



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Παράκτια ηλεκτρική διασύνδεση πλοίων
στους λιμένες της Ρόδου»*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

ΠΑΠΑΜΙΧΑΗΛ ΤΣΑΜΠΙΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ

Επιβλέπων

Προυσαλίδης Ιωάννης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2019

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες.....	vii
Λίστα Πινάκων.....	ix
Λίστα Εικόνων	xi
Λίστα Διαγραμμάτων	xii
Κεφάλαιο 1 Γενικές Πληροφορίες.....	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Cold Ironing	2
1.2.1 Γενικές πληροφορίες.....	2
1.2.2 Διεθνής Πολιτική και κανονισμοί για τη μέθοδο Cold Ironing	3
1.2.3 Ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος Cold Ironing	4
1.2.3.1 Μετασηματιστής τάσης-Μετατροπέας συχνότητων	4
1.2.3.2 Καλώδια και αγωγοί.....	5
1.2.3.3 Πολλαπλές κοιλότητες υποδοχής	5
1.3 Πόλεις που εφαρμόζεται ή πρόκειται να εφαρμοστεί η μέθοδος COLD IRONING	6
1.3.1 Πόλη ΜΠΕΡΓΚΕΝ της Νορβηγίας	6
1.3.2 ΛΟΣ ΑΝΤΖΕΛΕΣ ΗΠΑ	7
1.3.3 ΛΟΓΚ ΜΠΙΤΣ ΗΠΑ.....	8
1.3.4 ΑΜΒΕΡΣΑ ΒΕΛΓΙΟ	8
1.3.5 ΑΜΠΕΡΝΤΙΝ ΣΚΩΤΙΑ(μελέτη για εγκατάσταση).....	8
1.3.6 ΛΑΣ ΠΑΛΜΑΣ(μελέτη για εγκατάσταση).....	9
1.3.7 Πόλεις στην Κίνα	10
Κεφάλαιο 2 Λιμάνι της Ρόδου Γενικές Πληροφορίες – Γεωγραφικά δεδομένα	11
2.2 Υπηρεσίες και Μεταφορές	15
2.3 Περιβαλλοντική επιρροή.....	16
2.4 Μελέτη για το λιμάνι της Ρόδου	18
2.4.1 Κυκλοφορία στο λιμάνι της Ρόδου	18
2.4.2 Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	18
2.4.2.1 Κρουαζιερόπλοια	19
2.4.2.2 Επιβατηγά/Οχηματαγωγά.....	25
2.4.2.3 Λοιπές κατηγορίες πλοίων	27
2.4.3 Τεχνική Μελέτη	27
2.4.3.1 Κύρια κατασκευή υποσταθμού	28

2.4.3.2 Καλώδια και υποσταθμός	28
Κεφάλαιο 3 Οικονομική ανάλυση και οφέλη από την εφαρμογή cold ironing	29
3.1 Κόστος εγκατάσταση μονάδας Cold Ironing, λειτουργικά κόστη και κόστη συντήρησης	29
3.2 Οφέλη για την πόλη της Ρόδου	31
3.3 Γενική εικόνα των εκπομπών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	33
3.3.1 Εξωτερικό κόστος των εκπομπών των πλοίων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία	33
3.3.2 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	35
3.3.2.1 Παραγόμενο κόστος πλοίου	35
3.3.2.2 Παραγόμενο κόστος ακτής	36
3.4 Φωτοβολταϊκό πάρκο	37
3.4.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Φ / Β πάρκου :	38
3.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ / Β	39
3.5 Οικονομική ανάλυση επένδυσης	39
3.5.1 Χρήση μοντέλου ΚΠΑ(Καθαράς Παρούσας Αξίας) για την ανάλυση του μοντέλου Cold Ironing	39
3.5.2 Υποθέσεις για τη μέθοδο της ΚΠΑ	40
3.5.3 Χρηματοδότηση Ευρωπαϊκής Ένωσης(ΕΕ)	41
3.6 Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ	42
Κεφάλαιο 4 Μετασκευή πλοίων για μικρές αποστάσεις από συμβατικά σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συσσωρευτών Μελέτη Ρόδος	45
4.1 Γενικές Πληροφορίες	45
4.1.1 Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού συστήματος του ηλεκτροκίνητου πλοίου	45
4.1.2 Ενδεχόμενοι κίνδυνοι για το ηλεκτρικό σύστημα του ηλεκτροκίνητου πλοίου	46
4.1.3 Χαρακτηριστικά, χωρητικότητα συστήματος συσσωρευτών και διάταξη τους στο χώρο	47
4.1.4 Χαρακτηριστικά ηλεκτροκινητήρα	48
4.1.5 Χαρακτηριστικά μετατροπέν ισχύος(αντιστροφέας)	49
4.1.6 Απαραίτητα στοιχεία για τη μελέτη της μετασκευής του πλοίου	49
4.2 Μετασκευή πλοίου για τη διαδρομή Κολύμπια-Λίνδος	53
4.2.1 Γενικές πληροφορίες για το πλοίο και τη διαδρομή	53
4.2.2 Υπολογισμός ενέργειας που απαιτείται για το ταξίδι	53
4.2.3 Υπολογισμός χωρητικότητας συσσωρευτών	53
4.2.4 Προτεινόμενοι συσσωρευτές	54
4.2.5 Υπολογισμός κατάλληλων συσσωρευτών	54
4.2.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων / οικονομική μελέτη σεναρίων	55

4.3 Μετασκευή πλοίου για τη διαδρομή Ρόδος-Σύμη.....	60
4.3.1 Γενικές πληροφορίες για το νησί της Σύμης	60
4.3.2 Δρομολόγια από Ρόδο προς Σύμη	61
4.3.3 Χαρακτηριστικά πλοίου	61
4.3.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	61
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα Προτεινόμενες μελέτες για το μέλλον	65
5.1 Συμπεράσματα	65
5.1.1 Συμπεράσματα για την παράκτια ηλεκτρική σύνδεση κρουαζιερόπλοιων και επιβατηγών πλοίων στη Ρόδο.....	65
5.1.2 Συμπεράσματα για τη μετασκευή σκαφών σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών.....	66
5.2 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για το μέλλον	67
5.2.1 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για την παράκτια ηλεκτρική σύνδεση κρουαζιερόπλοιων και επιβατηγών πλοίων στη Ρόδο	67
5.2.2 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για τη μετασκευή σκαφών σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69
ΙΣΤΙΟΣΕΛΙΔΕΣ/ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	72

