικά 249,000 επιβατών και συνολικά 5.7 εκατομμύρια επιβάτες και 28.7 εκατομμύρια επισκέπτες στα λιμάνια της [52][54].

Η Ευρωπαϊκή αγορά έχει σημειώσει αύξηση 162% κατά τη διάρκεια δέκα ετών, από το 2002 έως το 2012 και παρά το γεγονός της οικονομικής ύφεσης στην Ευρώπη αναμένεται να φτάσει τα δέκα εκατομμύρια επιβάτες έως το 2020 [53]. Αυτό οφείλεται στη μείωση κόστους του τουρισμού κρουαζιέρας λόγω οικονομίας κλίμακας αλλά και στο άνοιγμα αγορών σε Κεντρική, Ανατολική Ευρώπη και Ρωσία.

Ο οικονομικός αντίκτυπος της βιομηχανίας των κρουαζιερόπλοιων στην Ευρώπη υπολογίζεται σε 38 δις ευρώ απασχολώντας 326,904 άτομα [52].

Το μέλλον της τουριστικής ανάπτυξης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Η τουριστική βιομηχανία συγκαταλέγεται με τις εξαγωγές αγαθών στους βασικότερους τομείς επιχειρηματικότητας που δύναται να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της οικονομίας τα επόμενα χρόνια.

1.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Η Ελλάδα λόγω της γεωγραφικής θέσης, του πολυνησιωτικού χαρακτήρα, της εκτεταμένης ακτογραμμής, του κλίματος και της φυσικής και πολιτιστικής της κληρονομιάς, αποτελεί ιδανικό πεδίο για ανάπτυξη της βιομηχανίας κρουαζιέρας.

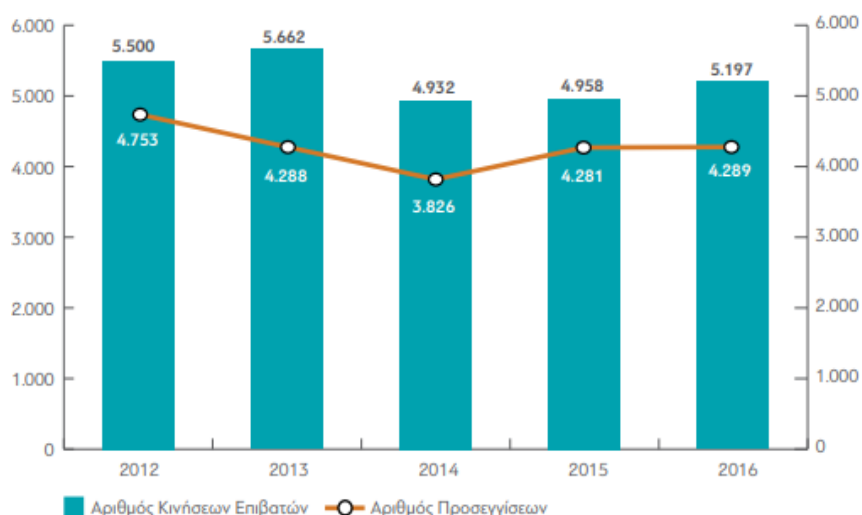
Στην Ελλάδα ο τουρισμός κρουαζιέρας άρχισε να αναπτύσσεται το 1955 με το κρουαζιερόπλοιο Semiramis χωρητικότητας 250 επιβατών. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70 δημιουργήθηκαν περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες ενώ τη δεκαετία του '90 ξένες εταιρείες έφεραν τα κρουαζιερόπλοιά τους στην ελληνική αγορά.

Σύμφωνα με έκθεση του Οργανισμού Έρευνας και Ανάλυσης (2017), στη διάρκεια της πενταετίας 2012-2016 στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν περίπου 26 εκατομμύρια κινήσεις επιβατών (εννοώντας τις στάσεις που κάνει ο κάθε επιβάτης σε λιμάνια κατά τη διάρκεια της κρουαζιέρας του) σε 42 διαφορετικούς ελληνικούς προορισμούς. Ταυτόχρονα οι προσεγγίσεις των κρουαζιερόπλοιων σε ελληνικούς λιμένες ξεπέρασαν τις 21000[36][38].

Σύμφωνα με την PwC (2016) το 2021 η κρουαζιέρα θα αποτελεί το 10% των συνολικών αφίξεων στη χώρα και θα αντιπροσωπεύει συνολικά το 3% των συνολικών εσόδων. Το προφίλ των επισκεπτών περιλαμβάνει στατιστικά ηλικίες 60+

με υψηλό οικογενειακό εισόδημα και υψηλό εκπαιδευτικό επίπεδο ενώ οι χώρες προέλευσης είναι: Η.Π.Α, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία και Γαλλία.

Τα τελευταία χρόνια σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα της ένωσης λιμένων Ελλάδος (ΕΛΙΜΕ) καθώς και της Ένωσης Μεσογειακών λιμένων κρουαζιέρας (Med cruise) οι τάσεις για τον τουρισμό κρουαζιέρας δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικές Γράφημα 1.



Γράφημα 1 Κινήσεις επιβατών κρουαζιέρας και προσεγγίσεις διαστήματος 2012-2016 στην Ελλάδα [43]

Στο γράφημα αυτό απεικονίζεται ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής του αριθμού των επιβατών καθώς και των προσεγγίσεων όπου γίνεται εύκολο να παρατηρήσει κανείς μία πτώση κατά 13% στην επισκεψιμότητα και 11% στις προσεγγίσεις το 2014, ενώ τα δύο επόμενα έτη παρατηρείται ανάκαμψη.

Οι καθοδικές τάσεις στον τουρισμό κρουαζιέρας τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο δε συμβαδίζει με τις γενικά ανοδικές τάσεις του τουρισμού στη χώρα οι οποίες διακόπηκαν το 2016 λόγω ιδιαίτερων προκλήσεων της χώρας όπως η προσφυγική κρίση, οι γεωπολιτικές εξελίξεις στην περιοχή.

1.4.1 ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΙΜΕΝΕΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν 42 λιμένες Πίνακας 1 οι οποίοι δραστηριοποιούνται στη βιομηχανία της κρουαζιέρας και διαχωρίζονται σε κύριους λιμένες (>100.000 επιβάτες/έτος) και δευτερεύοντες (<100.000/έτος).

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΛΙΜΕΝΑΣ/ΕΣ
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	Αλεξανδρούπολη (και Σαμοθράκη), Καβάλα
Κεντρικής Μακεδονίας	Θεσσαλονίκη
Ηπείρου	Πρέβεζα, Ηγουμενίτσα
Θεσσαλίας	Σκιάθος, Σκόπελος, Βόλος
Ιονίων Νήσων	Ζάκυνθος, Κεφαλονιά-Ιθάκη, Κέρκυρα
Δυτικής Ελλάδας	Κατάκολο, Πάτρα
Στερεάς Ελλάδας	Ιτέα
Αττικής	Κύθηρα, Πειραιάς, Λαύριο
Πελοποννήσου	Γύθειο, Καλαμάτα, Μονεμβασιά, Ναύπλιο, Πύλος
Βορείου Αιγαίου	Λήμνος, Μυτιλήνη, Σάμος, Χίος
Νοτίου Αιγαίου	Άνδρος, Κως, Μήλος, Μύκονος, Νάξος, Πάρος, Ρόδος, Σαντορίνη, Σύμη, Σύρος, Πάτμος
Κρήτης	Άγ. Νικόλαος, Ρέθυμνο, Σητεία, Χανιά(Σούδα), Ηράκλειο

Πίνακας 1 Κατανομή λιμένων κρουαζιέρας στην Ελλάδα ανά Περιφέρεια [43]

Έξι από τους λιμένες αυτούς, δραστηριοποιούνται ως λιμένες αφετηρίας (Home Ports). Πιο συγκεκριμένα αναφερόμαστε στα λιμάνια Πειραιά, Θεσσαλονίκης, Ηρακλείου, Ρόδου, Λαυρίου και Κέρκυρας.

Κατά μέσο όρο στη χώρα μας φιλοξενούνται ετησίως 5,2 εκατ. Κινήσεις επιβατών κρουαζιέρας και 4.300 προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων.

Το συνολικό μερίδιο που καταλαμβάνουν οι ελληνικοί λιμένες στη Μεσογειακή αγορά φαίνεται στο Γράφημα 2, όπου παρατηρείται πτώση κατά τη διάρκεια των ετών τόσο στο συνολικό αριθμό επιβατών κρουαζιέρας όσο και στον αριθμό των προσεγγίσεων ανά έτος σε σχέση με την επικρατούσα κατάσταση στη Μεσόγειο. Επίσης λόγω των οικονομικοπολιτικών αναταράξεων στην Τουρκία παρατηρείται μία πρόσκαιρη ανάκαμψη στο μερίδιο που καταλαμβάνουν οι ελληνικές κρουαζιέρες.



Γράφημα 2 Μερίδιο ελληνικών λιμένων στη Μεσογειακή αγορά.[43]

Σήμερα ο Πειραιάς είναι ο 7ος μεγαλύτερος μεσογειακός λιμένας κρουαζιέρας και ανήκει στην πρώτη πεντάδα μεσογειακών λιμένων κρουαζιέρας με περισσότερες από 600000 προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων.

Σύμφωνα με την έκθεση του Οργανισμού Έρευνας και Ανάλυσης (2017), δύο είναι τα χαρακτηριστικά της ελληνικής αγοράς.

1. Υπάρχει έλλειψη υποδομών για προσέγγιση μεγαλύτερων σε μέγεθος κρουαζιερόπλοιων.
2. Στους ελληνικούς προορισμούς και λιμένες η εποχικότητα των δραστηριοτήτων κρουαζιέρας είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με το σύνολο της μεσογείου, ενώ το τρίμηνο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου δεν καταγράφεται στην Ελλάδα ουσιαστική δραστηριότητα.

2 ΠΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η όξυνση και η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα αποτελούν κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που βρίσκονται στο διεθνές προσκήνιο. Κατά συνέπεια, οι μελέτες έχουν επικεντρωθεί στις ανθρωπογενείς εκπομπές ενώσεων που οδηγούν σε τέτοιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις [10][11][17].

Οι απογραφές εκπομπών αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των εκπομπών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και στην καθοδήγηση των φορέων για τη χάραξης πολιτικής σχετικά με τις επιλογές μετριασμού του προβλήματος.

Πολλές μελέτες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια έχουν συσχετίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση με επιπτώσεις στην υγεία όπως καρδιακές προσβολές, πνευμονοπάθειες, ακόμη και καρκίνους στον πνεύμονα με αποτέλεσμα την πρόωρη θνησιμότητα των εκτεθειμένων πληθυσμών. Εκτιμάται ότι περίπου 0,8 εκατομμύρια θάνατοι το χρόνο παγκοσμίως προέρχονται από την ατμοσφαιρική ρύπανση σε αστικές περιοχές [55][29].

Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές καυσαερίων, μπορούν να ληφθούν μέτρα είτε πριν από τη διαδικασία καύσης (επεξεργασία πετρελαίου και τροποποιήσεις καυσίμου πετρελαίου) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης (μείωση του σχηματισμού αέριων ρύπων στη διαδικασία καύσης) ή μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων. Η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές μπορούν επίσης να μειωθούν με βελτιωμένες τεχνικές (π.χ. συστήματα αντιρρύπανσης, βελτιωμένοι κινητήρες), λειτουργικά μέσα (π.χ. μειωμένη ταχύτητα, δρομολόγηση μετεωρολογίας), εναλλακτικά καύσιμα (π.χ. LNG) και εναλλακτικά συστήματα πρόωσης (π.χ. κυψέλες καυσίμου, πανιά) [16][17][30].

Το κύριο κλάσμα του διοξειδίου του θείου που εκπέμπεται από τα πλοία θα οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και σχηματίζονται τα θειικά άλατα και οι ενώσεις του αζώτου τα οποία θα σχηματίσουν νιτρικό οξύ και νιτρικά άλατα και έτσι θα συμβάλουν στην όξυνση.

Θερμικά και νιτρικά αερολύματα μαζί με άμεσα εκπεμπόμενα σωματίδια όπως ο οργανικός και ο μαύρος άνθρακας έχουν επιπτώσεις τόσο στην υγεία όσο και στο κλίμα. Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και ΠΟΕ επηρεάζουν τα επίπεδα της ρύπανσης, ιδίως μέσω του αυξημένου σχηματισμού

όζοντος στην επιφάνεια. Το όζον είναι επίσης σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου και οι εκπομπές πρόδρομων ουσιών του όζοντος επηρεάζουν την οξείδωση του μεθανίου (CH₄) το οποίο αποτελεί σημαντικό αέριο θερμοκηπίου.

Οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (CO₂ και μικρές ποσότητες N₂O και CH₄) αλλάζουν την ισορροπία της ατμόσφαιρας. Υπάρχει σημαντική καθυστέρηση στη δημιουργία των συγκεντρώσεων ορισμένων από τα αέρια του θερμοκηπίου (π.χ. CO₂) και συνεπώς στις κλιματικές επιπτώσεις. Η γνώση του τρόπου με τον οποίο οι εκπομπές των πλοίων αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου βοηθάει στην ποσοτικοποίηση των κλιματικών επιπτώσεων. Ο χρόνος απόκρισης των κλιματικών ενώσεων είναι πολύ διαφορετικός, κυμαινόμενος από ημέρες έως αιώνες, και η χημική αλληλεπίδραση μεταξύ ρύπων είναι εξαιρετικά μη γραμμική.

2.1 ΡΥΠΟΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΥΡΙΣΜΟ

Ο κλάδος του τουρισμού ευθύνεται για το 5% των συνολικών εκπομπών CO₂ [39] και περίπου το 7,9% της παγκόσμιας θερμότητας [56]. Μέχρι το 2035 οι εκπομπές από τον τουρισμό αναμένεται να υπερδιπλασιαστούν [39].[2].

Η συμβολή του τομέα στην παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου αναμένεται να είναι ακόμα μεγαλύτερη ιδίως εάν μειωθούν οι εκπομπές σε άλλους τομείς [56].

Ο υπολογισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον τουρισμό είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος, ιδιαίτερα όταν τα περιβαλλοντικά δεδομένα χρησιμοποιούνται σε σύγκριση με οικονομικά δεδομένα για τη λήψη μετρήσεων αερίων του θερμοκηπίου. [18][31].

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για αυτή την πολυπλοκότητα. Καταρχήν ο τουρισμός περιλαμβάνει τόσο τα διεθνή όσο και τα ταξίδια εσωτερικού καθώς και τα κίνητρα συμπεριλαμβανομένων των επαγγελματικών και των ταξιδιών αναψυχής, καθώς και τις επισκέψεις σε φίλους και συγγενείς.

Προκειμένου να θεωρηθεί τουρισμός, θα πρέπει κάποιος να ταξιδεύει έξω από ένα συνηθισμένο περιβάλλον, για διάστημα όχι μεγαλύτερο από ένα συνεχόμενο έτος, είτε πρόκειται για διανυκτέρευση, είτε για ημερήσια εκδρομή.

Οι περισσότερες χώρες συλλέγουν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις διεθνείς αφίξεις των τουριστών, κάτι όμως που δε γίνεται οργανωμένα για τον εγχώριο τουρισμό.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα σχετικά με την απογραφή αερίων του θερμοκηπίου στον τουρισμό αφορά το κατά πόσο οι εκπομπές που προέρχονται από τον διεθνή (εισερχόμενο) τουρισμό σε μία δεδομένη χώρα θα πρέπει να θεωρούνται πλήρεις ή εν μέρει να θεωρούνται «εγχώριες» και αντιστρόφως αν οι εκπομπές από ταξίδια στο εξωτερικό από κατοίκους μίας δεδομένης χώρας θα πρέπει να θεωρείται «ξένες». Για παράδειγμα πολλά μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη (SIDS) λαμβάνουν μεγάλους όγκους διεθνούς τουρισμού σε σύγκριση με τον αριθμό των πληθυσμών τους καθιστώντας αναγκαίες τις εισαγωγές καυσίμων.

Δύο είναι οι βασικές επιλογές για την καταγραφή των εκπεμπόμενων ρύπων:

- Η προσέγγιση κατοίκων, που λαμβάνει υπόψη τις εκπομπές που προέρχονται από τον εγχώριο τουρισμό.
- Η προσέγγιση χώρας που λαμβάνει υπόψη τις εκπομπές που προκαλούνται από την κατανάλωση ενέργειας και καυσίμων που χρησιμοποιούνται στη χώρα, δηλαδή τις δεξαμενές καυσίμων.

Είναι δυνατοί οι συνδυασμοί και των δύο προσεγγίσεων, όπως και διαφορετικών συστημάτων.

Συνοψίζοντας αυτές τις δυσκολίες που δε συνάδουν με το εθνικό τουριστικό σύστημα, είναι δυνατό να συμπεριληφθούν, είτε αποκλειστούν υποτομείς του τουρισμού στους υπολογισμούς, όπως είναι οι μεταφορές, τα καταλύματα, τα αξιοθέατα, τα τρόφιμα, τα ποτά, οι κατασκευές (αεροδρόμια, λιμάνια, σιδηροδρομικοί σταθμοί, εστιατόρια κλπ.) καθώς και το marketing, οι πωλήσεις, οι αγορές και οι υπηρεσίες.

Για τους υποτομείς αυτούς, οι εκπομπές μπορούν να υπολογιστούν με βάση μία προσέγγιση κατανάλωσης ή παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων είτε εξαιρουμένων του κύκλου ζωής των ρύπων.

Ουσιαστικά με τον τρόπο αυτό θα περιλαμβάνονται είτε θα αποκλείονται οι ενσωματωμένες σε ένα προϊόν ή υπηρεσία εκπομπές (όπως για παράδειγμα ένας υπολογιστής ο οποίος κατασκευάζεται στην Ασία και αποστέλλεται για χρήση στην Ευρώπη).

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει πως η χρήση προσεγγίσεων κατανάλωσης/παραγωγής για τα εθνικά αποθέματα αερίων του θερμοκηπίου οδηγούν σε σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα [57][58] όπως και ο συνυπολογισμός του κύκλου ζωής των ρύπων[39].

Διάφορες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει επίσης διαφορετικές μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των ρύπων, όπως οι bottom up (από επάνω προς τα κάτω) ή top down (από κάτω προς τα επάνω) μεθοδολογίες είτε και συνδυασμό των δύο. Άλλες μελέτες χρησιμοποιούν την ανάλυση εισροών – εκροών λαμβάνοντας υπόψη δορυφορικές μετρήσεις τουρισμού ή και περιβαλλοντικές μετρήσεις.

Λόγω των διαφοροποιήσεων στις επιλεγμένες προσεγγίσεις, τα αποτελέσματα δεν είναι συγκρίσιμα.

Επιπλέον δεν είναι ευνοϊκό να υπολογιστούν οι εκπομπές που σχετίζονται με τον τουρισμό δεδομένου ότι τα εθνικά αποθέματα αερίων του θερμοκηπίου εξαιρούν τις δεξαμενές καυσίμου που αποτελούν και τις πλέον αξιόλογες εκτιμήσεις για τον τουρισμό.

Τα αποτελέσματα συνεπώς αποτελούν στις περισσότερες περιπτώσεις ενδείξεις της έντασης της ενέργειας των εκπεμπόμενων ρύπων από το τουριστικό σύστημα σε σύγκριση με τη χρήση ενέργειας και των εκπομπών σε εθνικό επίπεδο.

2.2 ΡΥΠΟΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Υπάρχει γενικά περιορισμένος αριθμός μελετών παγκοσμίως για τις εκπομπές ναυτιλιακών ρύπων εντός λιμένων. Δύο παραδείγματα τέτοιων αποτελούν οι μελέτες των Entec και Dalsoren [59][60].

Η μελέτη της Entec [60] έχει ως στόχο την ανάπτυξη κοινοτικής στρατηγικής για την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από τη ναυτιλία μέσω της ποσοτικοποίησης των εκπομπών SO₂, NO_x, CO₂ και υδρογονανθράκων σε Βόρειο θάλασσα, θάλασσα της Ιρλανδίας, Μάγχη, Βαλτική, Μαύρη και Μεσόγειο θάλασσα καθώς και την ποσοτικοποίηση των ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων εντός των λιμένων.

Επιπλέον στη μελέτη γίνεται προσπάθεια καθορισμού των εκπομπών όλων των σκαφών αλλά και κάθε σκάφους χωριστά για κάθε τύπο σκάφους με ειδικό διαχωρισμό αν ανήκει στην Ευρωπαϊκή κοινότητα ή όχι.

Για τον προσδιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων από τα σκάφη λήφθηκαν υπόψη [5]:

- Όλες οι κινήσεις των σκαφών
- Οι περιπτώσεις όπου ο λιμένας εκκίνησης και ο λιμένας προορισμού ανήκουν στην ίδια κοινότητα.
- Οι περιπτώσεις όπου ο λιμένας εκκίνησης βρίσκεται εντός της κοινότητας αλλά ο λιμένας προορισμού όχι,.
- Οι περιπτώσεις όπου ο λιμένας προορισμού βρίσκεται εντός της κοινότητας αλλά ο λιμένας εκκίνησης όχι.
- Οι περιπτώσεις όπου δεν υφίστανται καθόλου στάσεις εντός του κοινοτικού λιμένα.

Έπειτα πραγματοποιείται διεξαγωγή χαρτών και πινάκων για την απεικόνιση των εκπομπών και διεξαγωγή έρευνας αγοράς για τα ναυτιλιακά καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Τέλος, διεξάγεται έρευνα σκοπιμότητας των πλοίων που χρησιμοποιούν πολλαπλές ποιότητες Ναυτιλιακών καυσίμων.

Η μελέτη Dalsoren [59] χρησιμοποιεί μία προσέγγιση της διάρκειας ελλιμενισμού για τον υπολογισμό των ρύπων εντός των λιμένων.

Και οι δύο μελέτες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όσον αφορά τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων στους λιμένες, όμως πάσχουν από ανακριβή δεδομένα και παραδοχές για τη διάρκεια ελλιμενισμού.

Η μελέτη της Entec[60] χρησιμοποιεί δεδομένα ελλιμενισμού βασισμένα σε ερωτηματολόγια και παρόλο που η μελέτη Dalsoren [59]είναι ακριβέστερη διότι χρησιμοποιεί πραγματικά δεδομένα ελλιμενισμού, ωστόσο δεν είναι τόσο ακριβής καθώς τα σύνολα δεδομένων μετρούν τη διάρκεια ελλιμενισμού σε ημέρες και όχι σε ώρες και λεπτά.

Τα τελευταία χρόνια στα λιμάνια υπάρχουν εγκατεστημένα συστήματα απογραφής των εκπεμπόμενων ρύπων, όμως πολλές φορές δεν είναι εύκολο να διαχωριστούν οι ρύποι οι οποίες προέρχονται από τη ναυτιλία με αυτούς που προέρχονται από τις διάφορες δραστηριότητες εντός των λιμένων, της ενδοχώρας και γενικά της βιομηχανικής δραστηριότητας κοντά στον εκάστοτε λιμένα.

Επιπλέον υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός περιπτώσιολογικών μελετών για λιμένες και λιμενικές πόλεις που υπολογίζουν τις εκπομπές που σχετίζονται με τη ναυτιλία ανά περιοχή.

Αυτές οι μελέτες εφαρμόζουν μία ποικιλία από διαφορετικές μεθοδολογίες και ορισμούς, όμως τα αποτελέσματα των μελετών αυτών είναι δύσκολο να συγκριθούν μεταξύ τους [19].

Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των μεθοδολογιών αφορούν τους υπολογισμούς που βασίζονται στην κατανάλωση καυσίμου και τη δραστηριότητα των πλοίων.

Ο τελευταίος τύπος μελετών βασίζεται στη δραστηριότητα των πλοίων (όπως για παράδειγμα τη διάρκεια της κρουαζιέρας, τους ελιγμούς και τη διάρκεια ελλιμενισμού) ενώ ο πρώτος τύπος μελετών εξετάζει τους λογαριασμούς των καυσίμων των πλοίων για την εκτίμηση των εκπομπών. Το επίκεντρο των εκτιμήσεων διαφέρει σε σχέση με τις γεωγραφικές οριοθετήσεις (μόνο περιοχή λιμένων ή και χωρικά ύδατα) όσον αφορά τα συμπεριλαμβανόμενα πλοία (μόνο Ωκεάνια πλοία ή λιμενικά σκάφη) και σε σχέση με άλλες λιμενικές δραστηριότητες όπως και άλλοι τρόποι μεταφοράς εντός του λιμένα (φορτηγά και μηχανές έλξης) και εξοπλισμός διακίνησης φορτίου όπως γερανοί και άλλοι εξοπλισμοί.

Παρακάτω παρουσιάζεται μία βάση δεδομένων με τα κύρια ευρήματα των μελετών που αφορούν τον τομέα της ναυτιλίας, τροποποιημένη έτσι ώστε να επιτρέπεται η μεταξύ τους σύγκριση.

Πίνακας 2 Ακαδημαϊκές μελέτες για τις εκπομπές ρύπων στους λιμένες. (Stefan Gössling, 2013)

ΛΙΜΕΝΑΣ	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	ΠΗΓΗ
Hong Kong (China)	Activity based (AIS)	OGVs in territorial waters	Yau et al. 2012
Hong Kong (China)	Activity based (AIS)	OGVs in territorial waters	Ng et al. 2013
Shanghai (China)	Activity based	OGV and inland barges	Yang et al. 2007
Yangshan (China)	Activity-based (AIS)	Vessels in port area	Song 2014
Busan (Korea)	Activity based	Vessels in port area	Song & Shon 2014
Busan (Korea)	Activity based Vessels	equipment, port trucks trains	Shin & Cheong 2011
Incheon (Korea)	Activity based Vessels	equipment, port trucks, trains	Han et al. 2011
Kaohsiung (Taipei)	Activity based	Vessels and trucks in port area	Berechman & Tseng 2012
Kaohsiung (Taipei)	Cargo capacity, activity time	Merchant vessels	Liu et al. 2014
Klaipeda (Lithuania)	Activity based (LMIU)	Marine ships	Abrutyte et al. 2014
Taranto (Italy)	Air quality measurement Shipping	industry and urban traffic	Gariazzo et al. 2007
Ravenna (Italy)	Fuel consumption	Vessels in port area	Luciali et al. 2007
Venice, Piombino (Italy)	Fuel consumption	Marine ships in port area	Trozzi et al. 1996
Venice (Italy)	Air quality measurement	Vessels in port area	Contini et al. 2011
Brindisi (Italy)		Vessels and port equipment	Donateo et al. 2014
Ambarli (Turkey)	Activity based	Vessels in port area	Deniz & Kilic 2009
Izmir (Turkey)	Activity based	Vessels in port area	Saracoglu et al. 2013
Barcelona (Spain)	Activity based	Vessels, electricity, heating, cargo handling, vehicles, trucks, waste	Villalba & Gemechu 2011
Piraeus (Greece)	Fuel based & activity based	Vessels in port area	Tzanattos 2010a
Victoria, BC (Canada)	Air quality measurement	Cruise ships	Poplawski et al. 2011
Goteborg (Sweden)	Air quality measurement	Ships entering the inner part of port	Isakson et al. 2001
Copenhagen (Denmark)	Air quality measurement	Vessels in ports	Saxe & Larsen 2004
Mumbai (India)	Activity based	OGVs in port area	Joseph et al. 2009
Aberdeen (UK)	Air quality survey	Ships and trucks in the port area	Marr et al. 2007
13 main Spanish ports	Activity based	Vessels manoeuvring and hoteling	Castells Sanabra et al 2014
Rotterdam (Netherlands)	Fuel consumption	Ships at berth	Hulskotte & Denier van der Gon, 2010

Το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών σε λιμένες προέρχεται από τις δραστηριότητες της ναυτιλίας όπως συμπεραίνεται από τη συλλογή των μελετών. Πολλά εξαρτώνται από το μέγεθος του λιμένα, το μέγεθος της εκάστοτε πόλης, τα χαρακτηριστικά της, καθώς και το ποσοστό εκβιομηχάνισης.[40][41].

2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Οι διάφορες μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων από τη ναυτιλία μπορούν να συνοψιστούν σε τέσσερα μοντέλα, ανάλογα με το αν πρόκειται για bottom up ή για top down προσεγγίσεις αλλά και κατά πόσο ο γεωγραφικός χαρακτηρισμός των εκπομπών είναι bottom up ή top down [28].

- Σε μία πλήρη top down προσέγγιση, οι συνολικές εκπομπές υπολογίζονται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε σκάφους και η αποτίμηση βασίζεται σε καθόλου ή μερικές πληροφορίες σχετικά με τη θέση των σκαφών, εκτιμάται δηλαδή η γεωγραφική δραστηριότητα της ναυτιλίας με βάση μία ενιαία διαδρομή είτε με βάση μία συγκεκριμένη περιοχή δραστηριότητας ανεξάρτητα από το σκάφος που εκτελεί τη δραστηριότητα. Οι πρώτες μελέτες σχετικά με τις εκπομπές των πλοίων υιοθέτησαν την προσέγγιση αυτή και χρησιμοποίησαν διεθνή στατιστικά στοιχεία της χρήσης καυσίμων στα πλοία για να εκτιμήσουν τις εκπομπές των πλοίων, όμως τα αποτελέσματα αυτά θεωρήθηκαν αναξιόπιστα μεταγενέστερα.
- Σε μία πλήρη bottom up προσέγγιση οι ατμοσφαιρικοί ρύποι οι οποίοι εκπέμπονται από ένα πλοίο σε μία συγκεκριμένη θέση, υπολογίζονται συγκεντρώνοντας πληροφορίες ατομικά για κάθε σκάφος και για τη θέση του, δίνοντας μία εκτίμηση των συνολικών εκπομπών. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται πολύ πιο αξιόπιστη αλλά τα δεδομένα που απαιτούνται είναι σχετικά πρόσφατα συνεπώς δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που χρησιμοποιούν αυτή την προσέγγιση. Μία σημαντική ποσότητα μελετών χρησιμοποιεί υβριδική προσέγγιση.
- Υπάρχει ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί bottom up προσέγγιση για την αξιολόγηση των εκπεμπόμενων ρύπων και top down προσέγγιση για το γεωγραφικό χαρακτηρισμό τους. Με αυτή την προσέγγιση, η συγκέντρωση

των εκπομπών που παράγονται από όλα τα πλοία παρέχει εκτίμηση των συνολικών εκπομπών. Οι εκπομπές στη συνέχεια χαρακτηρίζονται γεωγραφικά βάσει παραδοχών πχ δραστηριότητες πλοίων ή μεμονωμένων γεωγραφικών περιοχών. Μία αρκετά πρόσφατη προσέγγιση αποτελεί χρήση αυτόματου συστήματος ταυτοποίησης δεδομένων (Automatic Identification System) για τη βελτίωση των θαλάσσιων δεδομένων.

- Το τέταρτο μοντέλο χρησιμοποιεί top down προσέγγιση για την εκτίμηση των συνολικών εκπομπών και επιπλέον bottom up προσέγγιση για το γεωγραφικό χαρακτηρισμό. Σε αυτή την προσέγγιση, αξιολογείται η παγκόσμια δραστηριότητα που διεξάγεται στο πλαίσιο μίας ενιαίας θαλάσσιας οδού ή ενός ενιαίου γεωγραφικού στοιχείου. Οι εκπομπές των μεμονωμένων στοιχείων συγκεντρώνονται με σκοπό να υπολογιστεί το σύνολο των εκπομπών και με τη χρήση παραδοχών εκχωρούνται οι εκπομπές στα διάφορα πλοία.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΡΥΠΩΝ

3.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Τα δεδομένα εκτίμησης των ρύπων για κάθε λιμάνι έχουν ληφθεί από τους Νικολουδάκη [5] και Μαρακογιάννη [2].

Η διαδικασία εκτίμησης των ρύπων ανά λιμένα είναι η ακόλουθη:

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου φορτίου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία αφίξεων και αναχωρήσεων των κρουαζιερόπλοιων από το εκάστοτε λιμεναρχείο. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του Google Earth περιγράφηκε η κίνηση των πλοίων μέχρι την προσάραξή τους στις αποβάθρες των λιμένων και υπολογίστηκε η συνολική απόσταση που διανύουν.

Η πορεία που κατέγραψαν τα πλοία διασπάστηκε σε μικρά ευθύγραμμα τμήματα ώστε να υπολογιστούν οι ρύποι για το κάθε ευθύγραμμο τμήμα χωριστά και στο τέλος να αθροιστούν οι ρύποι του συνόλου της διαδρομής.

Έπειτα, μέσω του ιστότοπου seaweb λήφθηκαν στοιχεία για τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μηχανής ενός αντιπροσωπευτικού κρουαζιερόπλοιου, με σκοπό να υπολογιστεί η απαιτούμενη ισχύς κύριας και εφεδρικής μηχανής. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η ονομαστική ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών του εκάστοτε πλοίου, οι συντελεστές φορτίου και για τους δύο τύπους κινητήρων, οι προγραμματισμένοι χρόνοι άφιξης και αναχώρησης προκειμένου να εκτιμηθεί ο χρόνος που δαπανάται σε διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας και οι συντελεστές εκπομπών των κινητήρων.

Κάθε ένας από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που παρήχθησαν κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας του πλοίου στο λιμάνι υπολογίστηκε με την ακόλουθη εξίσωση

$$(1)$$

Όπου:

E το σύνολο των αερίων ρύπων σε τόνους

i ο τύπος του υπό μελέτη αερίου (NO_x, SO_x, PM, CO₂, CH₄, N₂O)

J η φάση λειτουργίας του πλοίου

k τύπος μηχανής (κύρια ή εφεδρική)

P ισχύς του τύπου της υπό μελέτη μηχανής

LF συντελεστής φορτίου της μηχανής

EF συντελεστής εκπομπών κάθε αερίου (g/kWh)

T χρόνος δραστηριότητας

Για την εκτίμηση των εκπομπών στους λιμένες, το προφίλ των δραστηριοτήτων του πλοίου αναλύεται στη φάση του ελλιμενισμού (hoteling) και τη φάση των ελιγμών (maneuvering) με έναν αντιπροσωπευτικό τύπο και μέγεθος κινητήρα, συντελεστή φορτίου του κινητήρα, τύπο καυσίμου και χρόνο που δαπανάται σε κάθε τρόπο λειτουργίας.

Οι εκπομπές αερίων ρύπων κατά τη διάρκεια των ελιγμών και της αγκυροβόλησης υπολογίζονται από τις σχέσεις:

(2)

Και

(3)

Όπου:

E_M οι συνολικές εκπομπές ρύπων σε τόνους κατά τη φάση των ελιγμών

E_H οι συνολικές εκπομπές ρύπων σε τόνους κατά τη φάση του ελλιμενισμού

T_m ο χρόνος κατάπλου – απόπλου

P_{ME} η ισχύς των κύριων μηχανών του κρουαζιερόπλοιου

P_{AE} η ισχύς των εφεδρικών μηχανών του κρουαζιερόπλοιου

LF_{MEman} ο συντελεστής φορτίου της κύριας μηχανής κατά τη φάση των ελιγμών

LF_{MEhot} ο συντελεστής φορτίου της κύριας μηχανής κατά τη φάση του ελλιμενισμού.

LF_{AEman} ο συντελεστής φορτίου της εφεδρικής μηχανής κατά τη φάση των ελιγμών

LF_{AEhot} ο συντελεστής φορτίου της εφεδρικής μηχανής κατά τη φάση του ελλιμενισμού

EF_{ME} ο συντελεστής εκπομπών της κύριας μηχανής του πλοίου

EF_{AE} ο συντελεστής εκπομπών της εφεδρικής μηχανής του πλοίου

N ο αριθμός εισόδων – εξόδων του πλοίου στο λιμάνι

Οι συνολικές εκπομπές για κάθε λιμένα προκύπτουν αθροίζοντας τις εκπομπές όλων των κρουαζιερόπλοιων που επισκέπτονται το λιμένα για τη δεδομένη χρονική περίοδο.

3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Για την εκτίμηση των διαθέσιμων μονάδων ΑΠΕ στην περιοχή όπου ανήκει καθένας από τους υπό μελέτη λιμένες, έγινε χρήση του γεωπληροφοριακού χάρτη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ).

Ο γεωπληροφοριακός χάρτης της ΡΑΕ αποτελεί μία διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή (WebGIS) διάθεσης γεωχωρικών δεδομένων εξυπηρετώντας τη διαλειτουργικότητα μεταξύ φορέων.

Για τις ανάγκες της παρούσας επιλέχθηκαν τα χαρτογραφικά υπόβαθρα των μονάδων ΑΠΕ με άδεια λειτουργίας όπου εμφανίζονται σε μορφή πολυγώνων όλα τα διαθέσιμα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα ανά περιοχή. Κάθε πολύγωνο παρέχει πληροφορίες ισχύος, συνεπώς με βάσει τα δεδομένα κατανάλωσης για τις χρονολογίες 2013 έως 2015 έγινε επιλογή των κοντινών σε κάθε λιμένα σταθμών σε ισχύ τέτοια ώστε να καλύπτεται επαρκώς το φορτίο ζήτησης.

Πίνακας 3 Κατανάλωση ενέργειας από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στους εξεταζόμενους λιμένες

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		
Λιμένας	2013	2014	2015
Πειραιάς	39708,38	29276,48	28300,89
Ηράκλειο	5789	0	7332
Ηγουμενίτσα	0	166,33	136,63
Καβάλα	0	480	1192,7
Βόλος	796,07	1480,63	1690,01
Κέρκυρα	19429,84	32259,67	26825,98

Με βάση τις ώρες ελλιμενισμού υπολογίστηκε η ισχύς η οποία καταναλώθηκε ανά λιμένα και ανά έτος με σκοπό να υπάρξει μία εικόνα για το σύνολο της ισχύος των απαιτούμενων μονάδων ΑΠΕ ανά λιμένα.

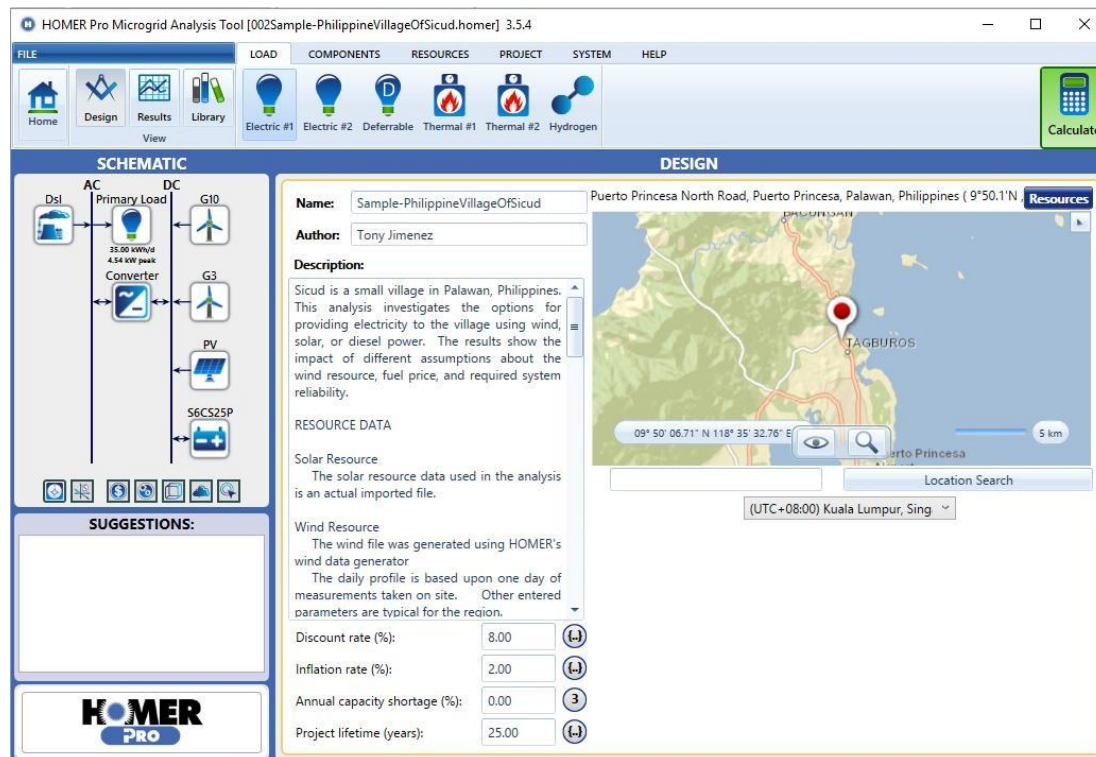
Στον πίνακα που ακολουθεί απεικονίζεται η ισχύς των διαθέσιμων μονάδων ΑΠΕ στην ευρύτερη περιοχή του εκάστοτε λιμένα.

Πίνακας 4 Διαθέσιμες ΑΠΕ κοντά στους λιμένες

ΛΙΜΕΝΕΣ	A/Γ (MW)	PV (MW)
Πειραιάς (Σταθμοί Αττικής)	393,09	108,36
Ηράκλειο	305,23	129,74
Ηγουμενίτσα	113,86	108
Καβάλα	341,15	216,3
Βόλος	265,2	18,6
Κέρκυρα (Σταθμοί Κεφαλονιάς)	100	0

Στις περιπτώσεις τις οποίες δεν υπήρχαν εγκατεστημένες μονάδες ΑΠΕ με άδεια λειτουργίας, είτε η ισχύς δεν ήταν αρκετή ώστε να καλύπτεται η ζήτηση φορτίου του εκάστοτε λιμένα, επιλέχθηκαν σταθμοί γειτονικών περιοχών όπως στην περίπτωση της Κέρκυρας όπου έγινε επιλογή αιολικών σταθμών συνολικής ισχύος 100kW από την Κεφαλονιά.

3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HOMER



Εικόνα 1 Γραφικό περιβάλλον του λογισμικού HOMER [61]

Το λογισμικό HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) αποτελεί ένα μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού το οποίο προσομοιώνει τη φυσική συμπεριφορά και υπολογίζει τον οικονομικότερο και τεχνικά αποδοτικότερο συνδυασμό μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης.

Πιο συγκεκριμένα, το λογισμικό HOMER έχει τη δυνατότητα να προσομοιώσει Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας πραγματοποιώντας υπολογισμούς του ενεργειακού ισοζυγίου για όλες τις ώρες του έτους.

Το HOMER μπορεί να μοντελοποιήσει συστήματα τα οποία μπορεί να αποτελούνται από:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Ανεμογεννήτριες
- Μικρά Υδροηλεκτρικά
- Γεννήτριες βιομάζας
- Παλινδρομικούς κινητήρες-γεννήτριες
- Κυψέλες καυσίμου
- Μπαταρίες
- Αποθήκευση Υδρογόνου

Το HOMER εκτελεί τρεις βασικές διεργασίες:

A. Προσομοίωση. Χρησιμοποιεί κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής ενδιαφέροντος, δεδομένα φορτίου καθώς και τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, τα μοντελοποιεί και χρησιμοποιεί όλους τους δυνατούς υπολογισμούς για όλες τις ώρες ενός έτους συγκρίνοντας την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής είτε θερμικής ενέργειας με την αντίστοιχη ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής είτε θερμικής ενέργειας και προτείνει διάφορους συνδυασμούς κάλυψης του φορτίου ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέξει είτε βάσει κόστους είτε βάσει απόδοσης, είτε σε έναν βέλτιστο συνδυασμό ισορροπίας μεταξύ των δύο.

B. Βελτιστοποίηση. Μετά τη διαδικασία της προσομοίωσης το HOMER επιδεικνύει έναν κατάλογο συνδυασμών τους οποίους ταξινομεί με βάση το καθαρό παρόν

κόστος, για να διευκολύνει τον χρήστη ως προς την επιλογή του κατάλληλου για εκείνον συνδυασμού.

Γ. Ανάλυση ευαισθησίας. Όταν οριστούν μεταβλητές ευαισθησίας ως δεδομένα εισόδου, το homer επαναλαμβάνει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης για κάθε μεταβλητή ευαισθησίας που εισάγεται.[1][61]

3.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟ HOMER

1. Ανάλυση φορτίου

Στο Homer ο όρος φορτίο αναφέρεται στην απαίτηση για ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια. Το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να μοντελοποιήσει τρία είδη φορτίου:

Α. Το κύριο φορτίο (primary load) αποτελεί την απαίτηση της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να ικανοποιείται με βάση μια συγκεκριμένη εφαρμογή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια σχετίζεται με τις ηλεκτρικές εφαρμογές πχ φώτα, ηλεκτρικές συσκευές κτλ. Όταν η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα υπάρχει έλλειμμα που το Homer το καταγράφει ως ανεκπλήρωτο φορτίο.

Β. Το μεταφέρσιμο φορτίο (deferrable load) είναι η ηλεκτρική απαίτηση που μπορεί να ικανοποιήσει το σύστημα σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η ικανότητα αποθήκευσης φορτίου αποτελεί πλεονέκτημα του συστήματος όταν η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν είναι συνεχόμενη. Αν η εφαρμογή φορτίου από την πηγή είναι μεγαλύτερη από το κύριο φορτίο το πλεόνασμα ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορτίο αποθήκευσης.

Γ. Το θερμικό φορτίο (Thermal load) μοντελοποιείται από το Homer με τον ίδιο τρόπο που μοντελοποιείται και το κύριο με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσής του.

Στο λογισμικό *Homer* στην ανάλυση φορτίου ο χρήστης μπορεί να περάσει τις τιμές όπου κατανάλωσε το φορτίο κατά την διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα και τον τύπο της ημέρας, δηλαδή αν είναι καθημερινή ή σαββατοκύριακο. Επίσης μπορεί να ρυθμίσει την μεταβολή της κατανάλωσης από ημέρα σε ημέρα και από ώρα σε ώρα. Ακόμα με την βοήθεια του πίνακα όπου απεικονίζεται ο μέσος όρος κατανάλωσης ημερήσιος (kWh/day) ο μέσος όρος κατανάλωσης ανά ώρα (kW), το μέγιστο όπου

έχει καταγραφεί κατά την διάρκεια του χρόνου και το συντελεστή φορτίου, έχει την δυνατότητα να ρυθμίσει τη μεταβολή της κατανάλωσης.

Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιεί τα δεδομένα κλίμακας (Scaled Data) για τους υπολογισμούς του. Για να δημιουργήσει τα δεδομένα κλίμακας το πρόγραμμα πολλαπλασιάζει κάθε μία από τις βασικές τιμές με ένα συντελεστή που προκύπτει από τη μέση ετήσια τιμή κλίμακας (Scaled Annual Average). Για να προσδιοριστεί αυτός ο συντελεστής το HOMER διαιρεί την τιμή της μέσης ετήσιας τιμής κλίμακας με τη μέση ετήσια τιμή βάσης (Baseline Annual Average). Τα δεδομένα κλίμακας παρά το γεγονός πως διατηρούν το σχήμα και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των βασικών δεδομένων διαφέρουν ως προς το μέγεθος.

Η χρήση των δεδομένων κλίμακας ενδείκνυται για τη μετατροπή μονάδων ή για την απόδοση ανάλυσης ευαισθησίας του μεγέθους του κύριου φορτίου. Έτσι για παράδειγμα μετρήσεις px από ένα μεσαίας κλίμακας ξενοδοχείο, προσαρμόζονται σε ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο ξενοδοχείο καθώς η μορφή της διακύμανσης της ζήτησης είναι περίπου σταθερή.

Η παράμετρος Random Variability δείχνει τη μεταβολή-διακύμανση της ζήτησης. Όσο μεγαλύτερα τα ποσοστά τόσο μεγαλύτερη η διακύμανση της ζήτησης από εποχή σε εποχή. Υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της κατανάλωσης από ημέρα σε ημέρα (Day to day) και από ώρα σε ώρα (Time step to time step). Αλλάζοντας μία από τις παραμέτρους αυτές παρατηρείται αντίστοιχη διαφοροποίηση στην ετήσια μέση τιμή κλίμακας η οποία διατηρεί το σχήμα και στατιστικά χαρακτηριστικά των βασικών δεδομένων, αλλά διαφοροποιείται ως προς το μέγεθος. Ουσιαστικά αυτό που αλλάζει είναι ότι εκτελείται ανάλυση ευαισθησίας σε σχέση με το μέγεθος του πρωτεύοντος φορτίου.

Η προεπιλεγμένη τιμή για την ετήσια μέση τιμή κλίμακας είναι μέση ετήσια τιμή βάσης. Όταν οι δύο τιμές είναι ίσες, τα δεδομένα κλίμακας και τα βάσης είναι ταυτόσημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μέσος όρος του φορτίου αναφέρεται σε kWh/day, ενώ το φορτίο αιχμής αναφέρεται σε kW.

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει στην ίδια οθόνη με εκείνη της εισαγωγής αποτελεσμάτων, ένα τυπικό ημερήσιο προφίλ και ένα dmap που δείχνει πως μεταβάλλεται η ζήτηση ανά εποχή και ανά τύπο

ώρας. Επίσης πραγματοποιείται εκτίμηση για το εύρος της ζήτησης ανά μήνα (μέση αναμενόμενη, μέγιστη και ελάχιστη)

2. ΔΙΚΤΥΟ (GRID)

Από το schematic μπορεί να προσδιοριστεί αν το φορτίο και οι πηγές είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή όχι.

Η ισχύς του δικτύου αποτελεί την πλέον σημαντική πληροφορία στα συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα.

Το πεδίο μοντελοποίησης του δικτύου περιέχει την εισαγωγή δεδομένων για τους ρυθμούς, τις απώλειες και τις προηγμένες ρυθμίσεις. Στους ρυθμούς καθορίζονται τα κόστη της ισχύος που λαμβάνεται από το δίκτυο, στις απώλειες καθορίζονται οι παράγοντες απωλειών για την ισχύ του δικτύου και στις προηγμένες ρυθμίσεις τίθενται προηγμένες μεταβλητές.

3. ΕΚΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ (emissions)

Στο HOMER υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής των ρυπογόνων παραγόντων του εκάστοτε συστήματος. Το HOMER χρησιμοποιεί αυτές συγκεκριμένους συντελεστές για τον υπολογισμό των ρύπων που προέρχονται από την ισχύ του δικτύου και τη μείωση των ρύπων εξαιτίας της τοπικής παραγωγής. Οι τιμές των συντελεστών αυτών εξαρτώνται από τον τρόπο από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με τη μελέτη εγκατάστασης.

4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το HOMER είναι δυνατό να προσομοιώσει όλα τα οικονομικά δεδομένα του συστήματος, από τις τιμές του αγοράς και πώλησης του δικτύου μέχρι τα κόστη εγκατάστασης, αναμονής και σύνδεσης των σταθμών ΑΠΕ συμβάλλοντας στην αντίληψη ανάγκης βελτιστοποίησης του συστήματος με βάση οικονομικές παραμέτρους αλλά και στην τελική επιλογή του προτεινόμενου από το λογισμικού συστήματος

5. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Η/Ε

Στο λογισμικό HOMER παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής της εκάστοτε τεχνολογίας παραγωγής είτε μέσα από μία πολύ μεγάλη βάση δεδομένων, είτε μεμονωμένα οπότε και υπάρχει η δυνατότητα καταχώρησης των χαρακτηριστικών της όπως είναι η ονομαστική ισχύς (Rated Power), η επιθυμητή ποσότητα (quantity), η διάρκεια ζωής (lifetime) το αρχικό κεφάλαιο (Capital), το κόστος αντικατάστασης (Replacement), το κόστος συντήρησης (O&M) κλπ.

Ανάλογα με το είδος της τεχνολογίας υπάρχουν διαθέσιμα όλα τα πεδία που αφορούν παραμετροποιήσεις.

6. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Αρκεί μόνο η εισαγωγή συντεταγμένων (Latitude & Longitude) και η επιλογή χρονικής ζώνης (Time Zone)ώρας και το λογισμικό διαθέτει βάση δεδομένων με κλιματολογικά δεδομένα για όλες τις περιοχές.

Υπάρχει φυσικά η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων μετρήσεων μεγαλύτερης ακρίβειας με πιο τοπικό χαρακτήρα.

7. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Τα αυτόνομα συστήματα χρειάζονται συνήθως συστήματα αποθήκευσης που θα τους επιτρέπουν την απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας όταν η άμεση παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά δεν είναι δυνατή. Στο Homer η δυνατότητα αποθήκευσης δίνεται μέσω της επιλογής της κατάλληλης μπαταρίας. Όπου πάλι υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής παραμέτρων και χαρακτηριστικών.

Αφού παραμετροποιηθούν όλα τα στοιχεία του συστήματος το HOMER υπολογίζει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς του συστήματος για την αποτελεσματική κάλυψη του φορτίου. Αν το αποτέλεσμα δεν ικανοποιεί το χρήστη ως προς κάποια παράμετρο, με τη διαδικασία της βελτιστοποίησης το πρόγραμμα τρέχει ξανά τα στοιχεία με τις παραμέτρους που έχουν μεταβληθεί.

Αφού επιλεγεί το καταλληλότερο σύστημα, το HOMER τρέχει τους κατάλληλους υπολογισμούς και παρουσιάζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης όπως παρουσιάζονται και στο κεφάλαιο 4.

4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η εμπειρική μελέτη που θα παρουσιαστεί παρακάτω έχει ως στόχο την εύρεση λύσεων για την ενεργειακή κάλυψη του φορτίου που απαιτούν τα κρουαζιερόπλοια κατά τα διαρκεία του ελλιμενισμού τους μέσω υφιστάμενων σταθμών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Απώτερο στόχο αποτελεί η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων σε λιμάνια από τη δραστηριότητα των κρουαζιερόπλοιων τα οποία κατά τη φάση του ελλιμενισμού αποτελούν και τους μεγαλύτερους ρυπαντές.

Η ανάλυση του φορτίου των υπό μελέτη λιμένων έχει πραγματοποιηθεί από μελέτες των Νικολουδάκη (2015), Μαρακογιάννη (2017).

Στην παρούσα γίνεται μία προσπάθεια καταγραφής των υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ κοντά στα λιμάνια ενδιαφέροντος και έπειτα μέσω της χρήσης του λογισμικού HOMER πραγματοποιείται προσομοίωση του συστήματος με την προσθήκη των τεχνολογιών αξιοποίησης ΑΠΕ και του φορτίου του εκάστοτε λιμένα.

Μέσω του γεωπληροφοριακού χάρτη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση των υφιστάμενων Αιολικών και Φωτοβολταϊκών σταθμών που βρίσκονται κοντά στους υπό μελέτη λιμένες και έχουν άδεια λειτουργίας. Έτσι προέκυψαν τα δεδομένα της εγκατεστημένης ισχύος από ΑΠΕ τα οποία όπως προκύπτει παρακάτω, χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση κάλυψης φορτίου.

4.1 ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

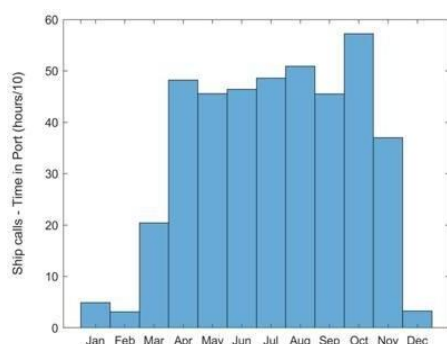
Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς, ο Πειραιάς αποτελεί το μεγαλύτερο λιμάνι της Ελλάδας καθώς και ένα από τα μεγαλύτερα της Μεσογείου. Κατέχει κομβική θέση για τη σύνδεση της νησιωτικής με την Ηπειρωτική Ελλάδα καθώς και για διεθνές εμπόριο και μεταφορές καθώς αποτελεί το σταυροδρόμι Ασίας-Ευρώπης και Αφρικής. Ο Πειραιάς αποτελεί επίσης διεθνές κέντρο κρουαζιέρας

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στο λιμένα του Πειραιά απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα.

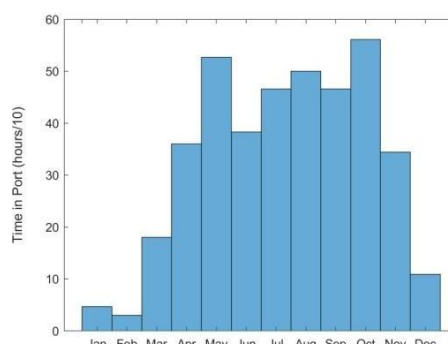
Πίνακας 5 Κατανάλωση ενέργειας λιμένα Πειραιώς

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(kWh/year)
2013	39708,38
2014	29276,48
2015	28300,89

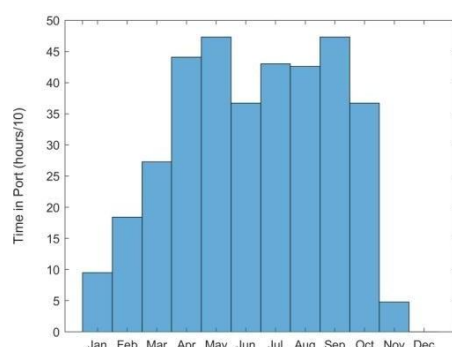
Στα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζονται οι ώρες ελλιμενισμού των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Πειραιά για τα έτη 2013, 2014 και 2015 όπως έχουν προκύψει από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 2 Ώρες ελλιμενισμού 2013



Εικόνα 3 Ώρες ελλιμενισμού 2014



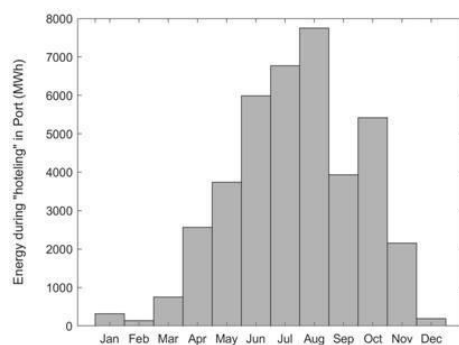
Εικόνα 4 Ώρες ελλιμενισμού 2015

Οι ώρες ελλιμενισμού στο λιμάνι του Πειραιά δεν παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια των ετών 2013 έως 2015.

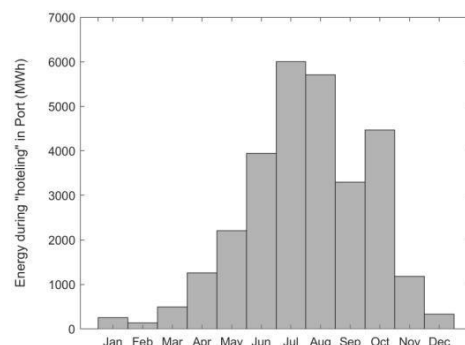
Οι μήνες Απρίλιος έως Νοέμβριος είναι αυτοί που παρουσιάζουν και στα τρία έτη τη μεγαλύτερη δραστηριότητα και αυτό είναι λογικό καθώς καλύπτουν το σύνολο της τουριστικής περιόδου για την Ελλάδα.

Συνολικά παρατηρείται μικρή αύξηση της διάρκειας ελλιμενισμού τους εαρινούς μήνες για το έτος 2015 η οποία αντισταθμίζεται με ταυτόχρονη μείωση της διάρκειας ελλιμενισμού τους θερινούς μήνες. Επίσης το Δεκέμβριο του 2015 δεν υπήρχε καμία δραστηριότητα από κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά.

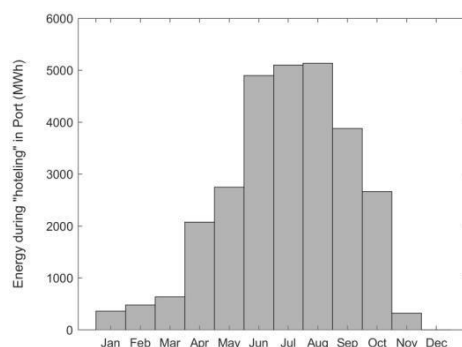
Σε συνάρτηση με τα διαγράμματα ενέργειας γίνεται αντιληπτός ο όγκος των επιβατών και αντίστοιχη δραστηριότητα.



Εικόνα 5 Κατανάλωση ενέργειας 2013



Εικόνα 6 Κατανάλωση ενέργειας 2014



Εικόνα 7 Κατανάλωση ενέργειας 2015

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι του Πειραιά τις αντίστοιχες χρονολογίες δεν είναι ανάλογη της διάρκειας ελλιμενισμού για τους περισσότερους μήνες.

Αυτό πιθανά συμβαίνει γιατί ο όγκος των επιβατών κρουαζιέρας είναι μεγαλύτερος τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο όπου παρατηρείται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες ενώ για μήνες όπως ο Οκτώβρης όπου παρατηρείται μεγαλύτερη διάρκεια ελλιμενισμού η απαιτούμενη ενέργεια είναι μικρότερη, συνεπώς είναι μικρότερο το φορτίο.

Η μορφή της καμπύλης ενέργειας είναι η αναμενόμενη και για τα τρία έτη, καθώς παρατηρείται αυξημένη απαίτηση κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και κατά συνέπεια της τουριστικής για τη χώρα περιόδου και πολύ χαμηλό φορτίο για τους χειμερινούς μήνες όπου όμως πάλι παρατηρείται δραστηριότητα σε πολύ χαμηλότερα όμως επίπεδα.

Τέλος, το 2015 παρατηρείται μικρή μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας συνολικά για όλους τους μήνες ανάλογη της μείωσης των συνολικών ωρών ελλιμενισμού όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.

4.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

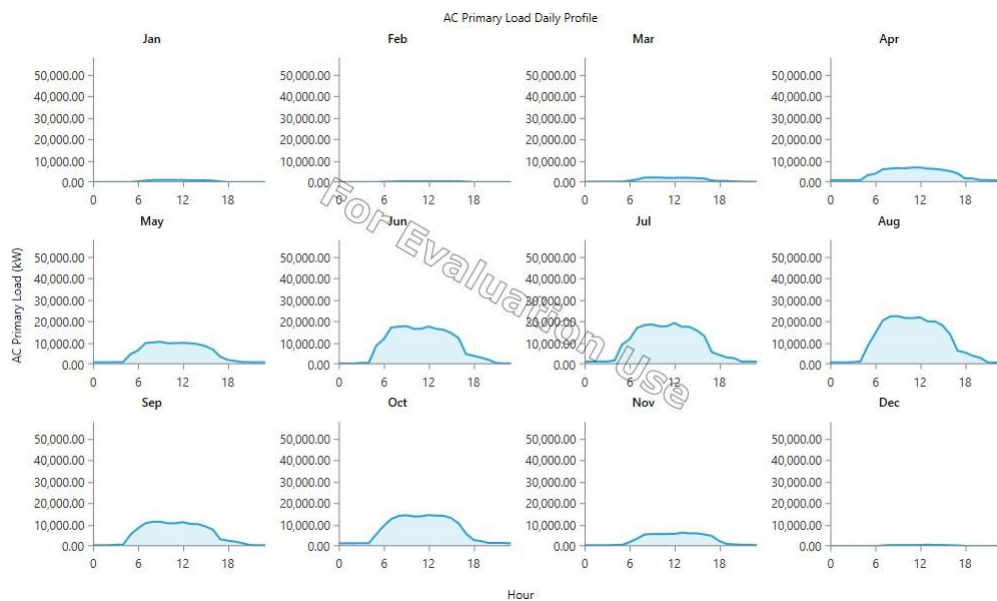
Βάσει του γεωπληροφοριακού χάρτη της ΠΑΕ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής είναι 393,09 MW αιολικοί σταθμοί με άδεια λειτουργίας και Φωτοβολταϊκοί σταθμοί συνολικής ισχύος 108,36 MW.

Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER επιλέχθηκε ο βέλτιστος συνδυασμός των μονάδων ΑΠΕ με σκοπό τη μέγιστη και βιώσιμη κάλυψη του φορτίου με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

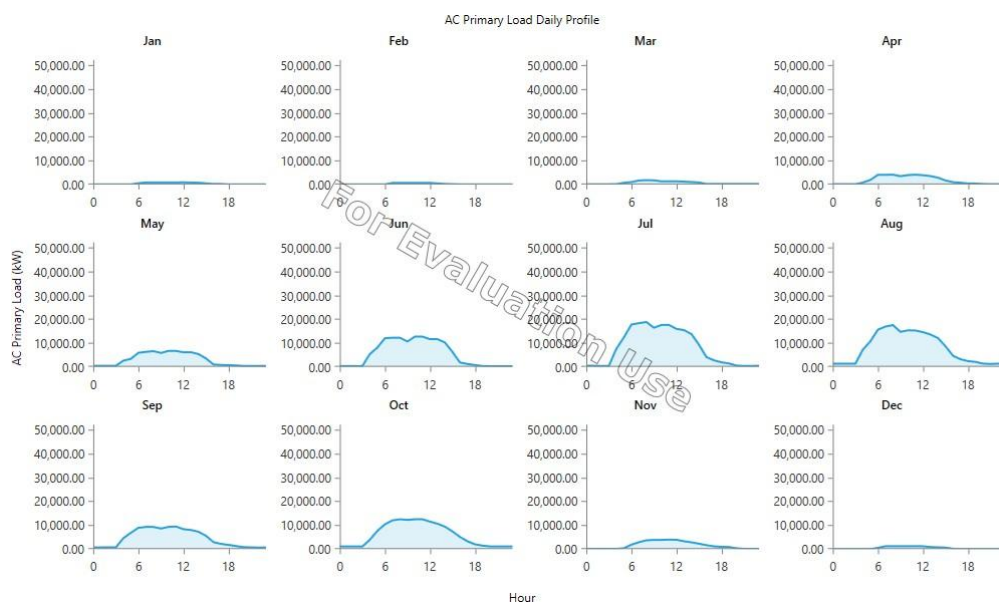
Πίνακας 6 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμάνι του Πειραιά

	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (kW)	V82 (kW)
2013	62787	82500
2014	85573	123750
2015	40000	99000

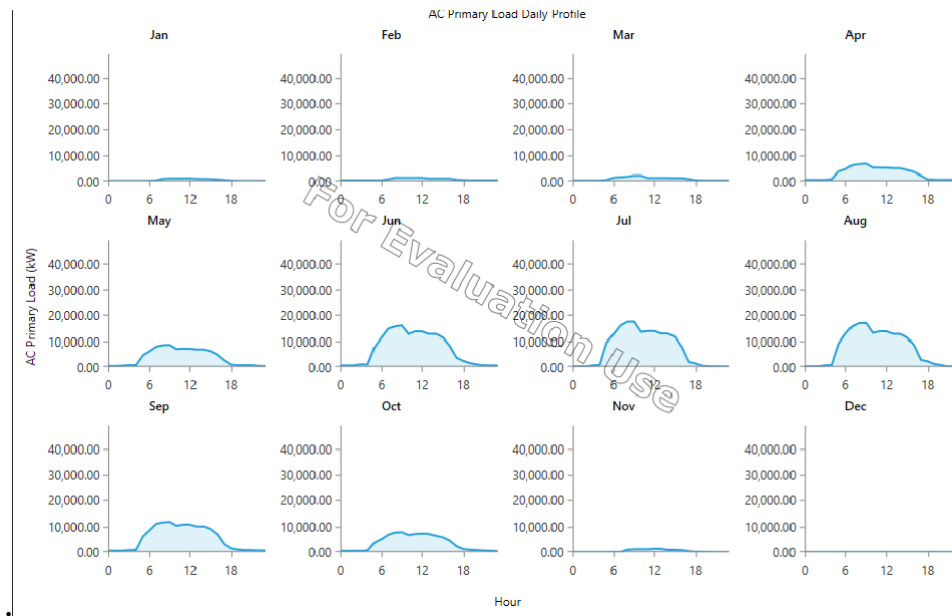
Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμάνι του Πειραιά είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 8 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2013.



Εικόνα 9 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2014



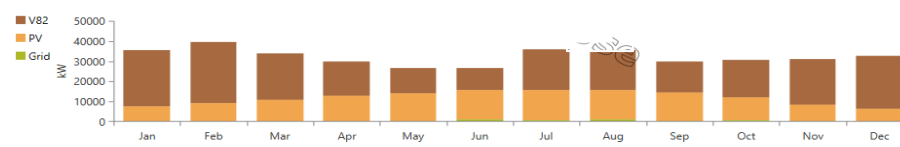
Εικόνα 10 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες στο λιμάνι του Πειραιά για το έτος 2015

Οι καμπύλες φορτίου καλύπτουν μεγαλύτερο εμβαδό τους μήνες από Απρίλιο έως Οκτώβρη. Τους υπόλοιπους μήνες υπάρχει μικρότερη δραστηριότητα.

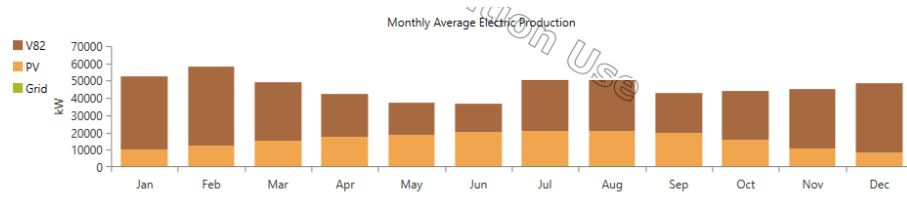
Η δραστηριότητα των επιβατών κρουαζιέρας ξεκινάει τις πρώτες πρωινές ώρες έως και λίγο μετά τις έξι το απόγευμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατανομές δε διαφοροποιούνται ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ετών 2013, 2014 και 2015.

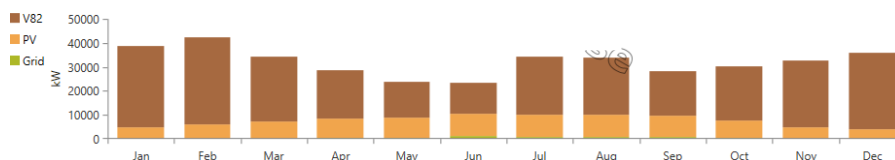
Η κάλυψη των φορτίων με βάση το σενάριο προσομοίωσης που επιλέχθηκε είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 11 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013.