Περίληψη

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την τεχνοοικονομική μελέτη εγκατάστασης Cold Ironing(ηλεκτρική διασύνδεση πλοίου με παράκτιο δίκτυο ηλεκτρισμού) στο λιμάνι της Ρόδου (στην περιοχή Μανδράκι) και τη χρήση μπαταριών σε πλοία-πορθμεία που πραγματοποιούν σύντομες διαδρομές αντί των συμβατικών μηχανών. Η μέθοδος Cold Ironing είναι η διαδικασία κατά την οποία παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα στο πλοίο κατά τη διάρκεια που αυτό βρίσκεται στο λιμάνι, ενώ η κύρια και οι βοηθητικές μηχανές του είναι σβηστές. Θα εξεταστεί η δυνατότητα μια τέτοια εγκατάσταση να είναι αφενός μεν κερδοφόρα, αφετέρου δε επωφελής για το περιβάλλον. Αρχικά θα εκτιμηθεί το κόστος της παροχής ρεύματος για το σκοπό αυτό στο λιμάνι. Έπειτα θα γίνει μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου(ή και άλλου είδους ανανεώσιμης πηγής ενέργειας), κάτι που αναμένεται να παρέχει οικονομικά οφέλη, σε συνδυασμό με ένα πιο καθαρό περιβάλλον. Επειδή, τέτοιου είδους επένδυση έχει ως πρωταρχικό στόχο το περιβάλλον και έπειτα τον οικονομικό τομέα, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη τα πλεονεκτήματα που αφορούν την ανθρώπινη υγεία, την κοινωνία και το οικοσύστημα πριν παρθεί η τελική απόφαση για την εγκατάσταση του πάρκου. Το λιμάνι της Ρόδου (ενός από τα πιο τουριστικά νησιά την καλοκαιρινή περίοδο) έχει μεγάλο αριθμό αφίξεων πλοίων, με αποτέλεσμα να είναι σημαντική η μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου, καθώς με αυτόν τον τρόπο θα μειωθούν σημαντικά οι ρύποι. Θα εξετασθούν ακόμα και διάφορα σενάρια ώστε αυτά τα πάρκα να είναι και οικονομικά βιώσιμα. Πιθανότατα να υπάρχουν προβλήματα στο οικονομικό σκέλος, καθώς το κόστος του ηλεκτρισμού που παράγεται στο πλοίο είναι χαμηλότερο από αυτό της ακτής. Αυτό μπορεί να προκαλέσει την αντίδραση των πλοιοκτητών, διότι δεν θα είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν εγκαταστάσεις που θα έχουν μεγαλύτερη οικονομική απώλεια. Θα προταθούν λοιπόν κάποιες λύσεις ώστε να γεφυρωθεί το οικονομικό χάσμα μεταξύ των διαχειριστών του λιμανιού και των πλοιοκτητών(όπως για παράδειγμα φορολογική απαλλαγή στη συγκεκριμένη περίπτωση για τα τέλη του ηλεκτρισμού). Τέλος θα εξετασθεί η κατασκευή ή μετασκευή μικρών πλοίων, σκαφών που πραγματοποιούν σύντομες διαδρομές χρησιμοποιώντας μπαταρίες. Θα γίνει μελέτη χρήσης μπαταριών αντί των συμβατικών μηχανών σε μικρά σκάφη με στόχο κυρίως την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και οικονομικά οφέλη.

Abstract

This thesis aims at the techno-economic study of the installation of a Cold Ironing unit (electrical ship interconnection with a coastal electricity network) in the port of Rhodes (in the Mandraki area) and the use of batteries on short-haul vessels instead of conventional engines. The Cold Ironing method is the process of providing electricity to the ship while it is in port while its main and auxiliary engines are switched off. The possibility of such an installation being both profitable and environmentally beneficial will be considered. Initially, the cost of power supply for this purpose in the port will be estimated. Next there will be a study of the installation of a photovoltaic park (or other type of renewable energy source), which is expected to provide economic benefits, combined with a cleaner environment. Since such an investment is primarily aimed at the environment and then the economic sector, the benefits of human health, society and the ecosystem must be taken into account before a final decision is made on the establishment of the park. The port of Rhodes (one of the most tourist islands in the summer) has a large number of arrivals, making it important to study the installation of a photovoltaic park, as this will significantly reduce pollutants and enhance the power supply. Various scenarios will be considered to make these parks economically viable. Probably there will be problems on the financial side, as the cost of electricity produced on board is lower than that of the coast. This can cause the shipowners to react because they will not be willing to use facilities that will cause greater financial loss. Therefore, some solutions will be proposed to close the financial gap between port managers and shipowners (such as the tax exemption in this case for electricity charges). Finally, the construction or remodeling of small vessels, vessels making short journeys using batteries will be considered. Study of battery usage instead of conventional engines in small boats aimed mainly at protecting the environment but also economic benefits.

Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή της Σχολής, Κ. Προυσαλίδη Ιωάννη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου και για την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τις ναυτιλιακές εταιρείες και το λιμεναρχείο της Ρόδου, από που και συλλέχθηκαν στοιχεία της εργασίας, για την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπο μου.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια όχι μόνο εκπόνησης της διπλωματικής αλλά περάτωσης του συνόλου των μεταπτυχιακών σπουδών μου, όπως επίσης και σε όλους τους φίλους και αγαπημένα μου πρόσωπα.

Λίστα Πινάκων

ΛΙΜΑΝΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ COLD IRONING (WPCI, 2017)	3
Ρύποι ανάλογα τον τύπο του πλοίου για το έτος 2010 για το λιμάνι του Μπέργκεν	6
Νομισματική αξία των ρύπων για το λιμάνι του Μπέργκεν ανά έτος.....	7
Ρύποι για επιλεγμένα λιμάνια	7
Εκπομπές και χρόνος λειτουργίας των πλοίων στο λιμάνι του Λας Πάλμας, πηγή: Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port ...	9
Πίνακας με πλοία που προσαράσσουν στους λιμένες της Ρόδου προερχόμενα από τον λιμένα του Πειραιά (τύπου επιβατηγά/οχηματαγωγά)	16
Πίνακας με τις εκτιμώμενες εκπομπές ρύπων από πλοία στα λιμάνια το 2011	17
Auxiliary Engine Emission Factors(g/kWh)	18
Πίνακας επισκέψεων κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Ρόδου	18
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ (ΠΙΝΑΚΑΣ)	24
Μέγιστος αριθμός ελλιμενισμένων πλοίων ταυτόχρονα στο λιμάνι της Ρόδου.....	25
ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΠΕΙΡΑΙΑ-ΡΟΔΟΣ	26
ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΠΡΟΣΑΡΑΣΣΟΥΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ	26
ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ	27
ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥΣ	28
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ COLD IRONING ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ	30
Συντελεστής εκπομπών ρύπων	32
Εκτιμώμενες αβεβαιότητες εκπομπών ρύπων	32
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΤΟΝΝΟΥΣ.....	32
Ηλεκτρική παραγωγή σε GWh, source: Kampylis Panagiotis Feasibility study of installing CI at the port of Piraeus (2016)	33
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ, πηγή: EXIOPOL 2010	34
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ(σε Ευρώ, έτος 2019) ΑΝΑ ΤΟΝΝΟ ΡΥΠΟΥ.....	34
Εξωτερικό κόστος εκπομπών στο λιμάνι της Ρόδου ανά έτος.....	35
ΤΙΜΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΑΝΑ kWh	35
Συνολικό παραγόμενο κόστος πλοίου	36
Παραγόμενο ηλεκτρικό κόστος ακτής, source: www.dei.gr	36
Επιπρόσθετες χρεώσεις της ΔΕΗ, source:www.dei.gr	36
Συνολικό παραγόμενο κόστος ακτής	37
Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 100%.....	42
Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 15% και ετήσια αύξηση 15%.....	43
Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 25% και ετήσια αύξηση 20%.....	43
Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 50% και ετήσια αύξηση 50%.....	44
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	54
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α.....	55
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α.....	56
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α.....	56
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α.....	56
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α.....	57
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β.....	58
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β.....	58
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β.....	59
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β.....	59
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β.....	59