Εικόνα 12 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014



Εικόνα 13 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015

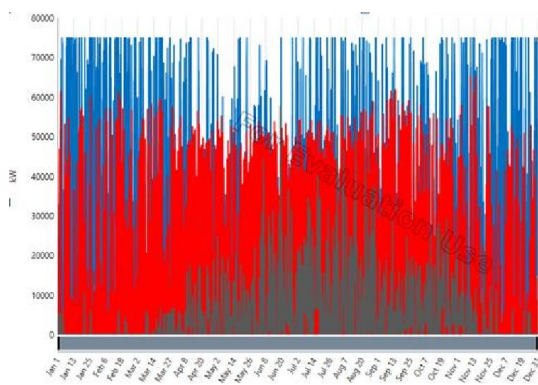
Το φορτίο στο μεγαλύτερο μέρος του καλύπτεται από αιολική παραγωγή, ιδιαίτερα για το έτος 2015. Το ποσοστό διείσδυσης της εκάστοτε τεχνολογίας εξαρτάται εκτός από το φορτίο, και από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες.

Τα ακριβή ποσοστά διείσδυσης καθώς και οι αγορές από το δίκτυο απεικονίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

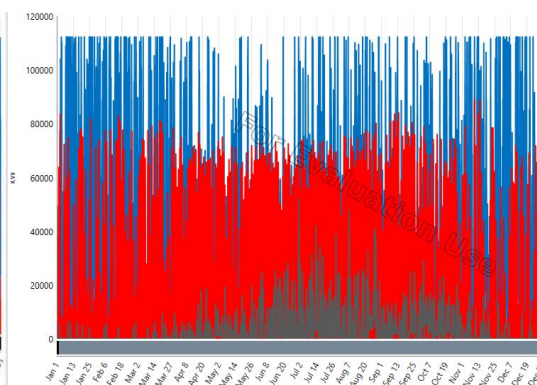
Πίνακας 7 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (%)	2013	2014	2015
PV	35,4	33,5	22,7
Vestas V82 production	63	65,7	76
Grid Purchases	1,57	0,757	1,34

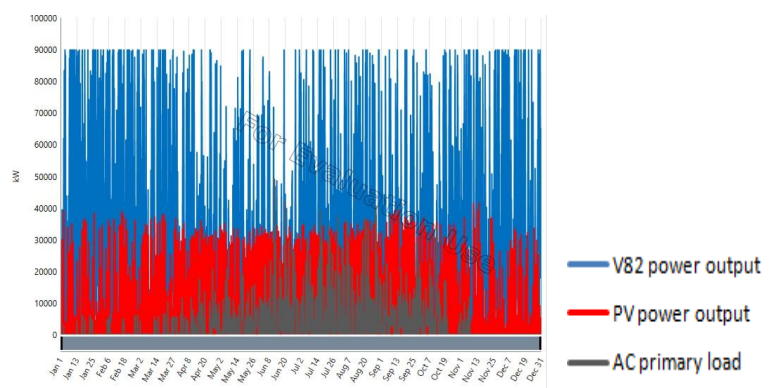
Παρακάτω απεικονίζονται σε κοινό διάγραμμα η φωτοβολαϊκή και αιολική ισχύς καθώς και το φορτίο στη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 14 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013



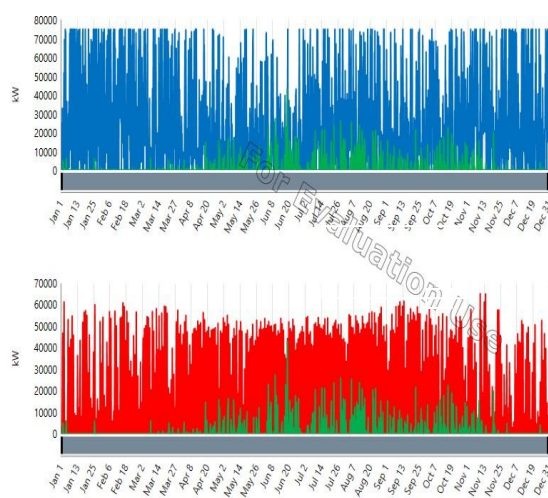
Εικόνα 15 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014



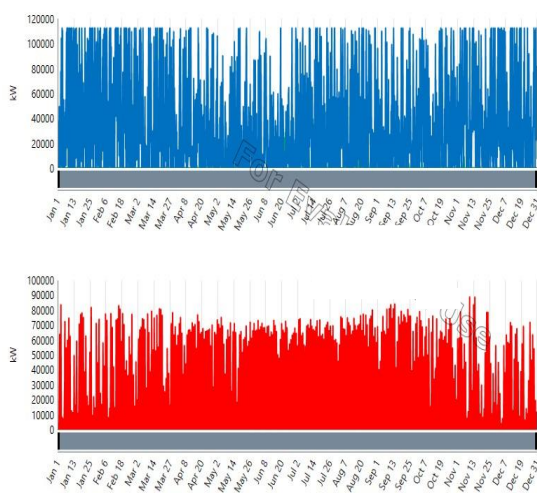
Εικόνα 16 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015

Η αιολική παραγωγή φαίνεται να καλύπτει πλήρως το απαιτούμενο φορτίο στο λιμάνι του Πειραιά, όμως για λόγους ευστάθειας του δικτύου επιλέχθηκε συνδυασμός φωτοβολταϊκής και αιολικής παραγωγής.

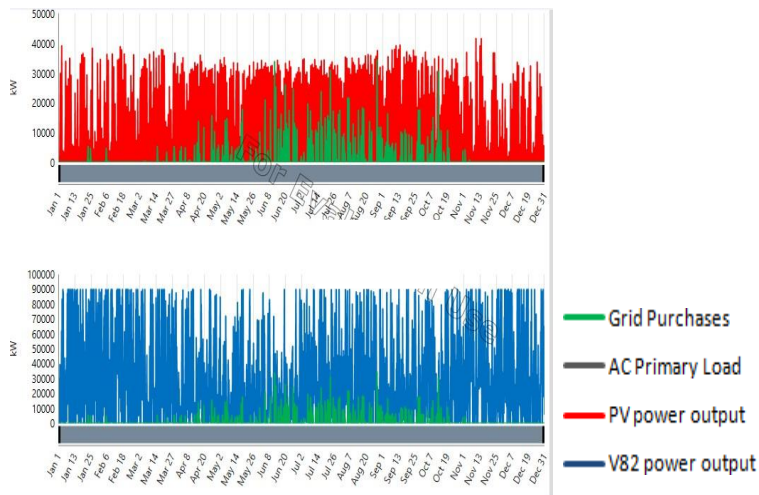
Οι αγορές από το δίκτυο κατά τη διάρκεια του έτους σε συνδυασμό με κάθε τεχνολογία χωριστά, απεικονίζονται ξεκάθαρα στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 17 Αγορές από το δίκτυο 2013



Εικόνα 18 Αγορές από το δίκτυο 2014



Εικόνα 19 Αγορές από το δίκτυο ανά τεχνολογία 2015

Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πραγματοποιούνται αγορές από το δίκτυο κατά τους μήνες όπου το φορτίο είναι αυξημένο σε σχέση με τους υπόλοιπους Εικόνα 9.

Το έτος 2014 η κάλυψη του φορτίου επιτυγχάνεται σε ποσοστό 99,2% από τις ΑΠΕ και μόνο το 0,8% αφορά αγορές από το δίκτυο.

Τα έτη 2013 και 2015 οι ΑΠΕ καλύπτουν το φορτίο κατά 98,4 και 98,7% αντίστοιχα.

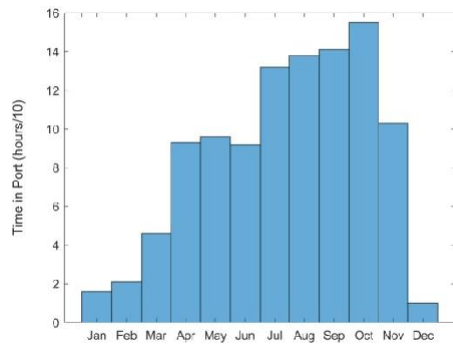
4.2 ΛΙΜΕΝΑΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού λιμένος Ηρακλείου, ο λιμένας Ηρακλείου είναι ο τρίτος μεγαλύτερος σε επιβατική κίνηση λιμένας της Ελλάδας, ενώ κατέχει σημαντική γεωστρατηγική θέση στη Νοτιοανατολική Μεσόγειο.

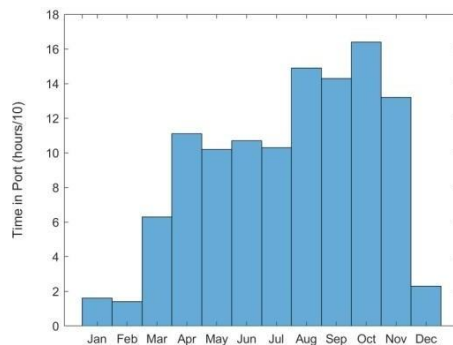
Ο λιμένας Ηρακλείου ανήκει στους έξι ελληνικούς λιμένες που έχουν χρησιμοποιηθεί ή χρησιμοποιούνται έως σήμερα ως λιμένες αφετηρίας για αρκετές κρουαζιέρες.

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στο λιμένα Ηρακλείου ανέρχεται στις 5789 kWh το έτος 2013 και στις 7332 kWh το έτος 2015.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζονται οι ώρες ελλειμνισμού των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Ηρακλείου για τα έτη 2013 και 2015.



Εικόνα 20 Ώρες ελλιμενισμού 2013



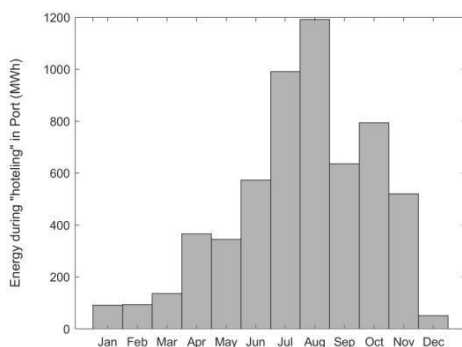
Εικόνα 21 Ώρες ελλιμενισμού 2015

Για το έτος 2014 δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα.

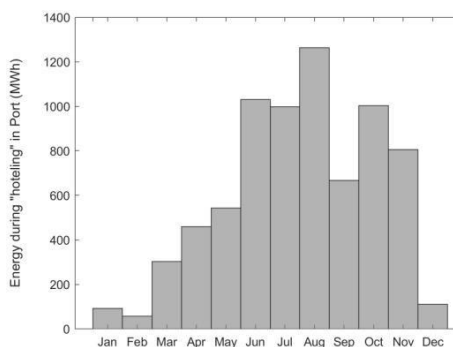
Το έτος 2015 παρατηρείται μικρή αύξηση των ωρών ελλιμενισμού της τάξεως του 3% περίπου.

Η μορφή της καμπύλης είναι σχεδόν ίδια και για τις δύο χρονολογίες. Οι μήνες με τη μεγαλύτερη δραστηριότητα ταυτίζονται με αυτήν της τουριστικής περιόδου. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μεγάλη διάρκεια ελλιμενισμού και το μήνα Νοέμβριο.

Η ενέργεια που καταναλώθηκε από τα κρουαζιερόπλοια κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού δεν είναι ανάλογη των ωρών ελλιμενισμού για το έτος 2013 όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22 Κατανάλωση ενέργειας 2013



Εικόνα 23 Κατανάλωση ενέργειας 2015

Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη διάρκεια ελλιμενισμού παρατηρείται τον Οκτώβριο ενώ το μήνα Αύγουστο παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ποσά καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτό είναι λογικό καθώς τον Αύγουστο είναι μεγαλύτερος και ο αριθμός των επιβατών.

Η μορφή της καμπύλης για το έτος 2015 διαφοροποιείται από αυτή του 2013 καθώς φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός επιβατών το έτος 2015.

4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Βάσει του γεωπληροφοριακού χάρτη της ΡΑΕ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης είναι 305,23MW αιολικοί σταθμοί με άδεια λειτουργίας και Φωτοβολταϊκοί σταθμοί συνολικής ισχύος 129,74 MW.

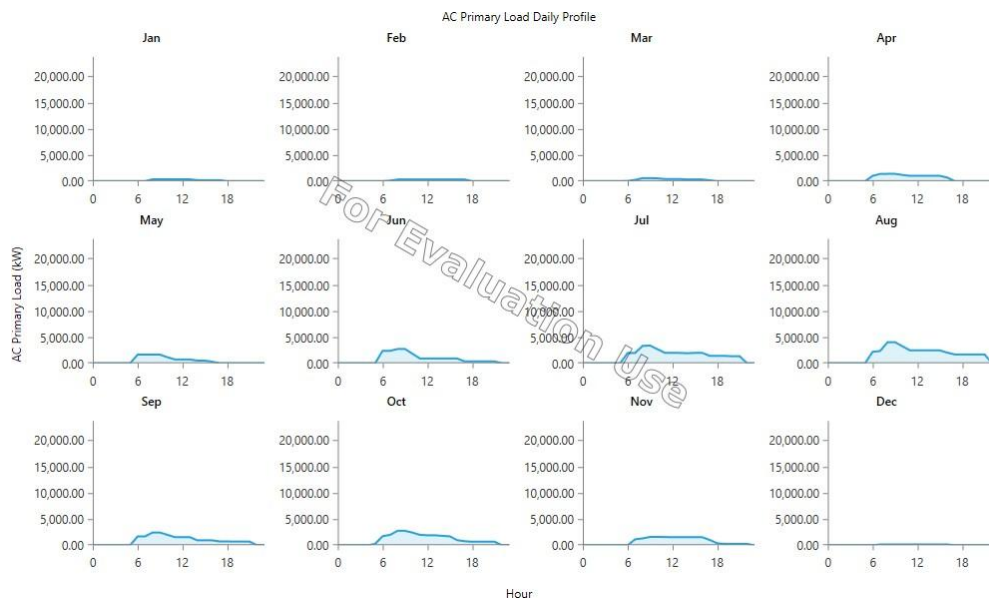
Η εγκατεστημένη αυτή ισχύς υπερκαλύπτει τη ζήτηση για το λιμάνι του Ηρακλείου συνεπώς έγινε προσπάθεια επιλογής σταθμών ΑΠΕ που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου.

Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER επιλέχθηκε ο βέλτιστος από άποψη βιωσιμότητας και κάλυψης φορτίου συνδυασμός ενεργειακού μίγματος με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

Πίνακας 8 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Ηρακλείου

	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (kW)	V82 (kW)
2014	42848	49500
2015	51393	82500

Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμάνι του Πειραιά είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 24 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2013.



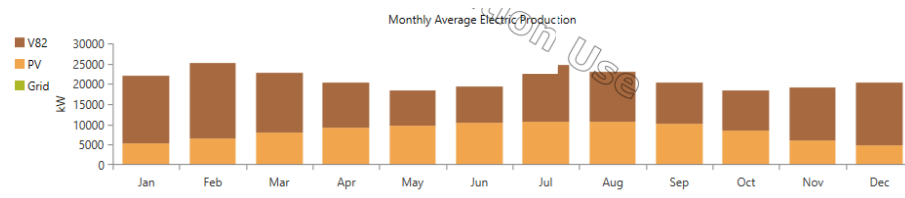
Εικόνα 25 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Ηρακλείου για το έτος 2015

Οι μήνες με τη μεγαλύτερη απαίτηση φορτίου είναι οι θερινοί μήνες έως και το Νοέμβρη και η καμπύλη ωριαίας αναφοράς φορτίου καλύπτει τις πρώτες πρωινές ώρες έως και λίγο μετά τις έξι το απόγευμα.

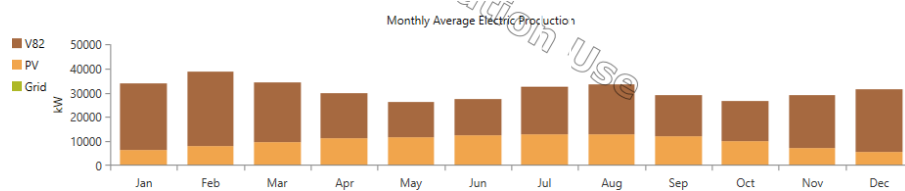
Το μεγαλύτερο εμβαδό της καμπύλης κατανομής καλύπτει τις πρώτες πρωινές ώρες έως τις 12 το μεσημέρι περίπου. Αυτό πιθανά υποδηλώνει το γεγονός ότι οι

περισσότερες δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα μέχρι τις 12 περίπου όπου λίγο μετά αποχωρούν οι επιβάτες για τουριστικές δραστηριότητες.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που αφορούν την κάλυψη των παραπάνω φορτίων από τις υφιστάμενες μονάδες ΑΠΕ της περιοχής.



Εικόνα 26 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013



Εικόνα 27 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015

Τα ποσοστά διείσδυσης των υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ είναι τα εξής:

Πίνακας 9 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία.

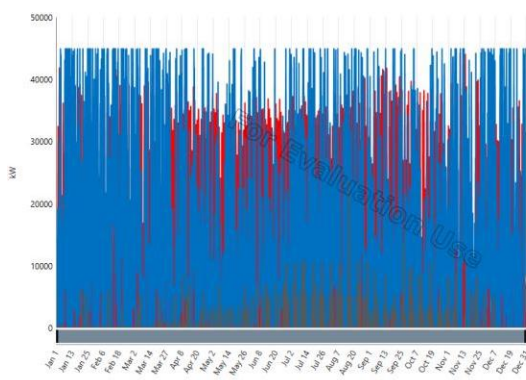
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (%)	2013	2015
PV	39,4	31,9
Vestas V82 production	60,4	67,9
Grid Purchases	0,226	0,234

Η κάλυψη του φορτίου είναι σχεδόν επαρκής για τα έτη 2013 και 2015 κυρίως με αιολική παραγωγή, αλλά και με μία μικρή συμμετοχή των Φωτοβολταϊκών σταθμών σταθερή για όλους τους μήνες ανεξάρτητα από την απαιτούμενη ισχύ του φορτίου.

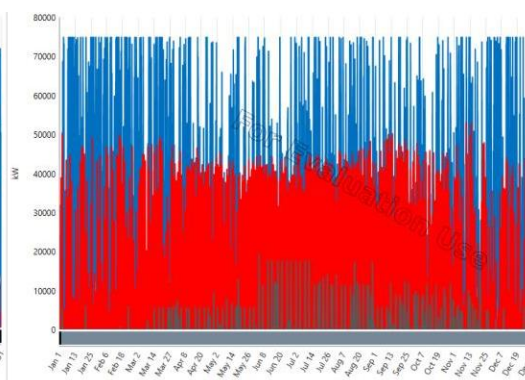
Αναλυτικά στα διαγράμματα Εικόνα 28 και Εικόνα 29 αναπαρίστανται τα ποσά συμμετοχής της κάθε τεχνολογίας.

Έχει γίνει μία προσπάθεια βελτιστοποίησης μέσω του λογισμικού HOMER με σκοπό τη μείωση του ποσοστού διείσδυσης των ανεμογεννητριών και αύξηση του ποσοστού διείσδυσης της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας με σκοπό την εξισορρόπηση του μείγματος καθώς και για να είναι οικονομικά βιώσιμο και ρεαλιστικό το αποτέλεσμα.

— V82 power output
 — PV power output
 — AC primary load



Εικόνα 28 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013

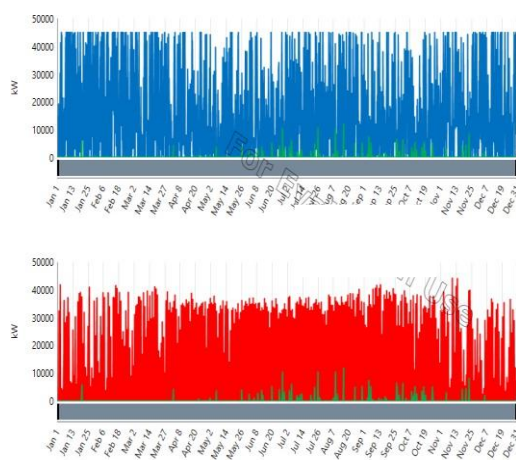


Εικόνα 29 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015

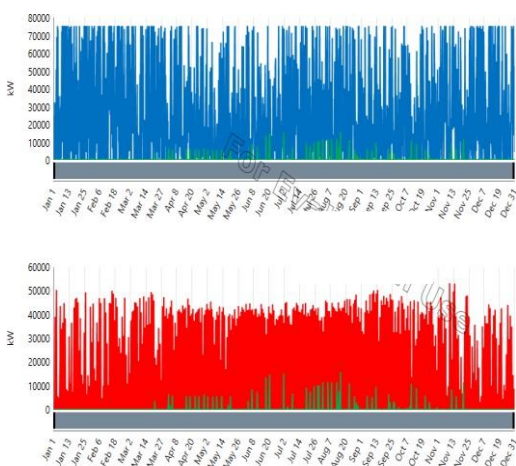
Τα συνολικά ποσοστά διείσδυσης και των δύο τεχνολογιών είναι μεγαλύτερα για το έτος 2015 λόγω του αυξημένου φορτίου το 2015 σε σχέση με το 2013 όμως και στις δύο περιπτώσεις παρατηρείται μεγαλύτερη συμμετοχή της αιολικής τεχνολογίας.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν αναπαρίστανται με μεγαλύτερη ευκρίνεια τα ποσά κάλυψης του φορτίου, χωριστά για κάθε τεχνολογία.

— Grid Purchases
— AC Primary Load
— PV power output
— V82 power output



Εικόνα 30 Αγορές από το δίκτυο 2013



Εικόνα 31 Αγορές από το δίκτυο 2015

Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται το φορτίο το οποίο δεν καλύπτεται με το συγκεκριμένο συνδυασμό τεχνολογιών οπότε και καλύπτονται με αγορές από το υφιστάμενο δίκτυο.

Το 99,8% αφορά το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ ενώ μόνο το 0,2% αφορά αγορές από το δίκτυο και για τις δύο χρονολογίες.

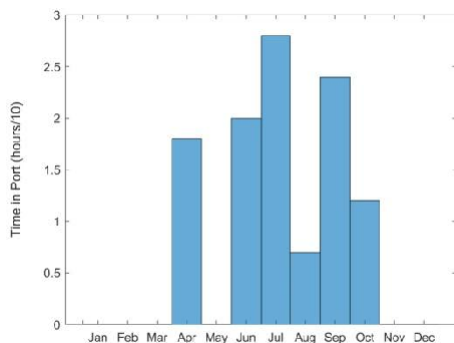
4.3 ΛΙΜΕΝΑΣ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ

Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού λιμένος Ηγουμενίτσας, ο λιμένας Ηγουμενίτσας είναι γεωγραφικά ο πλησιέστερος λιμένας της Ελλάδας με την Ιταλία και τις Βαλκανικές χώρες της Αδριατικής θάλασσας.

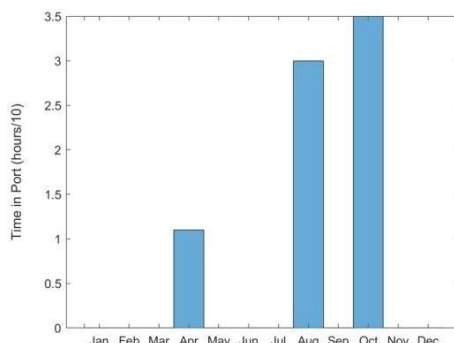
Ετησίως διακινούνται από το λιμένα της Ηγουμενίτσας 2,5 εκατομμύρια επιβάτες και 250000 φορτηγά.

Η κατανάλωση ενέργειας από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στο λιμένα Ηγουμενίτσας ήταν 166,3 kWh/yr για το έτος 2014 και 136,6 kWh/yr για το έτος 2015.

Για το έτος 2013 δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.



Εικόνα 32 Ώρες ελλειμενισμού 2014



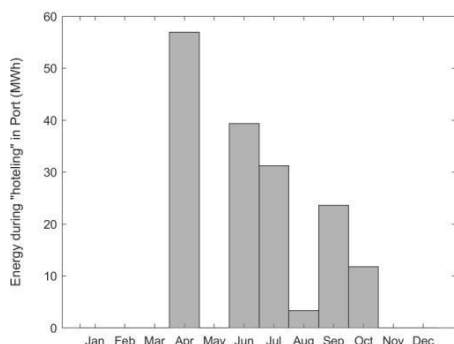
Εικόνα 33 Ώρες ελλειμενισμού 2015

Οι ώρες ελλειμενισμού είναι συνολικά λιγότερες σε σχέση με αυτές των λιμένων Πειραιά και Ηρακλείου.

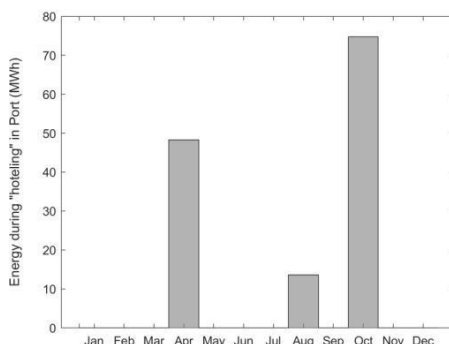
Το έτος 2014 παρατηρείται μεγαλύτερη δραστηριότητα του τουρισμού κρουαζιέρας σε σχέση με το 2015 όπου τα κρουαζιερόπλοια δραστηριοποιούνται τους μήνες Απρίλιο, Αύγουστο και Οκτώβρη.

Επίσης κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών υπάρχει μηδενική δραστηριότητα.

Τέλος αξιοσημείωτη είναι η σημαντική διαφοροποίηση συγκριτικά των δύο χρονολογιών. Πιο συγκεκριμένα, τον Αύγουστο του 2014 παρατηρείται πολύ μικρή δραστηριότητα του τουρισμού κρουαζιέρας σε αντίθεση με αυτή του αντίστοιχου μήνα για το έτος 2015. Επίσης ο Οκτώβρης που κινείται σε χαμηλά επίπεδα για το έτος 2014, αποτελεί το μήνα με τη μεγαλύτερη δραστηριότητα για το έτος 2015.



Εικόνα 34 Κατανάλωση ενέργειας 2014



Εικόνα 35 Κατανάλωση ενέργειας 2015

Για το έτος 2014 ο μήνας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας είναι ο Απρίλιος παρόλο που δεν είναι ο μήνας με τις μεγαλύτερες συνολικά ώρες ελλειμενισμού.

Η κατανάλωση ενέργειας δεν είναι ανάλογη των ωρών ελλιμενισμού για κανένα μήνα. Σημαντικός παράγοντας της διαφοροποίησης αυτής είναι ο όγκος των επιβατών ο οποίος είναι ανεξάρτητος των ωρών ελλιμενισμού.

Για το έτος 2015 ενώ οι μήνες Απρίλιος και Οκτώβρης τηρούν μία καλή αναλογία, ο μήνας Αύγουστος έχει πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας αναλογικά με τις ώρες ελλιμενισμού.

Σύμφωνα με πληροφορίες που ανακτήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα του Οργανισμού Λιμένος Ηγουμενίτσας, ο αριθμός των επιβατών είναι όντως χαμηλός τους μήνες όπου παρατηρείται χαμηλή απαίτηση ενέργειας και αντίστροφα.

4.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ

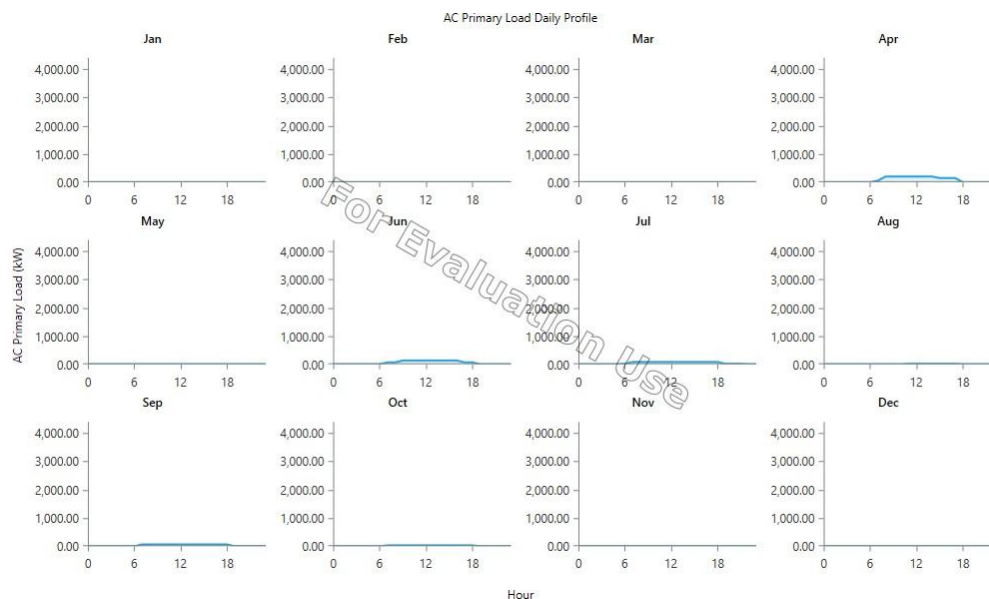
Στην ευρύτερη περιοχή της Ηπείρου, σύμφωνα με τον γεωπληροφοριακού χάρτη της ΡΑΕ υπάρχουν εγκατεστημένα αιολικά πάρκα με άδεια λειτουργίας συνολικής ισχύος 113,86 MW και Φωτοβολταϊκά πάρκα με άδεια λειτουργίας συνολικής ισχύος 108 MW.

Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER επιλέχθηκε ο βέλτιστος από άποψη βιωσιμότητας και κάλυψης φορτίου συνδυασμός ενεργειακού μίγματος (Πίνακας 10) με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

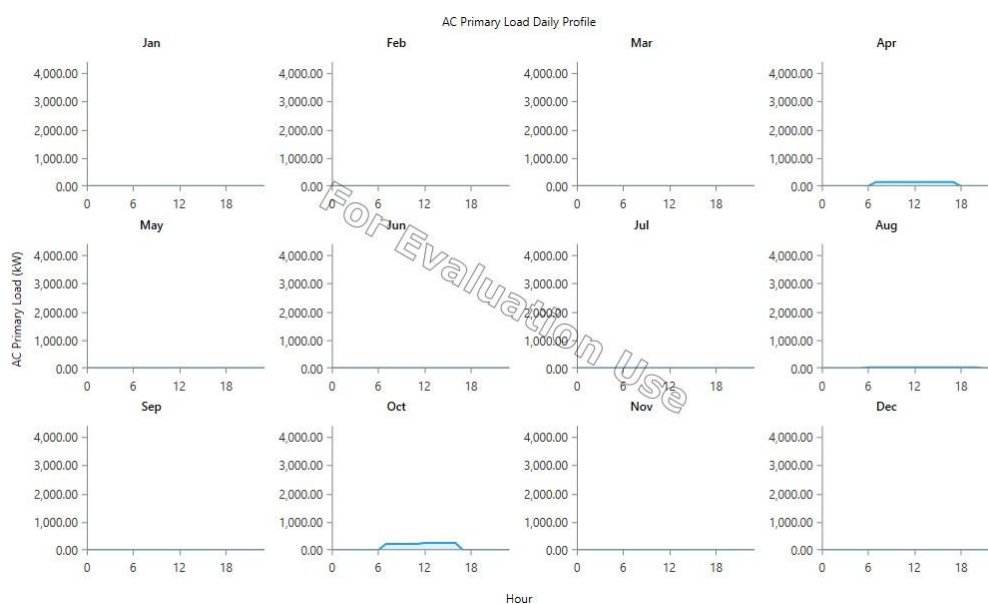
Πίνακας 10 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Ηγουμενίτσας.

	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (kW)	V82 (kW)
2014	6550	3300
2015	6550	3300

Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 36 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2014.



Εικόνα 37 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2015.

Η μηνιαία κατανομή των φορτίων συμφωνεί όπως είναι αναμενόμενο με τα αποτελέσματα της καταναλισκόμενης ενέργειας Εικόνα 34 και Εικόνα 35 και κινείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

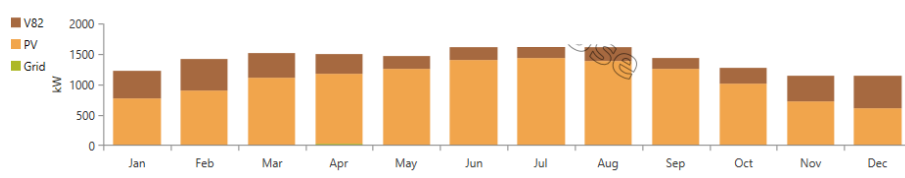
Στην περίπτωση της Ηγουμενίτσας είναι αναμενόμενο ότι δε χρειάζεται μεγάλη ισχύς για την επαρκή κάλυψη του φορτίου.

Τα ποσοστά διείσδυσης των υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

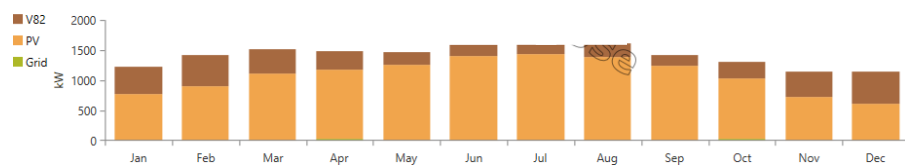
Πίνακας 11 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (%)	2014	2015
PV	76,6	76,6
Vestas V82 production	23,1	23,1
Grid Purchases	0,286	0,361

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που αφορούν την κάλυψη των παραπάνω φορτίων από τις υφιστάμενες μονάδες ΑΠΕ της περιοχής.



Εικόνα 38 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014.

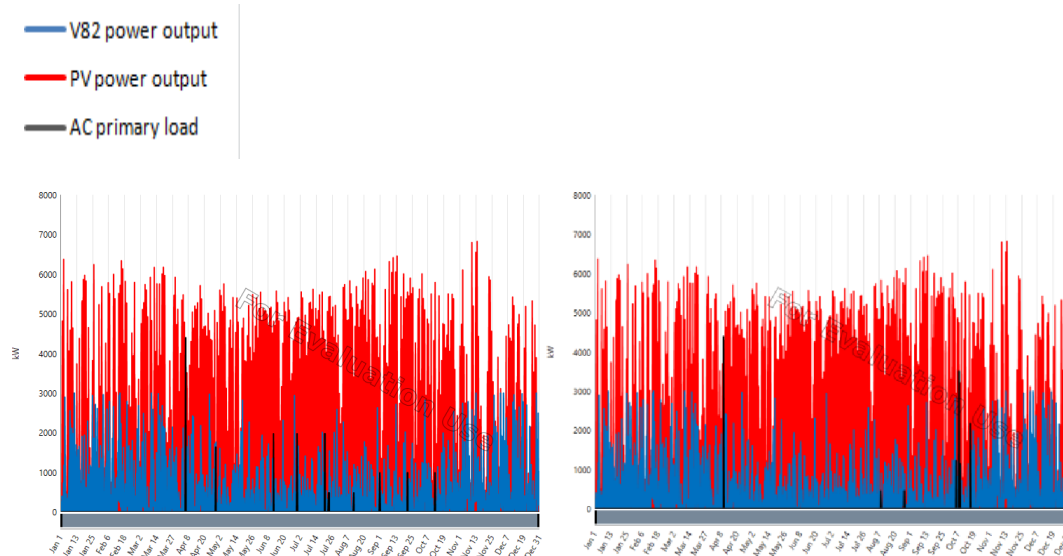


Εικόνα 39 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015.

Η συμμετοχή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι μεγαλύτερη για δύο λόγους. Τα φορτία είναι χαμηλά όπως επίσης χαμηλή είναι και η αιολική ισχύς που είναι εγκατεστημένη στην περιοχή συνεπώς είναι μικρότερη η αιολική συμμετοχή στο ενεργειακό μίγμα.

Το μήνα Ιούλιο το φορτίο καλύπτεται εξολοκλήρου από φωτοβολταϊκή παραγωγή και για τις δύο χρονολογίες.

Παρακάτω απεικονίζονται σε κοινό διάγραμμα η συμμετοχή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, της αιολικής και οι αγορές από το δίκτυο για τη συνολική κάλυψη του φορτίου για τα έτη 2014 και 2015.

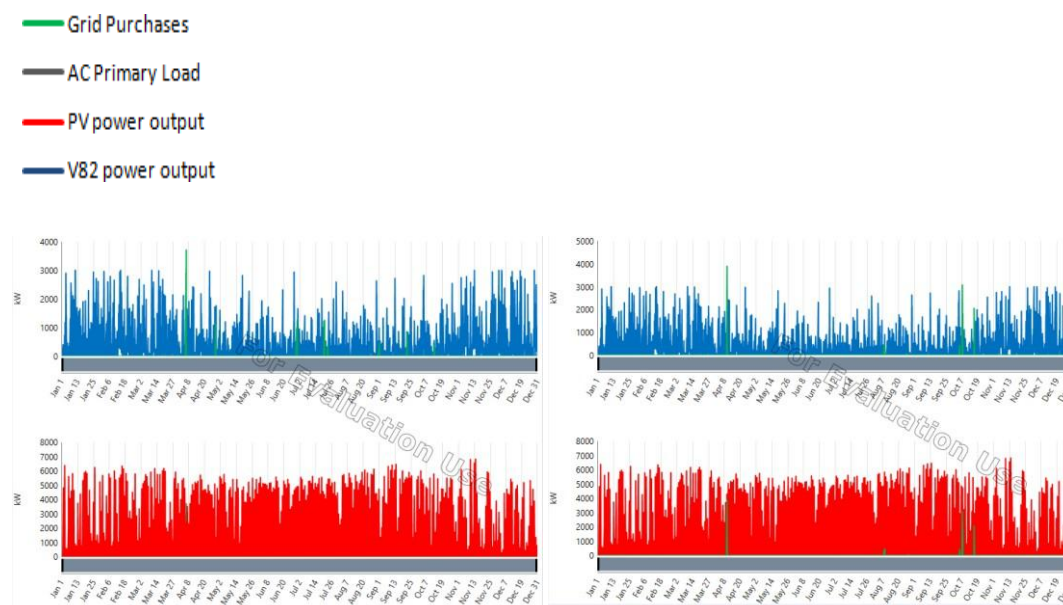


Εικόνα 40 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014.

Εικόνα 41 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015

Η κάλυψη του φορτίου επιτυγχάνεται και για τις δύο χρονολογίες με μεγαλύτερη συμμετοχή της αιολικής τεχνολογίας. Η φωτοβολταϊκή ισχύς σταθεροποιεί το σύστημα και η αιολική ισχύς καλύπτει τη σημειακή αύξηση της ζήτησης.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν αναπαρίστανται οι αγορές από το δίκτυο χωριστά για κάθε τεχνολογία.



Εικόνα 42 Αγορές από το δίκτυο 2014

Εικόνα 43 Αγορές από το δίκτυο 2015

Το φορτίο καλύπτεται κατά 99,7% από την ισχύ των ΑΠΕ. Ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,3% αφορά αγορές από το δίκτυο ηλεκτρικής διασύνδεσης.

Στο διάγραμμα με την αιολική ισχύ παρατηρείται μικρότερη επάρκεια όσο αφορά την κάλυψη του δικτύου σε σχέση με αυτή της παραγωγής των φωτοβολταϊκών και για τις δύο χρονολογίες.

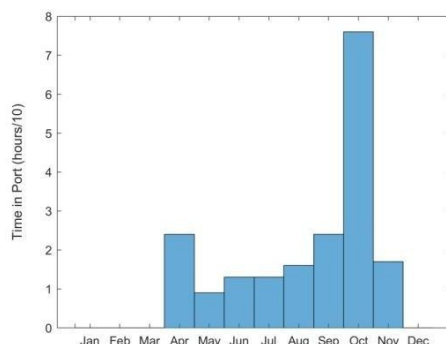
4.4 ΛΙΜΕΝΑΣ ΚΑΒΑΛΑΣ

Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού λιμένος Καβάλας, ο λιμένας Καβάλας αποτελεί σημαντικό κόμβο θαλάσσιων μεταφορών στην ευρύτερη περιοχή και ιδιαίτερα στο χώρο των Ανατολικών Βαλκανίων.

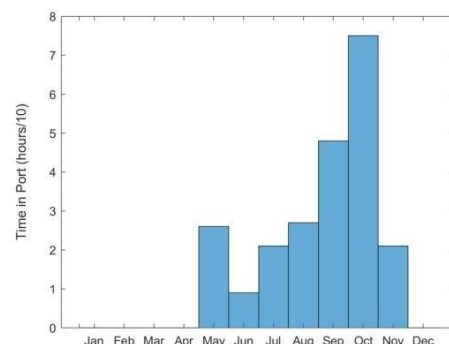
Η κατανάλωση ενέργειας στο λιμένα Καβάλας από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας ανέρχεται στις 480 kWh για το έτος 2014 και στις 1192,7 kWh για το έτος 2015.

Για το έτος 2013 δεν υπάρχουν δεδομένα καθώς η δραστηριότητα κρουαζιέρας στην Καβάλα άρχισε να αναπτύσσεται το 2014.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η ετήσια κατανομή των ωρών ελλιμενισμού των κρουαζιερόπλοιων για τα έτη 2014 και 2015.



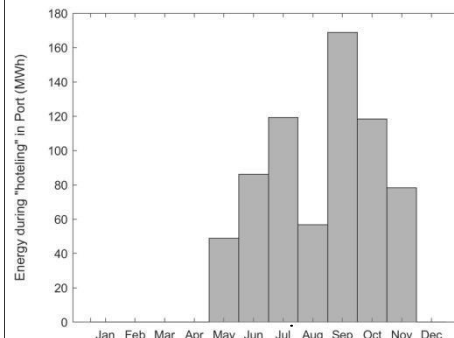
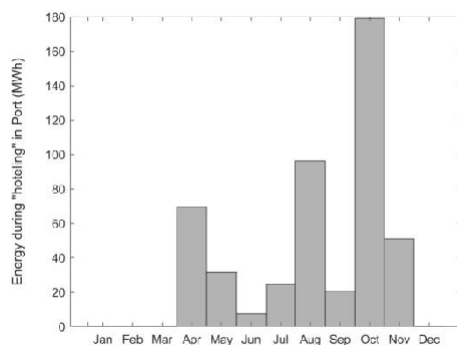
Εικόνα 44 Ώρες ελλιμενισμού 2014



Εικόνα 45 Ώρες ελλιμενισμού 2015

Η δραστηριότητα κρουαζιέρας δεν είναι έντονη για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο στην Καβάλα και είναι λογικό καθώς δεν αποτελεί καλοκαιρινό τουριστικό προορισμό.

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται τις ώρες αυτές απεικονίζεται στα ακόλουθα διαγράμματα:



Εικόνα 46 Κατανάλωση ενέργειας 2014 Εικόνα 47 Κατανάλωση ενέργειας 2015.

Παρατηρείται καλύτερη αναλογία των ωρών ελλιμενισμού και της καταναλισκόμενης ενέργειας, με τους μήνες Οκτώβρη και Σεπτέμβρη να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δραστηριότητα για τα έτη 2014 και 2015 αντίστοιχα.

4.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΚΑΒΑΛΑΣ

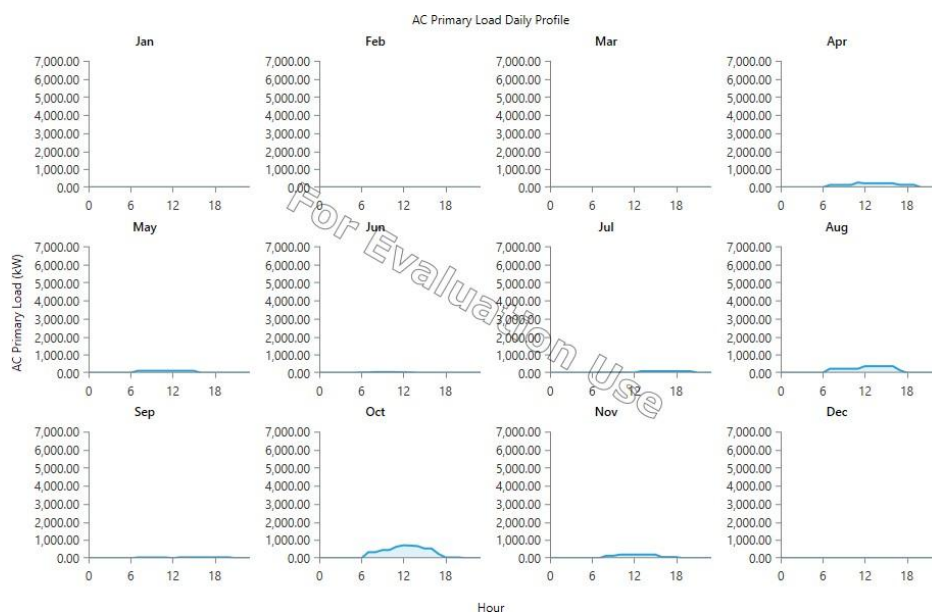
Σύμφωνα με στοιχεία του πληροφοριακού χάρτη της ΡΑΕ, στην Ανατολική Μακεδονία η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ με άδεια λειτουργίας ανέρχεται σε 341,15 MW Αιολικούς σταθμούς και 216,3 MW Φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER επιλέχθηκε ο βέλτιστος από άποψη βιωσιμότητας και κάλυψης φορτίου συνδυασμός ενεργειακού μίγματος (Πίνακας 12) με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

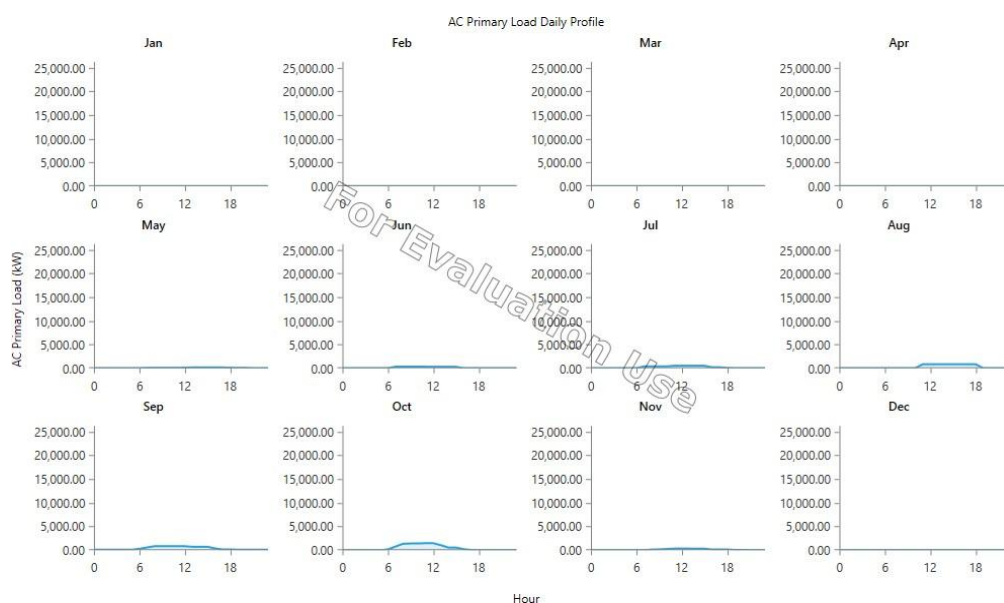
Πίνακας 12 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Καβάλας

	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (MW)	V82 (MW)
2014	7	16,5
2015	20	49,5

Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμένα Καβάλας είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 48 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Καβάλας το έτος 2014



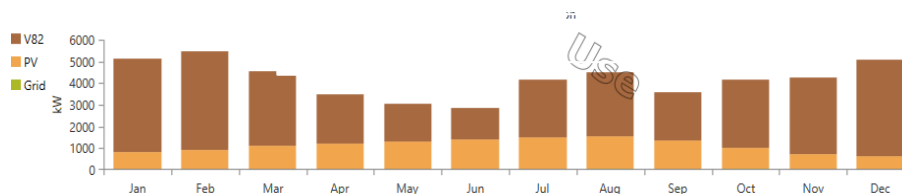
Εικόνα 49 Ωριαία κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι της Καβάλας το έτος 2014

Στην περίπτωση του λιμένα Καβάλας δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη δραστηριότητα κρουαζιέρας κατά τη διάρκεια των πρώτων θερινών μηνών. Τα φορτία είναι αυξημένα κυρίως του μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβρη και Οκτώβρη.