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ 'ΠΑΝΑΓΙΑ ΣΚΙΑΔΕΝΗ'	61
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ	62
ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΗ.....	63
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ	63
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ.....	63
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ.....	64

Λίστα Εικόνων

ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ.....	1
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ «COLD IRONING».....	2
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ COLD IRONING	4
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ «COLD IRONING»	4
ΜΕΤΑΣΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ	5
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ MASTERFC 400	5
ΛΙΜΕΝΕΣ ΡΟΔΟΥ	15
Συχνότητα και τάση πλοίων ανάλογα με το μέρος κατασκευής	19
ΚΟΥΤΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ : ABB PCS 6000 SFC source: www.abb.com.....	28
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 500 ΚΩΡ ΑΥΛΩΝΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	37
Χαρακτηριστικά ηλεκτροκινητήρα	48
Εικόνα : rodosreport.gr	60

Λίστα Διαγραμμάτων

Μέση απαίτηση ενέργειας κρουαζιερόπλοιων σε λιμάνι	19
ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	20
ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	21
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	22
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ (ΓΡΑΦΗΜΑ).....	23
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ	25
Ηλεκτρική παραγωγή στην Ελλάδα ανάλογα τον τύπο καυσίμου, source: Kampylis Panagiotis Feasibility study of installing CI at the port of Piraeus (2016).....	33
MGO Average price(ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΤΙΜΗΣ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ), source: www.shipandbunker.com	35

Κεφάλαιο 1

Γενικές Πληροφορίες

1.1 Εισαγωγή

Το λιμάνι της Ρόδου είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδας. Έχει τη δυνατότητα να στεγάσει όλα τα είδη πλοίων. Μικρά σκάφη, εμπορικά πλοία, επιβατηγά/οχηματαγωγά, δεξαμενόπλοια, πλοία ξηρού και υγρού φορτίου χύδην, κρουαζιερόπλοια, ιστιοφόρα είναι μερικά από αυτά. Εκατομμύρια άνθρωποι, κυρίως τη θερινό περίοδο, επισκέπτονται το νησί της Ρόδου. Ο μεγάλος αριθμός πλοίων έχει ως αποτέλεσμα την απασχόληση μεγάλου αριθμού προσωπικού στο λιμάνι, κάτι που επιφέρει σημαντική εμπορική αξία στο νησί και οικονομική άνθιση.

Το λιμάνι της Ρόδου βρίσκεται στο βόρειο-ανατολικό τμήμα του νησιού. Αυτό επηρεάζει άμεσα τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις συνθήκες διαβίωσης (όσον αφορά την υγεία) των πολιτών. Όταν τα πλοία βρίσκονται στο λιμάνι δεν λειτουργούν οι κύριες μηχανές τους και η παραγωγή ηλεκτρισμού επιτυγχάνεται μέσω βοηθητικών μηχανών diesel για να καλυφθούν ανάγκες όπως ψύξη, φώτα, αντλίες, εργαλεία χειρισμού φορτίου και άλλες λειτουργίες. Η καύση του πετρελαίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή ρυπογόνων ουσιών όπως οξειδία του αζώτου (NOx), οξειδία του θείου (SOx), στερεά σωματίδια και άλλα. Όλα αυτά είναι επιβλαβή για την υγεία των πολιτών, καθώς προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα, άσθμα, δύσπνοιες, ακόμα και πρόωρους θανάτους.

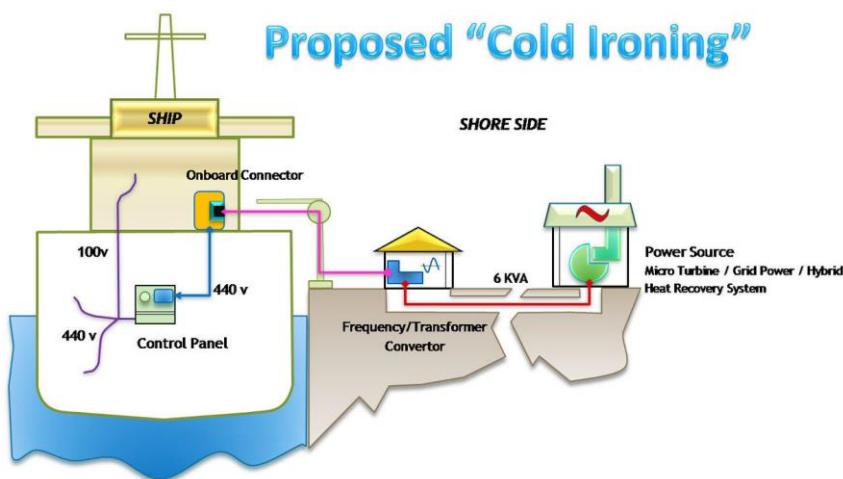


ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

Συνεπώς πρέπει να βρεθεί λύση για τη μείωση των εκπομπών στο λιμάνι, κάτι που δεν είναι εύκολο και ίσως είναι ακριβό. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εξετάζεται η μελέτη εγκατάστασης Cold Ironing(ηλεκτρική διασύνδεση πλοίου με παράκτιο δίκτυο ηλεκτρισμού) και τη χρήση μπαταριών σε πλοία-πορθμεία που πραγματοποιούν σύντομες διαδρομές αντί των συμβατικών μηχανών. Εκτιμάται ότι το ένα τρίτο των εκπομπών των πλοίων πραγματοποιούνται όταν αυτά βρίσκονται στο λιμάνι. Αντικαθιστώντας τη λειτουργία των βοηθητικών συμβατικών(χρήση πετρελαίου) μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την ακτή με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα μειωθούν οι ρύποι. Επιπλέον, αν αντικατασταθούν οι συμβατικές μηχανές σε μικρά σκάφη με μπαταρίες, τότε θα έχει γίνει ακόμα ένα σημαντικό βήμα για την μείωση των ρύπων. Για την επίτευξη όλων αυτών πρέπει να ληφθούν υπόψη οικονομική μελέτη, εκτίμηση μείωσης των εκπομπών, ανακατασκευή των σκαφών, υποδομές, δυνατότητα εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο λιμάνι.