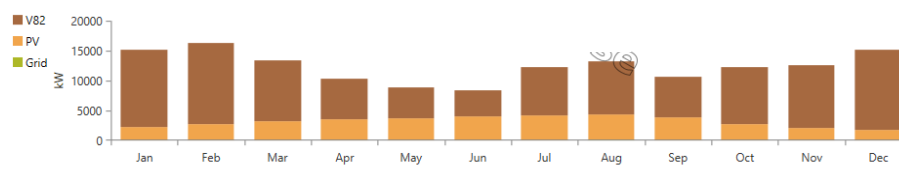
Όπως έχει προαναφερθεί, η δραστηριότητα τουρισμού στο λιμένα Καβάλας ξεκίνησε να αναπτύσσεται το 2014, αυτό σημαίνει πως απαιτείται η σταδιακή προσαρμογή από άποψη υποδομών και προώθησης ώστε να αναπτυχθεί περεταίρω δραστηριότητα.

Το εμβαδό της καμπύλης φορτίου για τους μήνες όπου υπάρχει κατανάλωση, καλύπτει τις ώρες 6 το πρωί με 6 το απόγευμα.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζεται η συμμετοχή της εκάστοτε τεχνολογίας στην κάλυψη του φορτίου κρουαζιέρας.



Εικόνα 50 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014.



Εικόνα 51 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015.

Τα ποσοστά διείσδυσης για την κάλυψη του φορτίου είναι τα εξής:

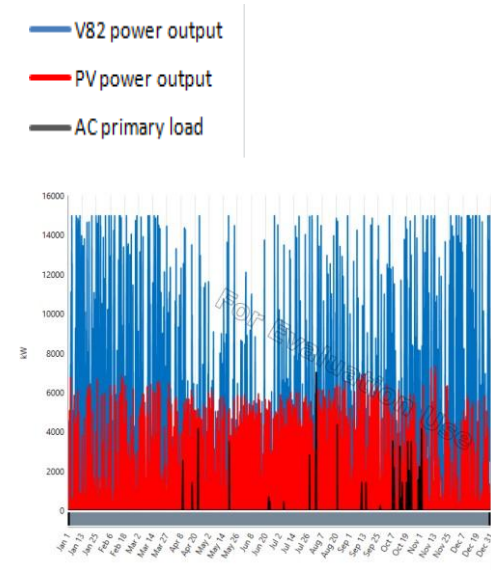
Πίνακας 13 Ποσοστά διείσδυσης ανά τεχνολογία

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ (%)	2014	2015
PV	26,8	25,9
Vestas V82 production	72,9	73,9
Grid Purchases	0,243	0,177

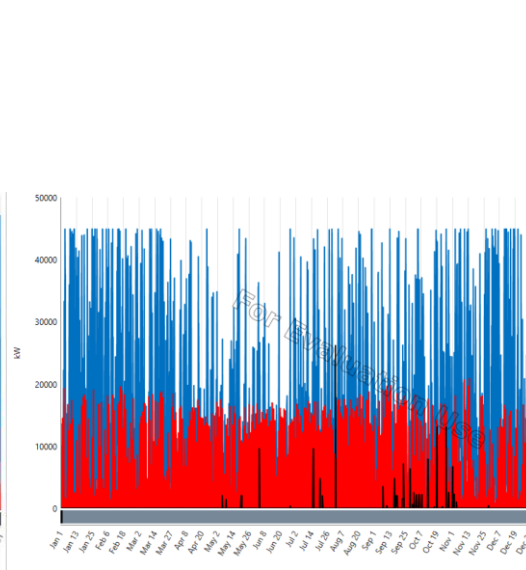
Στην κάλυψη του φορτίου των κρουαζιερόπλοιων για το λιμάνι της Καβάλας συμμετέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό η αιολική παραγωγή. Όπως φαίνεται στις τιμές του Πίνακας 13 το φορτίο κρουαζιέρας καλύπτεται σε ποσοστό 99,7 και 99,8 % αντίστοιχα για τα έτη 2014 και 2015 βάσει της βελτιστοποίησης που έχει πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER ώστε να υπάρχει ρεαλιστική και βιώσιμη αναλογία του ενεργειακού μείγματος για την κάλυψη του φορτίου.

Ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,2 έως 0,3% περίπου αφορά αγορές από το δίκτυο.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι χρονοσειρές κάλυψης του φορτίου από την αιολική και τη φωτοβολταϊκή ισχύ.



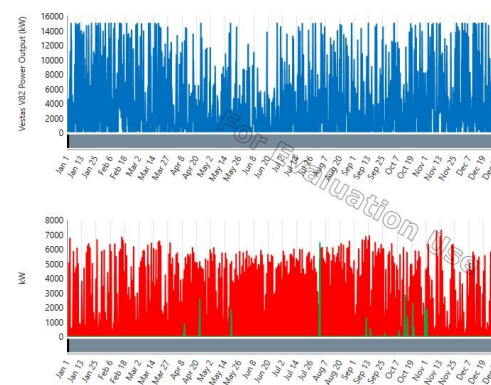
Εικόνα 52 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014



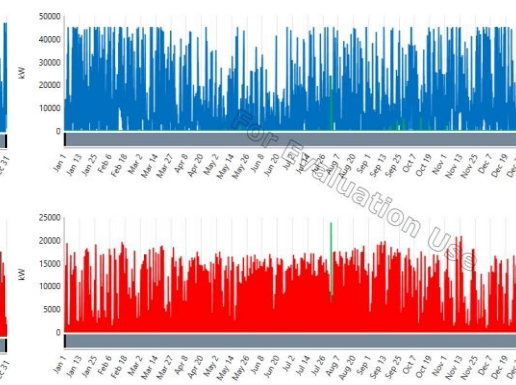
Εικόνα 53 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015

Το φορτίο δεν καλύπτεται πλήρως από την φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Τα σημειακά peak του φορτίου καλύπτονται από αιολική ισχύ. Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία δημιουργεί σταθερότητα στο σύστημα.

Οι αγορές από το δίκτυο για την κάθε τεχνολογία χωριστά αναπαρίστανται στα ακόλουθα διαγράμματα.



Εικόνα 54 Αγορές από το δίκτυο 2014



Εικόνα 55 Αγορές από το δίκτυο 2015

Οι αγορές από το δίκτυο είναι περισσότερες στην περίπτωση της φωτοβολταϊκής παραγωγής και στα δύο έτη.

4.5 ΛΙΜΕΝΑΣ ΒΟΛΟΥ

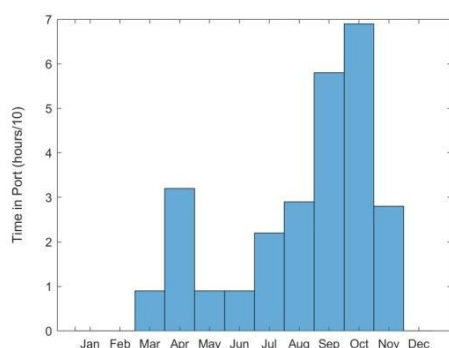
Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού λιμένος Βόλου, ο λιμένας Βόλου κατέχει πλεονεκτική γεωγραφική θέση ως ο μοναδικός μεγάλος λιμένας μεταξύ των λιμένων Πειραιά και Θεσσαλονίκης με εγγύτητα προς την Ανατολική πλευρά του Αιγαίου. Ο λιμένας Βόλου επιδιώκει διεθνή δραστηριότητα συνδέοντας τη Νοτιοανατολική Μεσόγειο με τον Εύξεινο Πόντο (Και τις περιοχές Πέραν αυτών)

Η κατανάλωση ενέργειας από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στο λιμένα Βόλου ανά έτος απεικονίζεται στον ακόλουθο πίνακα.

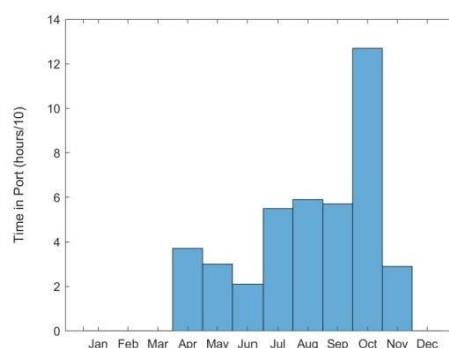
Πίνακας 14 Κατανάλωση ενέργειας στο λιμένα Βόλου.

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh/yr)
2013	796,07
2014	1480,629
2015	1690,006

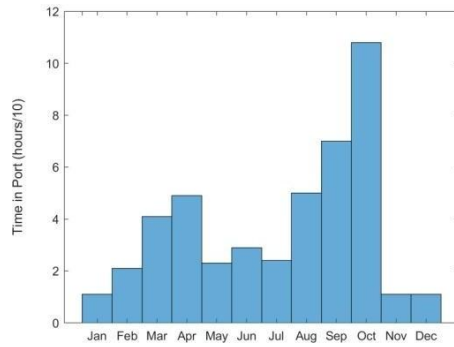
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η ετήσια κατανομή των ωρών ελλιμενισμού των κρουαζιερόπλοιων για τα έτη 2013, 2014 και 2015.



Εικόνα 56 Ώρες ελλιμενισμού 2013



Εικόνα 57 Ώρες ελλιμενισμού 2014

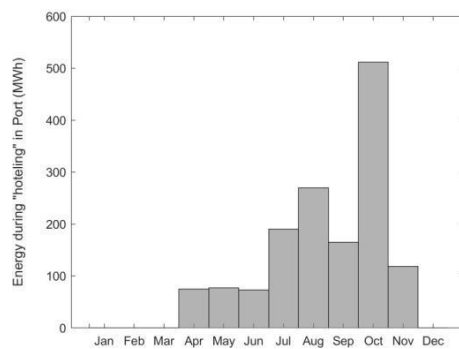
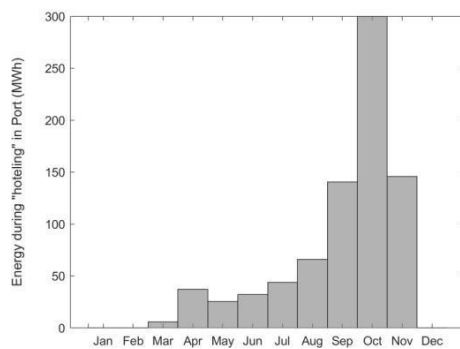


Εικόνα 58 Ώρες ελλιμενισμού 2015

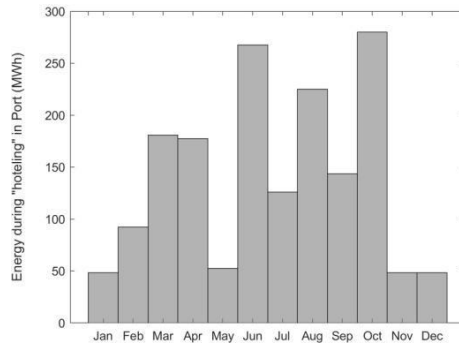
Στο λιμάνι του Βόλου, παρατηρείται μεγάλη διάρκεια της δραστηριότητας κρουαζιέρας και ιδιαίτερα για τη χρονολογία 2015. Το φαινόμενο αυτό είναι λογικό καθώς ο Βόλος αποτελεί τουριστικό προορισμό για όλες τις εποχές του χρόνου.

Ο Οκτώβρης αποτελεί το μήνα με τις περισσότερες ώρες ελλιμενισμού και για τα τρία έτη.

Τέλος παρατηρείται ότι κανένα έτος δεν ακολουθεί όμοια κατανομή ωρών ελλιμενισμού.



Εικόνα 59 Κατανάλωση ενέργειας 2013 Εικόνα 60 Κατανάλωση ενέργειας 2014



Εικόνα 61 Κατανάλωση ενέργειας 2015

Για το λιμένα Βόλου ο μήνας Οκτώβρης αποτελεί το μήνα με τη μέγιστη διάρκεια ωρών ελλειμενισμού και ταυτόχρονα το μήνα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και για τα τρία έτη. Παρόλα αυτά το ισοζύγιο τους υπόλοιπους μήνες δεν υφίσταται αυτή η αναλογία.

4.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ

Σύμφωνα με στοιχεία του Γεωπληροφοριακού χάρτη της ΡΑΕ, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ σε λειτουργία ανέρχεται σε 265,2 MW φωτοβολταϊκούς σταθμούς και 18,60 MW αιολικούς σταθμούς.

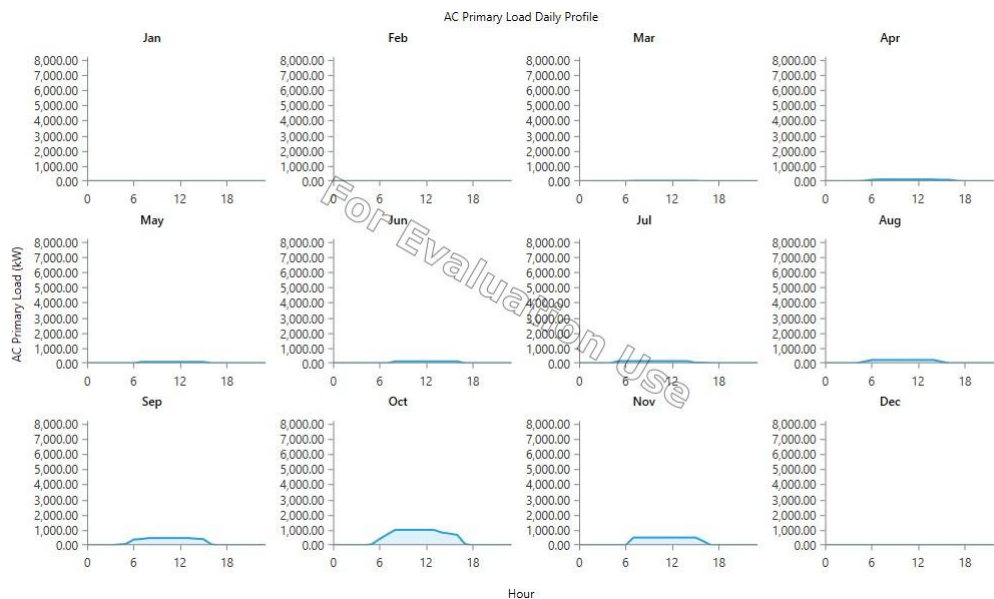
Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER επιλέχθηκε ο βέλτιστος από άποψη βιωσιμότητας και κάλυψης φορτίου συνδυασμός ενεργειακού μίγματος (Πίνακας 12) με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

Πίνακας 15 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Βόλου

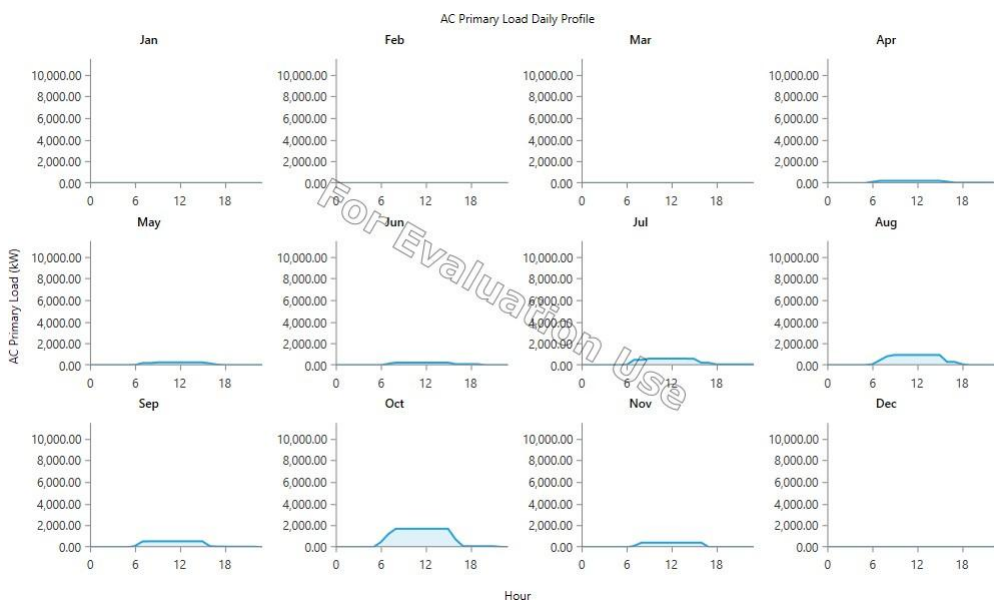
	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (kW)	V82 (kW)
2013	15000	16500
2014	30000	16500
2015	30000	16500

Η αιολική ισχύς που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του συστήματος είναι σταθερή και για τις τρεις χρονολογίες καθώς είναι αποτελεί σχεδόν το όριο κορεσμού του συνολικά εγκατεστημένης αιολικής ισχύος στην περιοχή.

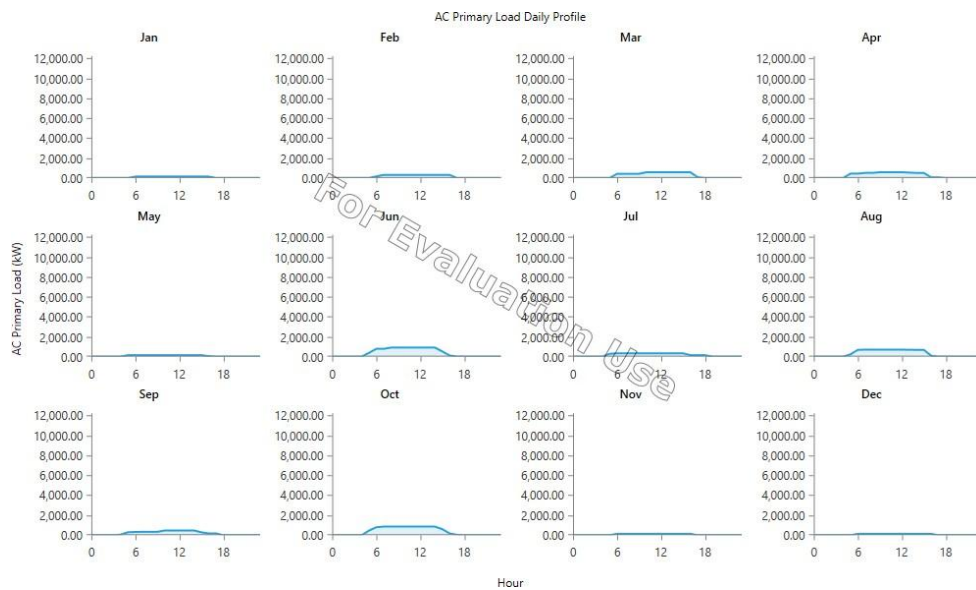
Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμένα Βόλου είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 62 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2013



Εικόνα 63 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2014

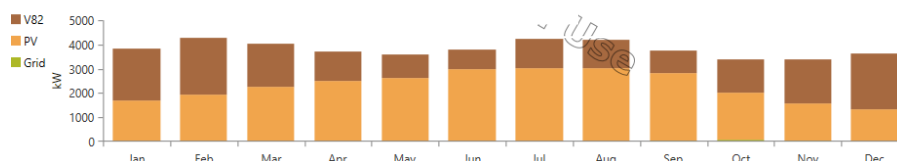


Εικόνα 64 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το λιμάνι του Βόλου για το έτος 2015

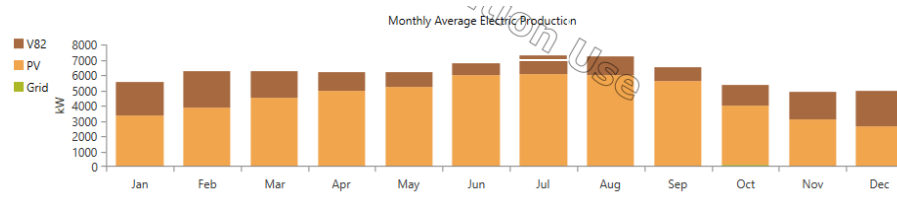
Τα έτη 2013 και 2014 ακολουθούν σχεδόν ίδιες κατανομές κατά τη διάρκεια του έτους. Το 2015 εμφανίζονται καμπύλες κατανομής φορτίου σε όλους τους μήνες.

Το φορτίο είναι σχετικά χαμηλό συνεπώς αναμένεται να καλύπτεται από τις υπάρχουσες ΑΠΕ της περιοχής και αυτό γίνεται ξεκάθαρα στα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την κάλυψη του φορτίου (Εικόνα 65 Εικόνα 66 Εικόνα 67).

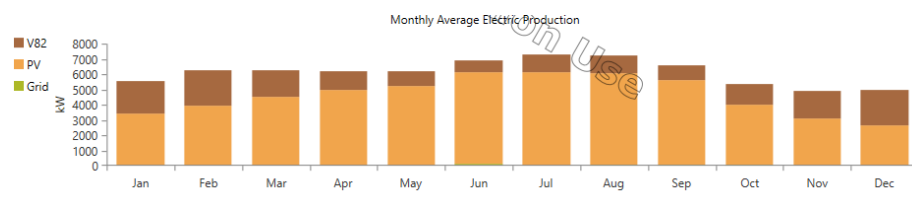
Στην προσομοίωση έγινε προσπάθεια βελτιστοποίησης του ενεργειακού μείγματος με σκοπό την επίτευξη ρεαλιστικής προσέγγισης του συστήματος.



Εικόνα 65 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2013



Εικόνα 66 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2014



Εικόνα 67 Μέση μηνιαία παραγωγή ΑΠΕ για το έτος 2015

Το ποσοστό διείσδυσης της ηλιακής τεχνολογίας είναι εμφανώς μεγαλύτερο από το ποσοστό διείσδυσης της αιολικής τεχνολογίας γεγονός αναμενόμενο καθώς στην περιοχή όπως έχει προαναφερθεί η ισχύς των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών μονάδων είναι μεγαλύτερη από την εγκατεστημένη ισχύ των αιολικών μονάδων.

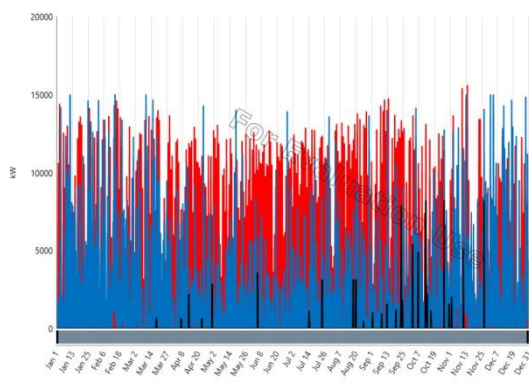
Στον Πίνακα 16 απεικονίζεται η ισχύς η οποία παράγεται από την εκάστοτε τεχνολογία καθώς και οι αγορές από το δίκτυο.

Πίνακας 16 Ποσοστά συμμετοχής ανά λιμένα για την κάλυψη του φορτίου.

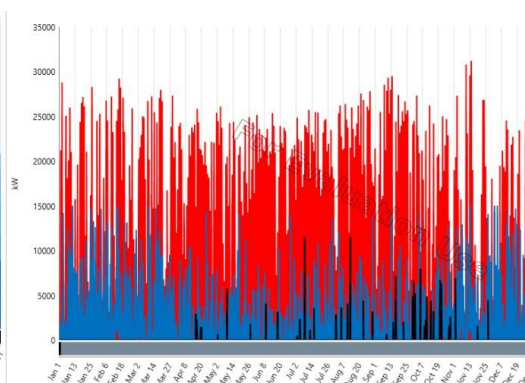
	2013		2014		2015	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΕ	kWh/yr	%	kWh/yr	%	kWh/yr	%
Gneric flat plate PV	20,179,232	60,3	40,358,463	75,2	40,358,463	75,2
Vestas V82	13,165,486	39,4	13,165,486	24,5	13,165,486	24,5
Grid Purchases	100,986	0,302	131,481	0,245	131,481	0,245
Total	33,445,703	100	53,655,430	100	53,655,430	100

Το ποσοστό διείσδυσης και για τα τρία έτη ανέρχεται στο 99,7%, ενώ μόνο το 0,3% αφορά αγορές από το υφιστάμενο δίκτυο.

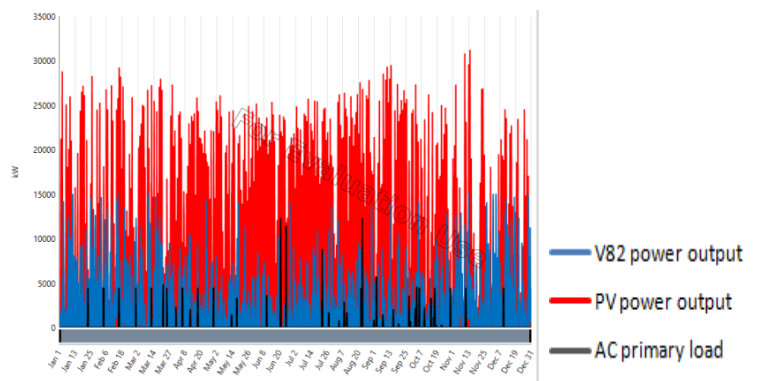
Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι χρονοσειρές κάλυψης του φορτίου από την φωτοβολταϊκή και την αιολική ισχύ.



Εικόνα 68 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2013



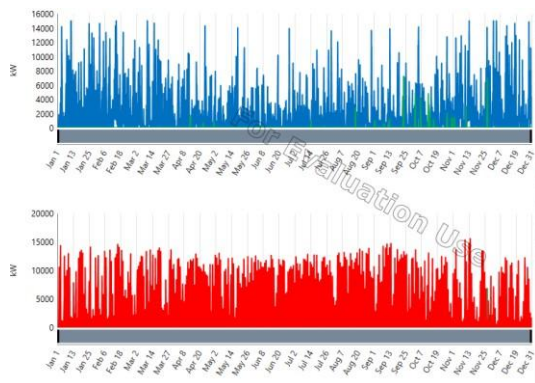
Εικόνα 69 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2014



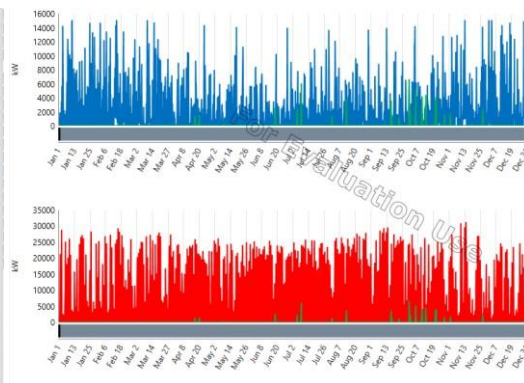
Εικόνα 70 Κάλυψη φορτίου από ΑΠΕ 2015

Το φορτίο καλύπτεται κατά κύριο λόγο από την φωτοβολταϊκή τεχνολογία, ειδικότερα το έτος 2015. Εκτός από την προσπάθεια εξισορρόπησης του ενεργειακού μίγματος, το γεγονός αυτό οφείλεται και στον περιορισμό αιολικής ισχύος στην περιοχή.

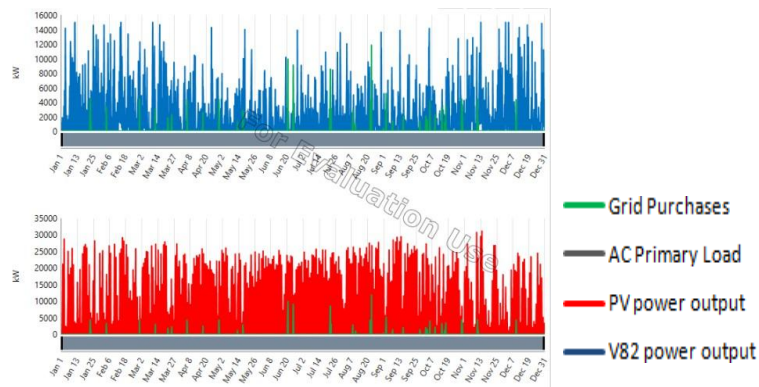
Πιο αναλυτικά, στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι αγορές από το δίκτυο.



Εικόνα 71 Αγορές από το δίκτυο 2013



Εικόνα 72 Αγορές από το δίκτυο 2014



Εικόνα 73 Αγορές από το δίκτυο 2015

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται αντιληπτό ότι οι αγορές από το δίκτυο για την κάλυψη του φορτίου κρουαζιέρας πραγματοποιούνται περισσότερο στην περίπτωση της διείσδυσης της αιολικής ισχύος.

4.6 ΛΙΜΕΝΑΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ

Σύμφωνα με πληροφορίες του Οργανισμού λιμένος Κέρκυρας, ο λιμένας Κέρκυρας αποτελεί έναν μικρό λιμένα με πορθμειακή σύνδεση με την Ηγουμενίτσα, την Αγκώνα, το Μπάρι, την Τεργέστη και τη Βενετία, ενώ δέχεται μικρά πλοία.

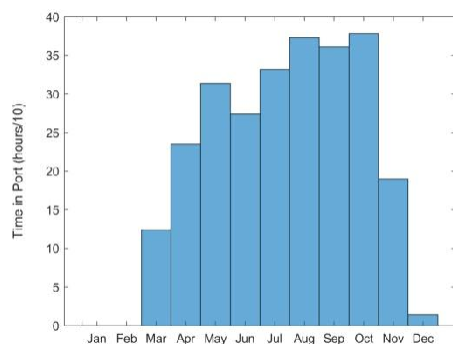
Τα τελευταία χρόνια η δραστηριότητα κρουαζιέρας σημειώνει σημαντική ανάπτυξη. Κατά μέσο όρο 485 κρουαζιερόπλοια και 640000 επιβάτες επισκέπτονται το λιμένα της Κέρκυρας.

Για τα έτη 2013, 2014 και 2015 που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, η κατανάλωση ενέργειας από τη δραστηριότητα κρουαζιέρας στο λιμένα Κέρκυρας ανά έτος απεικονίζεται στον ακόλουθο πίνακα.

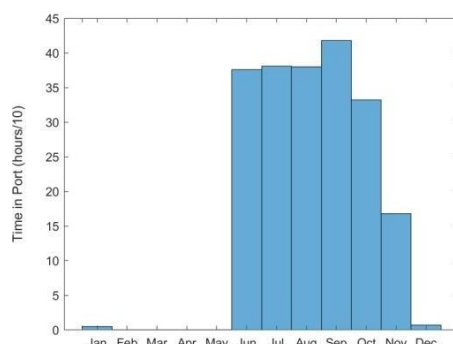
Πίνακας 17 Κατανάλωση ενέργειας στο λιμένα Κέρκυρας.

	2013		2014		2015	
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	kWh/yr	%	kWh/yr	%	kWh/yr	%
AC Primary Load	19429,84	5,42	32259,67	7,47	26825,98	6,23
Grid Sales	339183,335	94,6	399499,7	92,5	403663,6	93,8
Total	358613,175	100	431759,4	100	430489,5	100

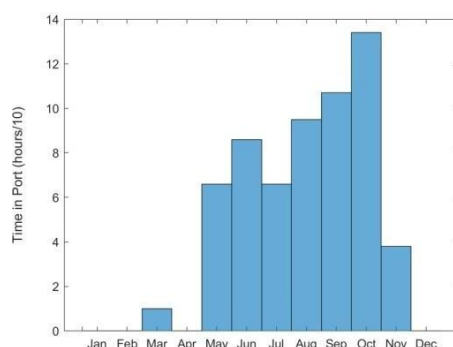
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η ετήσια κατανομή των ωρών ελλιμενισμού των κρουαζιερόπλοιων για τα έτη 2013, 2014 και 2015.



Εικόνα 74 Ώρες ελλιμενισμού 2013

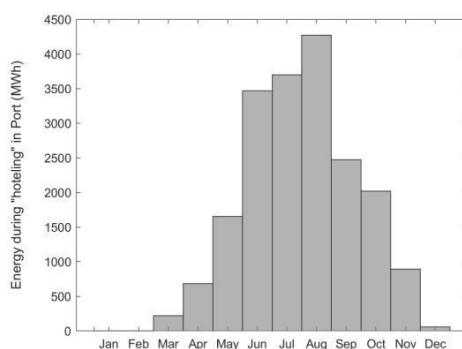


Εικόνα 75 Ώρες ελλιμενισμού 2014

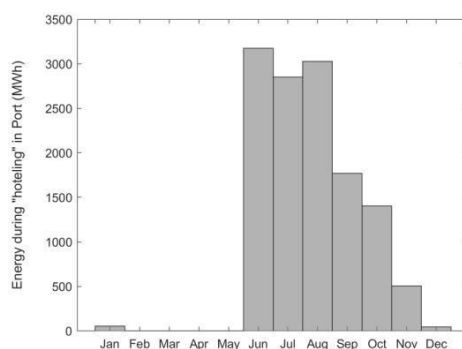


Εικόνα 76 Ώρες ελλιμενισμού 2015

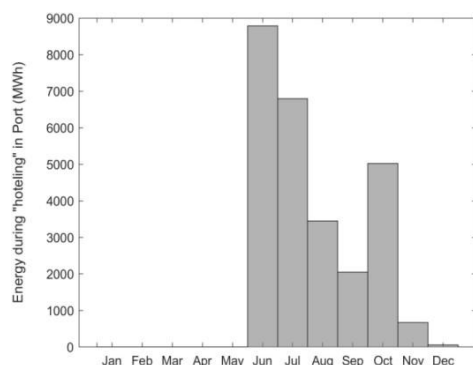
Οι μήνες Αύγουστος, Σεπτέμβρης και Οκτώβρης αποτελούν κατά μέσο όρο τους μήνες με τη μεγαλύτερη διάρκεια ελλιμενισμού. Για τις χρονολογίες 2014 και 2015 υπάρχει δραστηριότητα τους μήνες από Ιούλιο έως Δεκέμβρη.



Εικόνα 77 Κατανάλωση ενέργειας 2013



Εικόνα 78 Κατανάλωση ενέργειας 2014



Εικόνα 79 Κατανάλωση ενέργειας 2015

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τη δραστηριότητα των κρουαζιερόπλοιων δεν είναι ανάλογη των ωρών ελλιμενισμού. Οι μήνες Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος είναι αυτοί με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας γεγονός αναμενόμενο καθώς η Κέρκυρα αποτελεί από τους πρώτους τουριστικούς προορισμούς στην Ελλάδα για τις διακοπές του καλοκαιριού. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών δεν υπάρχει αξιοσημείωτη δραστηριότητα.

4.6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΚΕΡΚΥΡΑΣ

Σύμφωνα με στοιχεία του γεωπληροφοριακού χάρτη της ΠΑΕ, στην Κέρκυρα δεν υπάρχουν εγκατεστημένες ΑΠΕ με άδεια λειτουργίας. Στην περίπτωση αυτή έγινε επιλογή σταθμών γειτονικών περιοχών με βέλτιστη λύση την επιλογή αιολικών σταθμών με άδεια λειτουργίας από την Κεφαλονιά συνολικής ισχύος 100 MW.

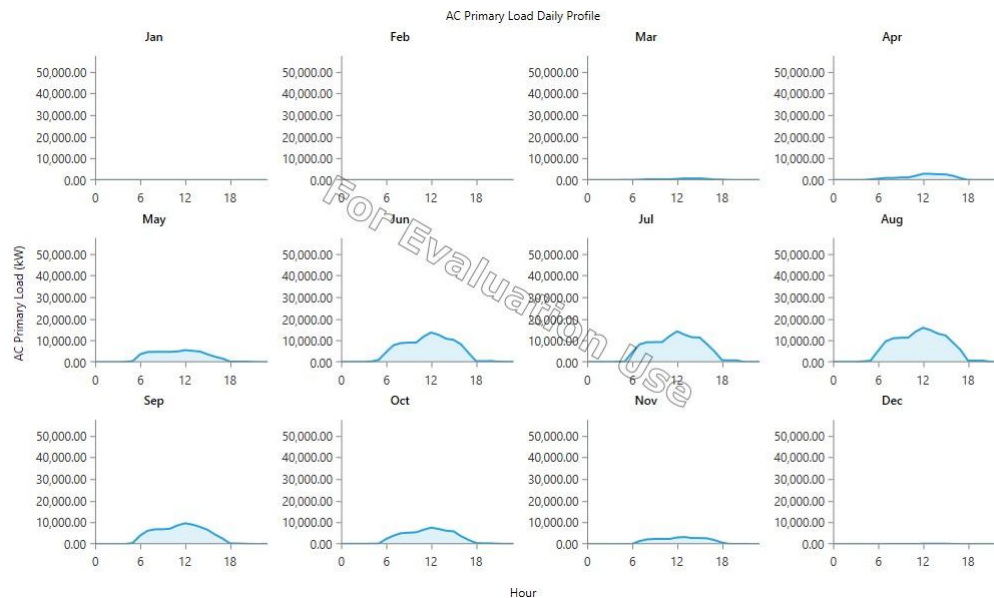
Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER πραγματοποιήθηκε προσομοίωση (Πίνακας 18) με το σύστημα να είναι συνδεδεμένο στο υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ΗΕ σε περιπτώσεις που δεν καλύπτεται η ζήτηση.

Πίνακας 18 Σχεδιασμός συστήματος για το λιμένα Κέρκυρας

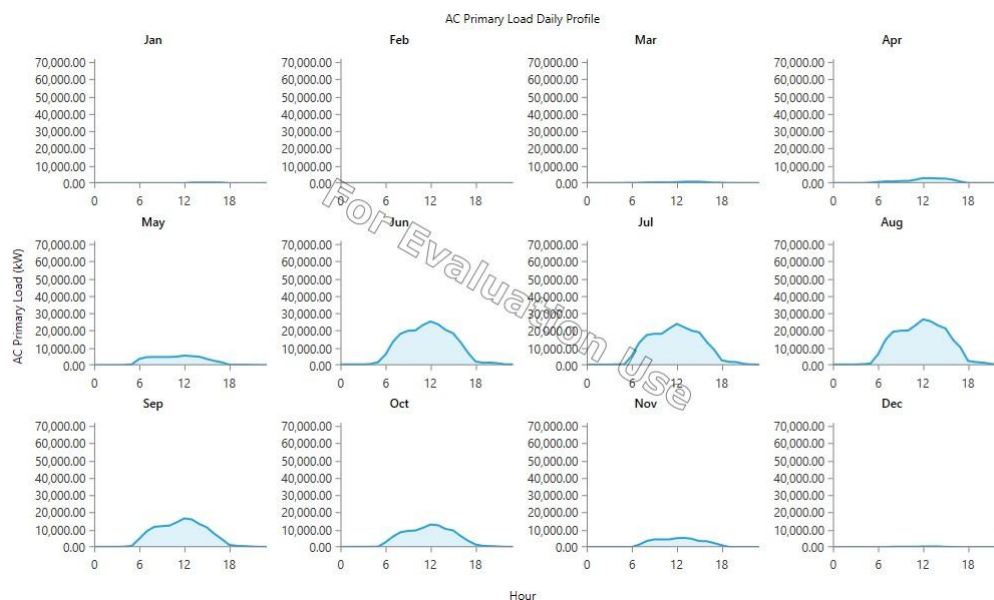
	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	PV (kW)	V82 (kW)
2013	0	82500
2014	0	90750
2015	0	90750

Χρησιμοποιήθηκε από το πρόγραμμα σχεδόν το 100% της υπάρχουσας αιολικής ισχύος καθώς η φωτοβολταϊκή ισχύς ήταν μηδενική και

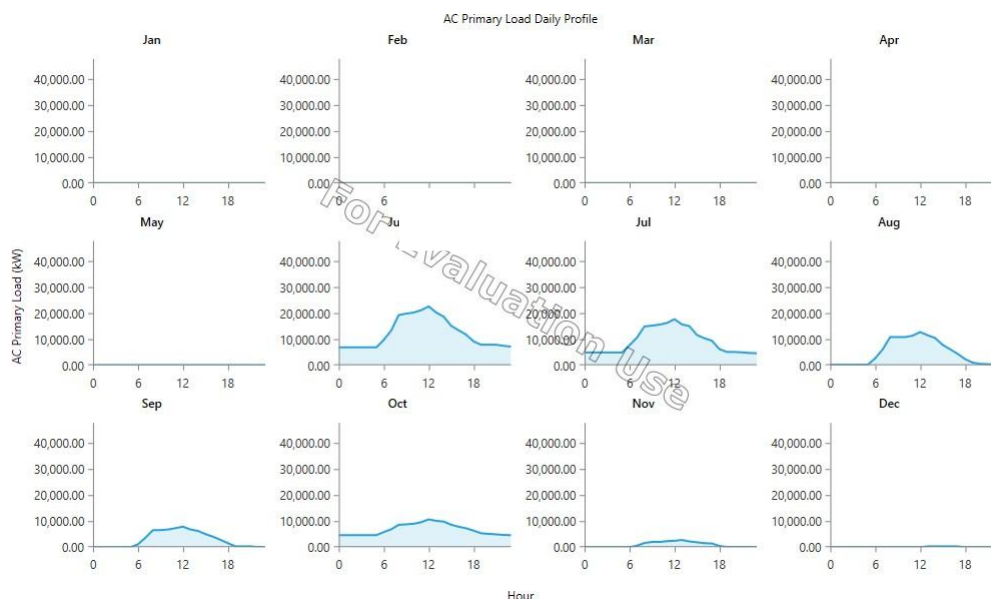
Κατά τη διάρκεια του έτους η κατανομή του φορτίου κρουαζιέρας στο λιμένα Κέρκυρας είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 80 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2013



Εικόνα 81 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2014



Εικόνα 82 Κατανομή φορτίου για όλους τους μήνες για το έτος 2015

Οι καμπύλες κατανάλωσης φορτίου ακολουθούν ίδιες σχετικά κατανομές για τα έτη 2013 και 2014 με το μεγαλύτερο εμβαδό να καλύπτει τους καλοκαιρινούς μήνες συμφωνώντας με τα αποτελέσματα που σχολιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Οι καμπύλες φορτίου τις συγκεκριμένες χρονολογίες καλύπτουν τις ώρες περίπου από τις έξι το πρωί έως τις έξι το απόγευμα με μέγιστο φορτίο στις 12 το μεσημέρι. Διαφοροποίηση παρατηρείται στο έτος 2015 όπου αλλάζει η μορφή της καμπύλης συγκεκριμένα τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Οκτώβρη όπου ενισχύονται και οι πρώτες πρωινές και οι βραδινές ώρες.

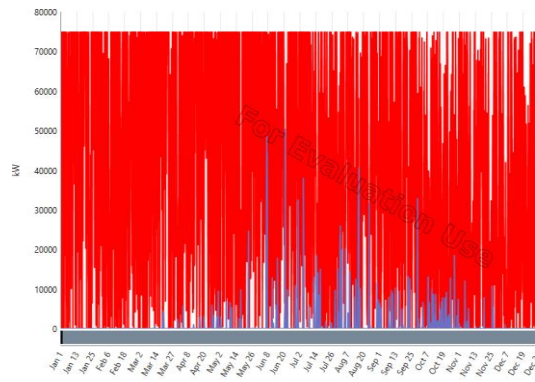
Τα ιστογράμματα ενεργειακού ισοζυγίου δεν έχουν ιδιαίτερο νόημα καθώς η συμβολή της φωτοβολταϊκής ισχύος είναι μηδενική.

Στον Πίνακα 19 απεικονίζονται σε ποσοστά η διείσδυση των ΑΠΕ, στη συγκεκριμένη περίπτωση των ανεμογεννητριών, καθώς και οι αγορές από το δίκτυο.

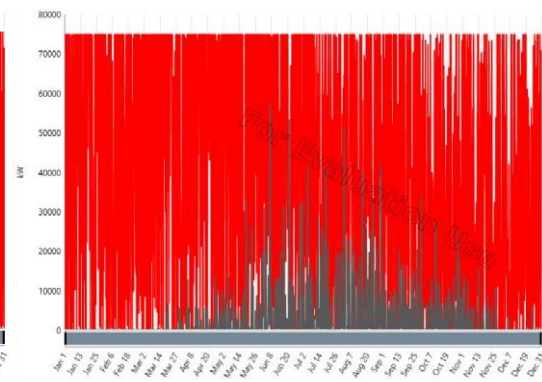
Πίνακας 19 Ποσοστά διείσδυσης και αγορές από το δίκτυο.

	2013		2014		2015	
ΠΑΑΓΩΓΗ ΑΠΕ	kWh/yr	%	kWh/yr	%	kWh/yr	%
Gneric flat plate PV	0	0	0	0	0	0
Vestas V82	355160,42	99	426192,5	98,7	426192,5	99
Grid Purchases	3452,76	0,963	5566,9	1,29	4297,037	0,998
Total	358613,17	100	431759,42	100	430489,54	100

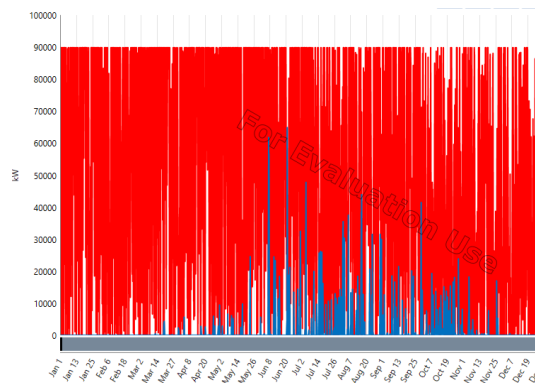
Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζεται η επάρκεια κάλυψη του φορτίου από τις ανεμογεννήτριες της Κεφαλονιάς καθώς και οι τυχόν αγορές από το δίκτυο.