1.2. Cold Ironing

1.2.1 Γενικές πληροφορίες



ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ «COLD IRONING»

Με τον όρο cold ironing(δεν υπάρχει ακριβής ελληνική ορολογία) εννοούμε την ηλεκτρική διασύνδεση πλοίου με παράκτιο δίκτυο ηλεκτρισμού στο λιμάνι, κυρίως όταν οι βοηθητικές του μηχανές είναι σβηστές. Με αυτό τον τρόπο ικανοποιούνται οι ανάγκες του πλοίου για

ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και άλλες λειτουργίες λαμβάνοντας συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια από την ακτή όσο αυτό βρίσκεται στο λιμάνι. Ο όρος cold ironing εμφανίστηκε όταν τα πλοία έκαίγαν άνθρακα για τις ανάγκες τους και όταν αυτά στάθμευαν σε ένα λιμάνι δεν υπήρχε η ανάγκη για περαιτέρω καύση, οπότε οι μηχανές ψυχόταν(cold ironing).

Όταν τα πλοία πλέουν προς το λιμάνι, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την κύρια μηχανή. Κατά την είσοδο σε αυτό αρχίζουν να λειτουργούν και οι βοηθητικές μηχανές, καθώς η κύρια μηχανή παράγει ρεύμα για διάφορες λειτουργίες όπως οι ελιγμοί του πλοίου. Οι βοηθητικές μηχανές σβήνουν μόνο όταν το πλοίο αναχωρήσει από το λιμάνι και λειτουργούν όλη τη διάρκεια που το πλοίο βρίσκεται σε αυτό. Αυτές τις μηχανές αντικαθιστά η μέθοδος Cold Ironing κατά την προσάραξη του πλοίου στο λιμάνι. Μάλιστα υπήρχαν εφαρμογές για τα στρατιωτικά πλοία και πλέον εφαρμόζεται για εμπορικούς λόγους και κυρίως περιβαλλοντικούς/υγείας(μείωση ρύπων, ηχορύπανσης και άλλα) σε διάφορα λιμάνια.

ΛΙΜΑΝΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ COLD IRONING (WPCI, 2017).

Introduced	Port	Country	Introduced	Port	Country
2000	Gothenburg	Sweden	2010	Verko, Karlskrona	Sweden
2000	Zeebrugge	Belgium	2010	Amsterdam	Netherlands
2001	Juneau	USA	2011	Long Beach	USA
2004	Los Angeles	USA	2011	Oslo	Norway
2005	Seattle	USA	2011	Prince Rupert	Canada
2006	Kemi	Finland	2012	Rotterdam	Netherlands
2006	Kotka	Finland	2012	Oakland	USA
2006	Oulu	Finland	2012	Ystad	Sweden
2006	Stockholm	Sweden	2012	Helsinki	Finland
2008	Antwerp	Belgium	2013	Trelleborg	Sweden
2008	Lubeck	Germany	2014	Riga	Latvia
2009	Vancouver	Canada	2015	Bergen	Norway
2010	San Diego	USA	2015	Hamburg	Germany
2010	San Francisco	USA	2015	Civitavecchia	Italy

1.2.2 Διεθνής Πολιτική και κανονισμοί για τη μέθοδο Cold Ironing

Το πρότυπο IEC / ISO / IEEE 80005-1: 2012 (E) περιγράφει συστήματα σύνδεσης υψηλής τάσης (HVSC) της ακτής με το πλοίο ώστε να το προμηθεύσει με ηλεκτρική ενέργεια από την ακτή. Το πρότυπο αυτό ισχύει για το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη δοκιμή συστημάτων HVSC και απαιτεί:

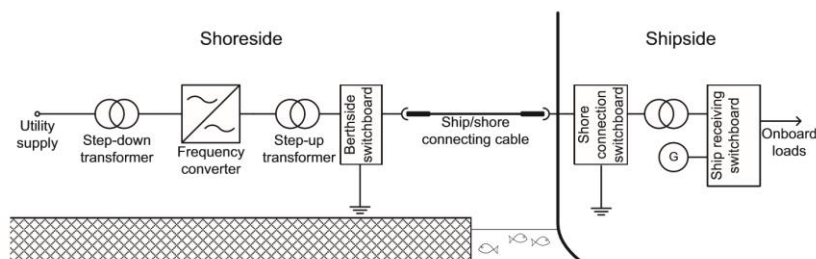
- Συστήματα διανομής ακτοπλοΐας HV(υψηλής τάσης).
- Σύνδεση από ξηρά προς πλοίο και εξοπλισμό διασύνδεσης.
- Μετασηματιστές / αντιδραστήρες,
- Ημιαγωγοί / περιστρεφόμενοι μετατροπείς,
- Συστήματα διανομής πλοίων

- Συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης, αλληλοσύνδεσης και διαχείρισης ισχύος.

Δεν ισχύει για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια των περιόδων δεξαμενισμού.

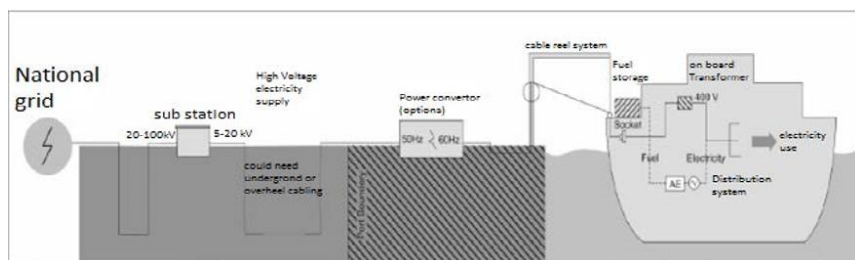
1.2.3 Ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος Cold Ironing

Ένα τυπικό σύστημα cold ironing είναι το ακόλουθο :



ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ COLD IRONING

Απαιτούνται διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στην ακτή, όσο και στο πλοίο για να εφαρμοστεί το σύστημα. Αρχικά το εθνικό δίκτυο πρέπει να συνδεθεί με ένα υποσταθμό/μετασηματιστή που θα μετατρέπει την τάση των 20-100kV σε 5-20kV. Με χρήση υπόγειων ή υπέργειων καλωδίων (υψηλής τάσης) μεταφέρεται το ρεύμα τάσης 5-20kV στο λιμάνι. Εκεί απαιτείται μετατροπή συχνότητας του ρεύματος, καθώς τα περισσότερα πλοία απαιτούν συχνότητα 60Hz, ενώ το ρεύμα που παράγεται στην ακτή έχει συχνότητα 50Hz. Έπειτα, με χρήση ειδικών καλωδίων μεταφέρεται το ρεύμα στο πλοίο, όπου με τη χρήση μετασηματιστή μετατρέπεται σε τάση 400V και διανέμεται στο πλοίο και οι βοηθητικές μηχανές σβήνουν. Αναλυτικότερα περιγράφεται η διαδικασία στο παρακάτω σχήμα.



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ «COLD IRONING»

1.2.3.1 Μετασηματιστής τάσης-Μετατροπέας συχνότητων

Τα περισσότερα πλοία λειτουργούν τριφασικά σε συχνότητα 60 Hz και τάση 440V. Πολλά όμως πλοία λειτουργούν σε διαφορετική τάση(6,6kV για παράδειγμα) και άλλα σε διαφορετική συχνότητα(50 Hz). Αυτό απαιτεί τη χρήση μετασηματιστή τάσης και μετατροπέα συχνότητας, οι οποίοι μπορούν να τοποθετηθούν μετά τον υποσταθμό/μετασηματιστή και να τροφοδοτούν απευθείας το πλοίο με την τάση και τη συχνότητα που

αυτό λειτουργεί ή να τοποθετηθούν στο πλοίο και να γίνεται εκεί η μετατροπή. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ρεύμα για διάφορες χρήσεις και από άλλους καταναλωτές, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας.



ΜΕΤΑΣΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ



ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ MASTERFC 400

1.2.3.2 Καλώδια και αγωγοί

Ένας αγωγός χρησιμοποιείται συνήθως για κάθε καλώδιο τροφοδοσίας, ενώ ξεχωριστός αγωγός χρησιμοποιείται για επικοινωνίες και χειριστήρια. Το υλικό που είναι φτιαγμένοι οι αγωγοί για το κύκλωμα ελέγχου είναι οπτικών ινών και όχι χαλκός.

1.2.3.3 Πολλαπλές κοιλότητες υποδοχής

Οι υποδοχές αλληλοσυνδέονται και ελέγχονται από διακόπτες και κλειδιά. Βρίσκονται κατά μήκος του πλοίου για λόγους ευελιξίας(δεν απαιτείται να ξέρει κανείς που είναι

τοποθετημένα τα καλώδια στο πλοίο ή που θα προσαράξει το πλοίο ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση).

1.3 Πόλεις που εφαρμόζεται ή πρόκειται να εφαρμοστεί η μέθοδος COLD IRONING

1.3.1 Πόλη ΜΠΕΡΓΚΕΝ της Νορβηγίας

Πρόκειται για τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Νορβηγίας και διαθέτει 260000 πληθυσμό. Το λιμάνι της είναι το μεγαλύτερο της Νορβηγίας όσον αφορά την προσάραξη κρουαζιερόπλοιων και το τέταρτο συνολικά. Η πόλη υποφέρει από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι ρύποι(σε τόνους) ανάλογα τον τύπο του πλοίου για το έτος 2010.

*Ρύποι ανάλογα τον τύπο του πλοίου για το έτος 2010
για το λιμάνι του Μπέργκεν*

Vessel type	NO _x	NM VOC	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO ₂
Tankers	82.52	3.71	2.41	1.08	1.03	4898.64
Bulk	42.23	1.90	1.24	0.55	0.53	2506.94
Other cargo	143.13	6.43	4.19	1.88	1.78	8496.65
Passenger	97.31	4.37	2.85	1.28	1.21	5776.39
Cruise	129.61	5.83	3.79	1.70	1.61	7694.34
Offshore	77.22	3.47	2.26	1.01	0.96	4583.88
Tug/salvage	3.82	0.17	0.11	0.05	0.05	226.63
Fishing	28.37	1.28	0.83	0.37	0.35	1684.27
Specialised/support	1.76	0.08	0.05	0.02	0.02	104.32
Other	57.54	2.59	1.68	0.75	0.72	3416.01
Total	663.49	29.82	19.41	8.70	8.26	39,387

Εάν εφαρμοστεί η μέθοδος Cold Ironing σύμφωνα με τη μελέτη του David Philip McArthur θα προκύψει σημαντική μείωση ρύπων αλλά και εξοικονόμηση. Χρησιμοποιώντας διάφορα προγράμματα για να εκτιμήσει τους ρύπους σε οικονομικό κόστος κατέληξε στα παρακάτω :

Νομισματική αξία των ρύπων για το λιμάνι του Μπέργκεν ανά έτος

	MAG	CA	CAFE	BeTa
SO _{2/x}		0.86	0.99	3.95
NO _x	137.66	60.89	26.46	27.55
PM ₁₀	26.17	7.01		
PM _{2,5}			1.95	8.06
(NM)VOCs		2.74	0.26	0.62
CO ₂	8.38	8.38	8.38	8.38
Total (m NOK)	172.20	79.86	38.02	48.56
Total (m EUR)	21.53	9.98	4.75	6.07

Παρατηρείται λοιπόν πως η δυσμενέστερη περίπτωση αφορά τον υπολογισμό με τη χρήση του προγράμματος MAG(Magnussen et al.). Αν εφαρμοστεί η μέθοδος Cold Ironing είναι δυνατόν να αποφευχθεί ζημιά κοντά στα 21.53 εκατομμύρια Ευρώ.

Ρύποι για επιλεγμένα λιμάνια

Port	Year	Calls	SO ₂	NO _x	CO ₂	PM
Rotterdam ^a	2000	26,766	2903	3917	347,434	218
Rotterdam ^a	2005	27,845	3233	4400	397,007	245
Copenhagen ^b	2001	5729	43.6	346		
Køge ^b	2001	543	10.6	29		
Elsinore ^b	2001	45,226	0.8	46		
Piraeus ^c	2009	10,488	722	1790		99
Aberdeen ^d	2004	≈8000	52	376	36,720	14
Kaohsiung ^e	2010	16,042	589	501	34,531	122
Bergen	2010	19,912	19.4	664	39,387	8.7

1.3.2 ΛΟΣ ΑΝΤΖΕΛΕΣ ΗΠΑ

Πρόκειται για τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη των Ηνωμένων Πολιτειών. Το λιμάνι αυτής της κοσμοπολίτικης πόλης είναι το πρώτο που εφάρμοσε τη μέθοδο Cold Ironing για πλοία τύπου containership. Στις 21 Ιουνίου 2004 άνοιξε η αποβάθρα “100” για χρήση πλοίων με τη μέθοδο Cold Ironing ή αλλιώς AMP(Alternative Maritime Power) όπως ονομάστηκε από τις αρχές του λιμανιού του Λος Άντζελες. Έπειτα επεκτάθηκε η μονάδα AMP στην υπόλοιπη

έκταση του λιμανιού. Το συγκεκριμένο λιμάνι έγινε και το πρώτο που μπόρεσε να τροφοδοτήσει ηλεκτρική ενέργεια σε δύο κρουαζιερόπλοια παράλληλα, με συστήματα διανομής τάσης 6,6 και 11kV. Η απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα κυμαίνεται μεταξύ 8 και 13 MW και η εγκατάσταση του λιμανιού έχει τη δυνατότητα να παρέχει ισχύ έως 40MW, κάτι που σημαίνει 20MW έκαστος.