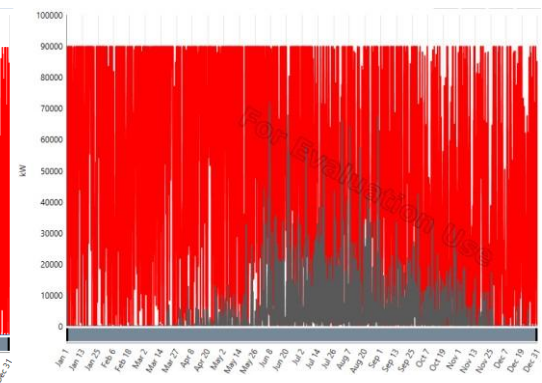
Εικόνα 83 Παραγωγή ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2013



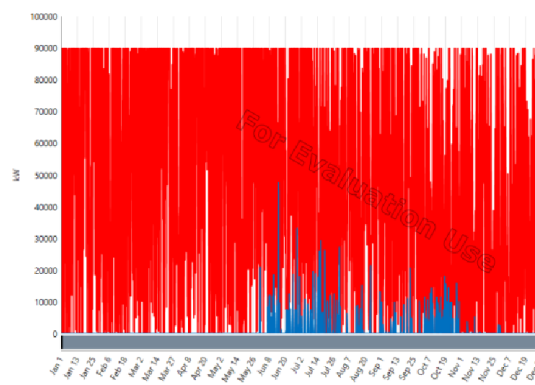
Εικόνα 84 Κάλυψη φορτίου 2013



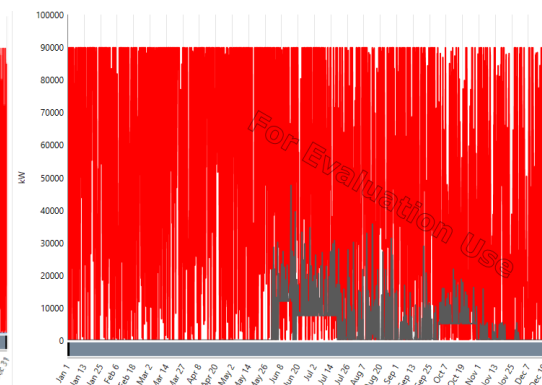
Εικόνα 85 Παραγωγή ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2014



Εικόνα 86 Κάλυψη φορτίου 2014



Εικόνα 87 ΑΓ και αγορές από το δίκτυο 2015



Εικόνα 88 Κάλυψη φορτίου 2015

— V82
— Grid Purchases
— AC Primary load

Το φορτίο καλύπτεται σε ποσοστό 99% από τις ανεμογεννήτριες της Κεφαλονιάς για τα έτη 2013 και 2015 και σε ποσοστό 98,7 για το έτος 2014 συνεπώς οι αγορές από το δίκτυο αφορούν ποσοστό της τάξεως του 0,9-1% περίπου για κάθε έτος.

4.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία έρευνα για το φορτίο που απαιτεί η δραστηριότητα κρουαζιέρας σε έξι λιμάνια της Ελλάδας και πως αυτό μπορεί να καλυφθεί με μη συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων προς το περιβάλλον.

Το σημείο προβληματισμού αφορά στο κατά πόσο είναι εφικτή και οικονομικά βιώσιμη η λύση η οποία αφορά την εκμετάλλευση υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια βελτιστοποίησης με τη χρήση του λογισμικού HOMER, ώστε να υπάρξει ισορροπία του ενεργειακού μίγματος τόσο για λόγους βιωσιμότητας όσο και για λόγους βελτιστοποίησης της σταθερότητας του συστήματος. Είναι γεγονός ότι η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων αποτελεί μien μία καθαρή λύση από άποψη ρύπων σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές, όμως δεν παύει να εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό καθιστά το συνδυασμό διαφορετικών τεχνολογιών καθώς και τη διατήρηση της διασύνδεσης στο κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μία λύση ασφαλή.

Θα ήταν δόκιμο να εξεταστεί κατά πόσο θα μπορούσε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στα κρουαζιερόπλοια εφαρμόζοντας έξυπνα συστήματα και πρακτικές αειφορικής χρήσης της ενέργειας εντός των κρουαζιερόπλοιων.

Τέλος η μελέτη βελτιστοποίησης του προγραμματισμού του εκάστοτε λιμεναρχείου όσον αφορά τη φέρουσα ικανότητα του λιμένα και τη βιωσιμότερη σχεδίαση των δρομολογίων των κρουαζιερόπλοιων θα μπορούσε να συμβάλλει συμπληρωματικά στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

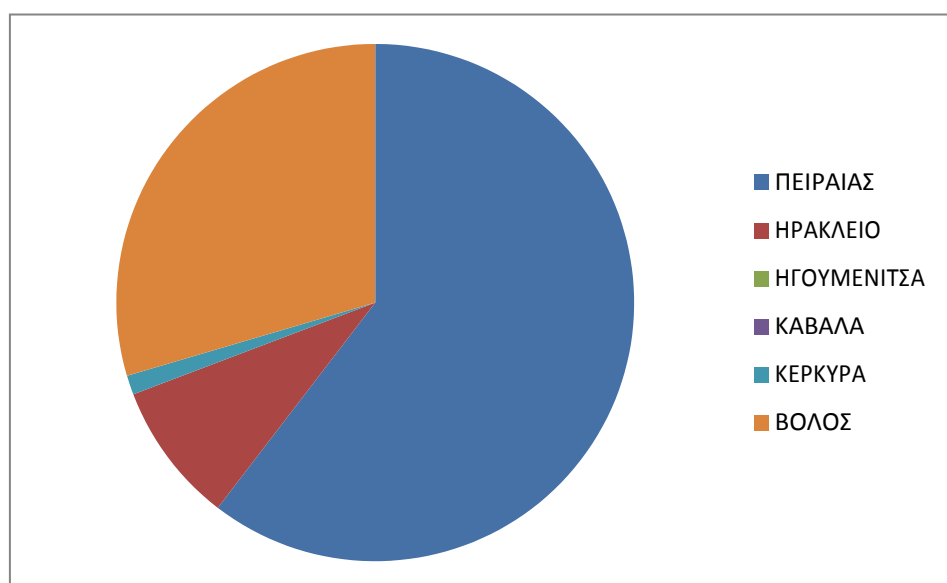
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κρουαζιέρα αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς στη βιομηχανία του τουρισμού με θετικά οφέλη στην οικονομία. Το μέλλον της τουριστικής ανάπτυξης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το φυσικό περιβάλλον και τη

διατήρησή του. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει ο τουρισμός προκαλώντας σοβαρά προβλήματα υγείας όπως καρκίνος του πνεύμονα, καρδιαγγειακές παθήσεις και γενετικές ανωμαλίες. Συνεπώς είναι πολύ σημαντικό να γίνει σωστή αποτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων και να εφαρμοστούν οι βιώσιμες πρακτικές οι οποίες θα περιορίσουν το πρόβλημα.

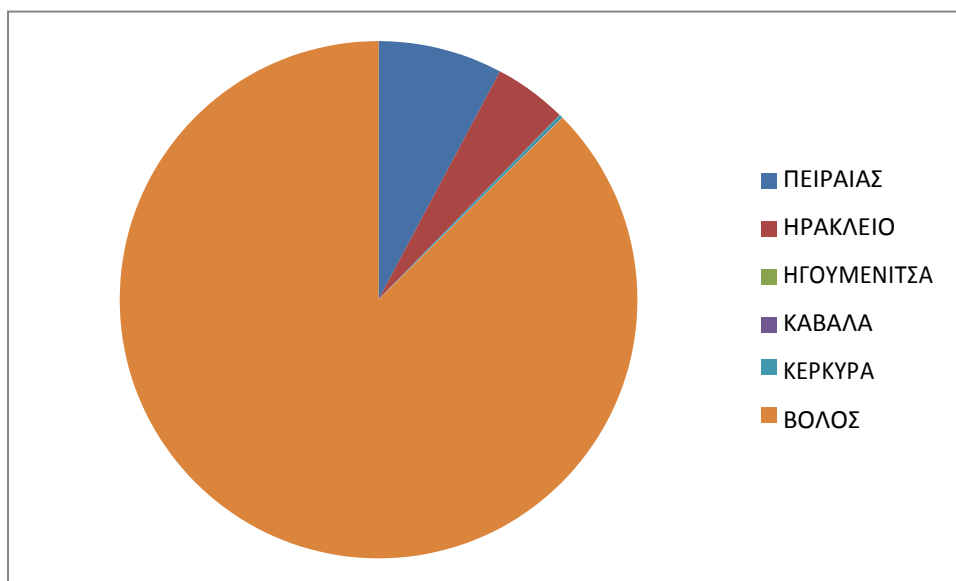
Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια εκτίμησης της δυνατότητας κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των κρουαζιερόπλοιων κατά τη φάση του ελλιμενισμού τους σε έξι ελληνικούς λιμένες, Πειραιά, Ηρακλείου, Ηγουμενίτσας, Βόλου, Καβάλας και Κέρκυρας με βάση τις εκτιμώμενες εκπομπές αερίων ρύπων για τις χρονολογίες 2013, 2014 και 2015.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή των ενεργειακών αναγκών για κάθε έναν από τους υπό μελέτη λιμένες ενδεικτικά για το έτος 2013.



Εικόνα 89 Ποσοστιαία κατανάλωση ανά λιμένα για το έτος 2013

Για την ίδια χρονολογία το αντίστοιχο διάγραμμα παρουσιάζεται το ενεργειακό αποτύπωμα ανά κρουαζιερόπλοιο για κάθε έναν από τους υπό εξέταση λιμένες.



Εικόνα 90 Ενεργειακό αποτύπωμα ανά κρουαζιερόπλοιο για το έτος 2013.

Το γράφημα της Εικόνα 90 προέκυψε από την κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων των ενεργειακών αναγκών του εκάστοτε λιμένα ως προς τον αριθμό των κρουαζιερόπλοιων έτσι ώστε να είναι εφικτή η μεταξύ τους σύγκριση.

Γίνεται ξεκάθαρο ότι παρά το γεγονός ότι ο Πειραιάς αποτελεί το λιμένα με τη μεγαλύτερη δραστηριότητα και απαίτηση φορτίου, στο λιμένα Βόλου το ενεργειακό αποτύπωμα είναι δέκα φορές μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό του Πειραιά.

Έπειτα από έρευνα για τους εγκατεστημένους σταθμούς μονάδων ΑΠΕ με τη χρήση του γεωπληροφοριακού χάρτη της ΡΑΕ διαπιστώθηκε πως και για τα έξι λιμάνια υπάρχουν διαθέσιμες μονάδες ΑΠΕ εγκατεστημένες στην ευρύτερη περιοχή του εκάστοτε λιμένα, σε ισχύ τέτοια ώστε να καλύπτεται επαρκώς το φορτίο ζήτησης τουλάχιστον για τις χρονολογίες οι οποίες μελετήθηκαν με την παρούσα. Στην περίπτωση του λιμένα Κέρκυρας όπου δεν υπάρχουν εγκατεστημένες ΑΠΕ με άδεια λειτουργίας, χρησιμοποιήθηκαν αιολικοί σταθμοί της Κεφαλονιάς.

Με τη βοήθεια του λογισμικού HOMER πραγματοποιήθηκε προσομοίωση του συστήματος για τον κάθε λιμένα χωριστά, με δεδομένα εισόδου τις συντεταγμένες της περιοχής μελέτης (για την εξαγωγή κλιματολογικών δεδομένων από τις βιβλιοθήκες του προγράμματος), τις ωριαίες χρονοσειρές κατανάλωσης φορτίου και την ισχύ της εκάστοτε τεχνολογίας ΑΠΕ.

Και στους έξι λιμένες η κάλυψη του φορτίου από ανανεώσιμες πηγές ήταν επαρκής σε ποσοστό 99,7% και πάνω. Ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,3% και λιγότερο σε πολλές περιπτώσεις αφορούσε αγορές από το δίκτυο διασύνδεσης γεγονός που σημαίνει ότι η μείωση στο ποσοστό των εκπεμπόμενων ρύπων τουλάχιστον για τη φάση του ελλιμενισμού η οποία μελετήθηκε με την παρούσα, είναι η αντίστοιχη.

Το κύριο μειονέκτημα που παρατηρήθηκε από την ανάλυση της προσομοίωσης είναι ότι προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι εποχιακές διακυμάνσεις της ζήτησης ισχύος, τα συστήματα εξυπηρετήθηκαν των λιμένων εξυπηρετήθηκαν από αιολική και φωτοβολταϊκή παραγωγή υψηλής ισχύος. Αυτό συνεπάγεται ότι σε ένα μεγάλο μέρος του έτους όπου τα φορτία είναι χαμηλά, δημιουργούνται αρκετά χαμηλοί συντελεστές χρησιμότητας σε σχέση με το υψηλό ειδικό κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] A. Mamalaki, Implementation and study of microgrid in settlement of municipality of Rethimno, with participation scattered sources electricity production, Chania, TEI of Crete, 2015.
- [2] A. Maragkogianni, Combined methodology for the quantification of emissions of gaseous pollutants by cruise ships. Estimation of induced social costs and evaluation of the environmental performance of ports, Chania: Technical University of Crete, 2017.
- [3] A. Lockwood, S Medlik, Tourism and Hospitality in the 21 Century, Oxford 2001.
- [4] “Prof. Stefan Gosling, Linnaeus University, Sweden,” pp. 1–5, 2013.
- [5] Γ. Νικολουδάκης, Ανάπτυξη πληροφοριακού συστήματος για τη διαχείριση και τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος μέσω μαζικής μεταφοράς. Εφαρμογή σε λιμάνια και κρουαζιερόπλοια, Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2015.
- [6] H. Cari, “Challenges and prospects of valuation e cruise ship pollution case,” 2015.
- [7] H. Carić and P. Mackelworth, “Cruise tourism environmental impacts - The perspective from the Adriatic Sea,” *Ocean Coast. Manag.*, vol. 102, no. PA, pp. 350–363, 2014.
- [8] D. Cooper, “Representative emission factors for use in Quantification of emissions from ships associated with ship movements between port in the European Community ”,” *Environ. Res.*, no. July, pp. 1–44, 2002.
- [9] C. Copeland, “Cruise Ship Pollution : Background , Laws and Regulations , and Key Issues,” 2008.
- [10] J. J. Corbett, J. J. Winebrake, E. H. Green, P. Kasibhatla, V. Eyring, and A. Lauer, “Mortality from ship emissions: A global assessment,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 41, no. 24, pp. 8512–8518, 2007.
- [11] J. J. Corbett and H. W. Koehler, “Updated emissions from ocean shipping,” vol. 108, 2003.
- [12] J. J. Corbett, H. Wang, and J. J. Winebrake, “The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping,” *Transp. Res. Part D*, vol. 14, no. 8, pp. 593–598, 2009.
- [13] Cruise, “Meet the Cruise,” 2015.

- [14] M. Eide, D. N. Veritas, and I. S. Isaksen, "The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping," no. November, pp. 1–43, 2008.
- [15] Ø. Endresen, S. Dalsøren, and M. Eide, "The environmental impacts of increased international maritime shipping—Past trends and future perspectives," ... *Environ. a ...*, 2008.
- [16] Ø. Endresen, "Emission from international sea transportation and environmental impact," *J. Geophys. Res.*, vol. 108, no. D17, 2003.
- [17] V. Eyring, H. W. Köhler, J. Van Aardenne, and A. Lauer, "Emissions from international shipping: 1. The last 50 years," *J. Geophys. Res. D Atmos.*, vol. 110, no. 17, pp. 171–182, 2005.
- [18] S. Gössling, "National emissions from tourism: An overlooked policy challenge?," *Energy Policy*, vol. 59, pp. 433–442, 2013.
- [19] D. A. Groneberg, D. Klingelhofer, S. Uibel, D. Mueller, and M. Takemura, "Ships, ports and particulate air pollution - an analysis of recent studies," *J. Occup. Med. Toxicol.*, vol. 6, no. 1, p. 31, 2011.
- [20] O. J. A. Howitt, V. G. N. Revol, I. J. Smith, and C. J. Rodger, "Carbon emissions from international cruise ship passengers' travel to and from New Zealand," *Energy Policy*, vol. 38, no. 5, pp. 2552–2560, 2010.
- [21] R. Joshi and P. P. Dhyani, "Environmental sustainability and tourism – implications of trend synergies of tourism in Sikkim Himalaya," pp. 33–41, 2017.
- [22] P. Kasibhatla, V. Eyring, and A. Lauer, "Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment," 2007.
- [23] B. R. A. Klein, "Cruising – Out of Control: The Cruise Industry , The Environment , Workers , and the Maritimes Cruising – Out of Control: Workers , and the Maritimes," no. March, 2003.
- [24] N. Künzli *et al.*, "The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution," *J. Toxicol. Environ. Heal. Part A*, vol. 68, no. 13–14, pp. 1301–1307, 2005.
- [25] M. Lenzen, J. Murray, F. Sack, and T. Wiedmann, "Shared producer and consumer responsibility - Theory and practice," *Ecol. Econ.*, vol. 61, no. 1, pp. 27–42, 2007.
- [26] Z. Marušić, I. Sever, and N. Ivandić, *Mediterranean Cruise Itineraries and the Position of Dubrovnik*. 2012.
- [27] O. Merk, "Shipping emissions in ports: overview, impact and prognosis," *Port Technol. Int.*, no. 64, p. 2, 2014.

- [28] A. Miola and B. Ciuffo, "Estimating air emissions from ships: Meta-analysis of modelling approaches and available data sources," *Atmos. Environ.*, vol. 45, no. 13, pp. 2242–2251, 2011.
- [29] J. Munksgaard, L. L. Pade, J. Minx, and M. Lenzen, "Influence of trade on national CO₂ emissions," *Int. J. Glob. Energy Issues*, vol. 23, no. 4, p. 324, 2015.
- [30] A. Paxian, V. Eyring, W. Beer, R. Sausen, and C. Wright, "Present-Day and Future Global Inventories Including Polar Routes," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 44, no. 4, pp. 1333–1339, 2010.
- [31] S. Perch-Nielsen, A. Sesartic, and M. Stucki, "The greenhouse gas intensity of the tourism sector: The case of Switzerland," *Environ. Sci. Policy*, vol. 13, no. 2, pp. 131–140, 2010.
- [32] G. P. Peters *et al.*, "and Physics Future emissions from shipping and petroleum activities in the Arctic," pp. 5305–5320, 2011.
- [33] B. Puh, "Attitude of citizen of Dubrovnik towards the impact of cruise tourism on Dubrovnik," vol. 18, no. 2, pp. 213–228, 2012.
- [34] D. Scott, P. Peeters, and S. Gössling, "Can tourism deliver its 'aspirational' greenhouse gas emission reduction targets?," *J. Sustain. Tour.*, vol. 18, no. 3, pp. 393–408, 2010.
- [35] S. Soriani *et al.*, "Cruising in the Mediterranean: structural aspects and evolutionary trends," vol. 8839, no. May, 2009.
- [36] G. Stefan, P. Peeters, J. Ceron, G. Dubois, T. Patterson, and R. B. Richardson, "The eco-efficiency of tourism," vol. 54, pp. 417–434, 2005.
- [37] J. S. F. Stig B. Dalsøren, Magnus S. Eide, Gunnar Myhre, Øyvind Endresen, Ivar S. A. Isaksen, "Impacts of the Large Increase in International Ship Traffic," *Environ. Sci. Technol.*, 2010.
- [38] E. Tzannatos, "Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus - Greece," *Atmos. Environ.*, vol. 44, no. 3, pp. 400–407, 2010.
- [39] UNEP, WMO, and WTO, *Climate Change and Tourism. Responding to Global Challenges. Advanced Summary. Retrieved from.* 2008.
- [40] J. Wang, Y. Jing, C. Zhang, and J. Zhao, "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy," vol. 13, pp. 2263–2278, 2009.
- [41] M. E. Wood, "The cruise industry," *Sustain. Tour. a Finite Planet*, pp. 225–260, 2018.
- [42] T. World, F. World, T. World, G. Wall, M. Mowforth, and C. America, *Tourism and Sustainability.* .

- [43] Θ. Πάλλης, Γ. Κ. Βαγγέλας, Κ. Αράπη, and Π. Κλαδάκη, “Η Αναπτυξιακή Προοπτική της Κρουαζιέρας Αφιετηρίας στην Ελλάδα Ομάδα Έργου,” pp. 1–238, 2017.
- [44] Butler, R.W., 1991. Tourism, environment, and sustainable development. *Environ Conserv.* 18 (3), 201-209
- [45] Cari_c, H., 2010. Direct pollution cost assessment of cruising tourism in Croatian Adriatic. *Financ. Theory Pract.* 34 (2) (Institute for public finance).
- [46] Gossling, S., Borgstrom Hansson, C., Horstmeier, O., Saggel, S., 2002. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecol. Econ.* 43,199-211.
- [47] <http://nee.gr/>
- [48] Duffy, R., 2002. A Trip Too Far: Ecotourism, Politics and Exploitation. Stylus Pub Llc.
- [49] USEPA e United States Environmental Protection Agency, 2008. Cruise Ship. Discharge Assessment Report. USEPA Oceans and Coastal Protection Division, Washington. EPA 842-R-07-005.
- [50] Klein, R.A., 2005. Cruise Sheep Squeeze. The New Pirates of the Seven Seas. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.
- [51] Perucic, D. and Puh, B. (2012). Attitudes of Citizen of Dubrovnik Towards The Impact of Cruise Tourism On Dubrovnik, Tourism and Hospitality Management
- [52] Wild, Peter; Dearing, John (2000). ”Development of and prospects for cruising in Europe”, *Maritime Policyand Management*, Vol 27, No.4, 2000, Pp.315–337
- [53] 2011/2012 Report ECC - European Cruise Council, 2012. Making a Real Social and Economic Contribution to Europe's Economy. Ashcroft & Associates Ltd, PO Box 57940, London W4 5RD, United Kingdom.
- [54] G. P. Wild, BREAE Business Research & Economic Advisors, 2013. Contribution of Cruise Tourism to the Economies of Europe, 2013 Edition. Cruise Lines International Association Europe (CLIA Europe), Brussels.

- [55] Cohen, G., 2008. Overview of Cruise Ship Facts, Threats to Environment, Criminal History [online]. Campaign to Safeguard Americas Waters (C-SAW): Earth Island Institute.
- [56] Scott, D. et al.(2010), ‘Can Tourism ‘seal the deal’ of its mitigation commitments? The challenge of achieving ‘aspirational’ emission reduction targets’, Journal of Sustainable Tourism.
- [57] Peters, G. P.; Hertwich, E. G. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy Environ. Sci. Technol. 2008, 42 (5) 1401–1407
- [58] Turner, K.; Lenzen, M.; Wiedmann, T.; Barrett, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities. Part 1: A technical note on combining input-output and ecological footprint analysis Ecol. Econ. 2007, 62 (1) 37–44.
- [59] Dalsøren, S.B. et al. (2008), “Update of Ship Emissions and Environmental Impact of Different Ship Types and Harbour Emissions”, paper in progress.
- [60] Whall, C. et al. (2002), Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements between Ports in the European Community, Report to the European Commission, Entec, Northwich, UK.
- [61] <https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/index.html>

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων προσομοίωσης έγινε χρήση free license του λογισμικού HOMER