1.3.3 ΛΟΓΚ ΜΠΙΤΣ ΗΠΑ

Στην ίδια πολιτεία(Καλιφόρνια) των Ηνωμένων Πολιτειών με την πόλη του Λος Άντζελες βρίσκεται και μία ακόμη πόλη που εφαρμόζει τη μέθοδο Cold Ironing και αυτή είναι η Λογκ Μπιτς που πήρε το όνομα της από τη μεγάλη έκταση παραλία που διαθέτει. Το λιμάνι απασχολεί τριάντα χιλιάδες εργαζομένους(δεύτερο σε αυτή την κατηγορία στις ΗΠΑ) και εκτιμάται ότι διακινούνται εμπορεύματα αξίας μεγαλύτερης των εκατό δισεκατομμυρίων δολαρίων σε αυτό. Η ισχύς του παράκτιου συστήματος Cold Ironing που έχει εγκατασταθεί στο λιμάνι είναι 7,5MVA(6MW), αρκετό να τροφοδοτήσει περίπου 4000 σπίτια. Ακόμη έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί πενήντα πλοία τον χρόνο και έχουν ήδη δαπανηθεί οκτώ εκατομμύρια δολάρια με τους αριθμούς να αυξάνονται, ώστε να βελτιωθεί τόσο η "ποιότητα" όσο και η ποσότητα των πλοίων που εξυπηρετούνται.

1.3.4 ΑΜΒΕΡΣΑ ΒΕΛΓΙΟ

Η Αμβέρσα (φλαμανδικά: Antwerpen, γαλλικά Anvers) είναι πόλη και δήμος του Βελγίου, καθώς και πρωτεύουσα της ομώνυμης επαρχίας στη Φλάνδρα. Το λιμάνι της Αμβέρσας είναι ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο κατατασσόμενο ανάμεσα στα 20 πρώτα παγκοσμίως και 3ο στην Ευρώπη. Το Μάη του 2008 οι αρχές του λιμανιού της Αμβέρσας για να μειώσουν τις απειλές για το περιβάλλον και την υγεία εφάρμοσαν τη μέθοδο Cold Ironing για πλοία τύπου containership σε συνεργασία με τον Independent Maritime Terminal(IMT- Ανεξάρτητος ναυτιλιακός σταθμός) και τη Φλαμανδική κοινότητα. Το αρχικό ποσό που δαπανήθηκε εκτιμάται σε 1,117,829 Euro.

1.3.5 ΑΜΠΕΡΝΤΙΝ ΣΚΩΤΙΑ(μελέτη για εγκατάσταση)

Η Αμπερντίν (Aberdeen) είναι πόλη στην Μεγάλη Βρετανία και η τρίτη μεγαλύτερη της Σκωτίας. Η κύρια δραστηριότητα των εργαζομένων της πόλης σχετιζόταν με τη βιομηχανία πετρελαίου. Ωστόσο, η πτώση της τιμής πετρελαίου οδήγησε σε ένα μεγάλο αριθμό απολύσεων των εργαζομένων. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα η πόλη να αναζητά νέες τεχνολογίες κοιτάζοντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(αιολικά πάρκα), τόσο για να ανεξαρτητοποιηθεί από το πετρέλαιο, αλλά και για εύρεση νέων θέσεων εργασίας και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Για αυτό το λόγο η χρήση εγκατάστασης μονάδας Cold Ironing αποτελεί μια καλή επιλογή. Στο λιμάνι της πόλης έχουν καταγραφεί 6438 πλοία. Σύμφωνα με τη μελέτη του Alexander Innes / Jason Monios , εκτιμάται πως αν εγκατασταθεί μονάδα Cold Ironing στο λιμάνι τότε θα μειωθούν οι ρύποι NOx(οξειδίων αζώτου) κατά 108t, PM(στερεών σωματιδίων) κατά 2,7t, CO2(διοξειδίου του άνθρακα) κατά 4767t και θα προκύψει ένα εξωτερικό κόστος υγείας γύρω στο 1,3 εκατομμύρια δολάρια ετησίως. Με χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο 50% του αρχικού κεφαλαίου εκτιμάται πως η απόσβεση θα επιτευχθεί μέσα σε 3,5 έτη.

1.3.6 ΛΑΣ ΠΑΛΜΑΣ(μελέτη για εγκατάσταση)

Η Λας Πάλμας ντε Γκραν Κανάρια (Las Palmas de Gran Canaria), ή απλά Λας Πάλμας, είναι πόλη στο νησί Γκραν Κανάρια, των Κανάριων Νήσων, Ισπανία. Είναι πρωτεύουσα της επαρχίας Λας Πάλμας και συμπρωτεύουσα (μαζί με τη Σάντα Κρουθ ντε Τενερίφε) των Καναρίων Νήσων. Η πόλη είναι η μεγαλύτερη πόλη στα Κανάρια Νησιά και η ένατη μεγαλύτερη στην Ισπανία. Το λιμάνι της το επισκέπτονται πάνω από 60 κρουαζιερόπλοια ετησίως και κοντά στο μισό εκατομμύριο επιβάτες. Οπότε είναι λογικό πως οι περισσότεροι ρύποι οφείλονται στα κρουαζιερόπλοια και συγκεκριμένα παράγονται: NOx(ton) =>1063, SOx (ton)=> 536, PM2.5(ton) =>113, CO(ton) =>99, CO2(ton) =>50,426.

*Εκπομπές και χρόνος λειτουργίας των πλοίων στο λιμάνι του Λας Πάλμας,
πηγή: Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry
operations in Las Palmas Port*

Λιμάνι Λας Πάλμας	Εκπομπές Ρύπων					Χρόνος Λειτουργίας			
	NOx (ton)	SOx (ton)	PM2.5 (ton)	CO (ton)	CO ₂ (ton)	H (h)	M (h)	C (h)	T (h)
Τύποι πλοίων									
Κρουαζιερόπλοια	1063	536	113	99	50,426	22,109	597	4254	26,960
Υπηρεσιακά	283	72	19	37	14,500	26,583	338	316	27,237
Φορτίο χύδην	373	112	27	47	17,700	59,444	2121	3861	65,426
Εμπορευματοκιβώτιων	1019	288	73	119	48,000	63,889	1648	2712	68,249
Δεξαμενόπλοια	667	186	47	91	33,300	65,833	2889	3028	71,750
Άλλου είδους	241	52	15	37	13,300	78,889	4500	2361	85,750
Ψαράδικα	296	59	17	33	15,100	43,611	229	349	44,188
Οχηματαγωγά	153	56	13	17	7479	8583	245	699	9528
Άγνωστα	143	58	13	18	8892	90,833	3667	5972	100,47
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	4237	1420	338	497	208,697	459,776	16,233	23,551	499,56

Παρατηρώντας τον μεγάλο αριθμό εκπομπών ρύπων και τα περιβαλλοντικά οφέλη της εγκατάστασης Cold Ironing πρόκειται σαν μελλοντικός στόχος να γίνει μελέτη για την εφαρμογή του στην συγκεκριμένη πόλη.

1.3.7 Πόλεις στην Κίνα

Η Κίνα αποτελεί από τις μεγαλύτερες χώρες που ασχολούνται ενεργά με το χώρο της ναυτιλίας και διαθέτει από τα σημαντικότερα λιμάνια. Σε ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια της χώρας, αυτό του Χονγκ Κονγκ, τα πλοία αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών οξειδίων του θείου και σωματιδίων PM10 προκαλώντας πολλά προβλήματα υγείας στους κατοίκους. Αυτό το γεγονός καθιστά ακόμα πιο επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία εγκατάστασης Cold Ironing σε πολλά λιμάνια όπως αυτό της Σαγκάη. Ωστόσο, προκύπτουν κάποια προβλήματα που αφορούν τεχνικά, πολιτικά και οικονομικά ζητήματα και καθυστερούν την υλοποίηση του έργου.

Κεφάλαιο 2

Λιμάνι της Ρόδου

Γενικές Πληροφορίες – Γεωγραφικά δεδομένα

Η Ρόδος, με έκταση 1.400,68 τετραγωνικά χιλιόμετρα, είναι το μεγαλύτερο νησί των Δωδεκανήσων και το τέταρτο σε έκταση νησί της Ελλάδας, μετά την Κρήτη, την Εύβοια και τη Λέσβο. Ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 115.290 κατοίκους, σύμφωνα με απογραφή που έγινε το 2011, και καθιστά τη Ρόδο το πολυπληθέστερο ελληνικό νησί -εκτός της Κρήτης και της Εύβοιας. Βρίσκεται περίπου 350 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά της Αθήνας και 18 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Τουρκίας. Διαθέτει ακτογραμμές μήκους 253 χιλιομέτρων. Το νησί της Ρόδου βρίσκεται στο σταυροδρόμι δυο μεγάλων θαλάσσιων διαδρομών της Μεσογείου, ανάμεσα στο Αιγαίο πέλαγος και των ακτών της Μέσης Ανατολής όπως είναι η Κύπρος και η Αίγυπτος. Ως σημείο συνάντησης τριών πολιτισμών, η Ρόδος έχει γνωρίσει πολλούς πολιτισμούς.

Η πόλη της Ρόδου είναι η μεγαλύτερη πόλη του γεωγραφικού διαμερίσματος και η 2η μεγαλύτερη πόλη του Αιγαίου πελάγους μετά το Ηράκλειο της Κρήτης. Επίσης έχει πλούσια ιστορία από τα αρχαία ακόμα χρόνια και είναι παγκόσμια γνωστή για τα αξιοθέατά της με σημαντικότερο τη μεσαιωνική πόλη. Η Ρόδος σήμερα έχει μία συναρπαστική ιστορία, συνδεδεμένη άμεσα με την ελληνική αρχαιότητα.

Η πρωτεύουσα του νησιού βρίσκεται στο βόρειο άκρο του και αποτελεί την πρωτεύουσα του νομού έχοντας στο κέντρο της την Μεσαιωνική Πόλη. Η Μεσαιωνική Πόλη είναι μείγμα διαφορετικών αρχιτεκτονικών από διάφορες ιστορικές περιόδους με δεσπόζουσα την περίοδο της παραμονής στο νησί του τάγματος των Ιπποτών του Αγίου Ιωάννη, καθώς και αυτής των Οθωμανών. Σήμερα, αποτελεί ένα ζωντανό κομμάτι της σύγχρονης πόλης, όπου αναπτύσσονται εμπορικές, τουριστικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες, ενώ περιλαμβάνει και κατοικήσιμες περιοχές.

Μέσω της μακραίωνης ιστορίας της, όλοι οι διαφορετικοί λαοί που κατοίκησαν στη Ρόδο έχουν αφήσει το σημάδι τους σε όλες τις πλευρές του πολιτισμού του νησιού: στην τέχνη, τη γλώσσα, την αρχιτεκτονική. Η στρατηγική του θέση απέφερε στο νησί μεγάλο πλούτο και κατέστησε την πόλη της Ρόδου μια από τις εξέχουσες πόλεις της αρχαίας Ελλάδας.

Το «σμαραγδένιο νησί» κατακλύζεται κάθε χρόνο από χιλιάδες τουρίστες από όλα τα μέρη της Γης που το επισκέπτονται για να απολαύσουν τη θάλασσα, τη φύση και τα αξιοθέατα του, τα γνωστότερα από τα οποία είναι: η Παλιά (Μεσαιωνική) Πόλη της Ρόδου, το Παλάτι του Μεγάλου Μάγιστρου ή Καστέλο (κάστρο των Ιπποτών του τάγματος του Αγ. Ιωάννη), το Αρχαιολογικό μουσείο, το ενυδρείο στην πόλη της Ρόδου, το πάρκο Ροδίνη, το όρος του Προφήτη Ηλία, η ακρόπολη της Λίνδου, η αρχαία πόλη της Καμίρου, η αρχαία πόλη της Ιαλυσού, η κοιλάδα των πεταλούδων, η κοιλάδα των πεταλούδων, η κοιλάδα των 7 πηγών, τα ιαματικά λουτρά της Καλλιθέας, το φράγμα της Απολλακιάς, το Πρασονήσι, η Φιλέρμος, η Παναγιά Τσαμπίκα- η Ψηλή.

Αποτελεί έδρα της ομώνυμης Περιφερειακής Ενότητας, η οποία περιλαμβάνει επίσης και τα νησιά Χάλκη, Σύμη, Τήλος και Καστελόριζο. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η πόλη της Ρόδου με πληθυσμό περίπου 55.000 κατοίκων. Στην πόλη της Ρόδου υπάρχει η Μεσαιωνική πόλη,

η οποία έχει ενταχθεί από το 1988 στα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της ΟΥΝΕΣΚΟ.

Στο νησί λειτουργούν τμήματα του Πανεπιστήμιο Αιγαίου που απαρτίζεται από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, το Τμήμα Επιστημών Προσχολικής Αγωγής και Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού και το Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών. Οι σημαντικότερες θρησκευτικές γιορτές είναι το προσκύνημα στην Παναγιά της Κρεμαστής (πρώτο δεκαπενθήμερο Αυγούστου) με πλούσιες εκδηλώσεις πολιτισμού, της Παναγιάς Τσαμπίκας (8/9), του Αγίου Σουλιά (τέλος Ιουλίου), της Παναγιάς Σκιαδενης στο χωριό Μεσαναγρός (Σάββατο του Λαζάρου – Κυριακή του Θωμά) με λιτανεία εικόνας που γίνεται με τελετουργικό τρόπο, της Παναγιάς Υφενής στη Λάρδο και της Υψώσεως του Τιμίου Σταυρού (14 Σεπτεμβρίου) στο χωριό Απόλλωνα.

Η προέλευση του ονόματος Ρόδος που επικράτησε για το νησί έχει κυρίως συσχετισθεί με το ρόδο, ιερό λουλούδι του θεού Ήλιου. Επίσης η Ρόδος ή νησί των Ιπποτών ή σμαραγδένιο νησί είχε από την αρχαιότητα πολλές ονομασίες που σχετίζονται με την βλάστηση, το σχήμα και άλλες ιδιότητες του νησιού:

Αιθρία: για το ωραίο κλίμα της.

Αστερία: για τον έναστρο ουρανό της.

Αταβυρία: Το ψηλότερο βουνό της ονομάζεται Αττάβυρος.

Ηλιάς : Λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του έτους.

Κορυμβία: για το σχήμα κορύμβου που καταλήγει σε δυο κορυφές.

Μακαρία: δηλαδή ευτυχισμένη.

Οφιούσα – Ολόεσσα: γιατί είχε πολλά φίδια.

Πελαγία: Το νησί αναδύθηκε μέσα από το πέλαγος.

Ποιήεσσα: για την πλούσια βλάστηση της.

Ποντία: θαλασσινή.

Σταδία: Από το σχήμα του νησιού που είναι σαν αρχαίο στάδιο.

Τελχινίς: από τους πρώτους κατοίκους της.

Τρινακρία: γιατί το σχήμα της αποτελείται από δύο τρίγωνα.

Ελαφούσα: Λόγω των ελαφιών Πλατόνι ή Dama Dama

Ανεμόεσσα: Λόγω των δυνατών ανέμων ιδίως στη βορεινή πλευρά του νησιού

Πολλοί μύθοι έχουν συνδεθεί με τη δημιουργία της Ρόδου. Σύμφωνα με τον Πίνδαρο, όταν ο Δίας επικράτησε των Γιγάντων, αποφάσισε να μοιράσει τη γη στους Ολύμπιους Θεούς. Ο Ήλιος όμως, έλειπε από τη μοιρασιά κι έμεινε χωρίς γη. Ο Δίας για να μην τον αδικήσει είτε να ξανακάνουν τη μοιρασιά, αλλά ο Ήλιος τότε είπε πως η γη που θα αναδυόταν από τη θάλασσα, όταν θα ανατέλλει το επόμενο πρωινό, θα γινόταν δική του. Έτσι αναδύθηκε ένα πανέμορφο και καταπράσινο νησί, η Ρόδος. Ο Ήλιος ενθουσιασμένος από την ομορφιά της την έλουσε με τις ακτίνες του. Από τότε η Ρόδος είναι το νησί του Ήλιου, το πιο φωτεινό και λαμπερό.

Το πολεοδομικό σχέδιο της αρχαίας πόλης της Ρόδου βασίστηκε στις πολεοδομικές και φιλοσοφικές ιδέες του διάσημου αρχαίου Έλληνα πολεοδόμου Ιππόδαμου. Το σχέδιο των δρόμων της αρχαίας πόλης είναι γνωστό χάρη σε αρχαιολογικές ανασκαφές δεκαετιών. Τα οικοδομικά τετράγωνα, είχαν τις ακόλουθες διαστάσεις 47,70×26,50 m και είχαν όλα το ίδιο μέγεθος. Καθένα από αυτά περιελάμβανε τρία σπίτια και περιτριγυριζόταν από δρόμους πλάτους 5-6 μέτρων. Το πιο ονομαστό δημιούργημα ήταν ο Κολοσσός, ένα από τα εφτά θαύματα του κόσμου, ο οποίος φτιάχτηκε ανάμεσα στο 304 π.Χ. με 293 π.Χ. από τον Λίνδιο γλύπτη Χάρη. Η κατασκευή του Κολοσσού διήρκεσε 12 χρόνια και ολοκληρώθηκε το 282 π.Χ. Για πολλά έτη, το άγαλμα ήταν τοποθετημένο, πιθανότατα, στην είσοδο του λιμανιού και προσωποποιούσε τον θεό Ήλιο μέχρι την στιγμή που ένας δυνατός σεισμός χτύπησε την Ρόδο το 226 π.Χ. Η πόλη υπέστη σοβαρότατες ζημιές και το άγαλμα του Κολοσσού κατέρρευσε.

Το 1309 το νησί πουλήθηκε στο τάγμα των Ιπποτών του Αγίου Ιωάννη της Ιερουσαλήμ. Το τάγμα ιδρύθηκε τον 12ο αιώνα στην Ιερουσαλήμ με στόχο την νοσηλεία και περίθαλψη των προσκυνητών και σταυροφόρων αλλά πολύ σύντομα μετεξελίχθηκε σε μάχιμη στρατιωτική μονάδα η οποία απέκτησε μεγάλες εκτάσεις γης. Έχοντας οπισθοχωρήσει από την Ιερουσαλήμ και αργότερα από την Κύπρο, το τάγμα ίδρυσε την έδρα του στη Ρόδο και απέκτησε κατά την χρονική περίοδο αυτή ηγετικό ρόλο στην Ανατολική Μεσόγειο.

Κατά την διάρκεια της παραμονής των Ιπποτών στη Ρόδο, οι οχυρώσεις επεκτάθηκαν, εκσυγχρονίστηκαν και συνεχώς ενισχύονταν. Ένα νοσοκομείο, ένα παλάτι, αρκετές εκκλησίες ήταν ορισμένα από τα πολλά δημόσια κτίρια τα οποία ανεγέρθηκαν την εποχή αυτή. Τα κτίρια αυτά αποτελούν αξιολογικά παραδείγματα της Γοτθικής και Αναγεννησιακής αρχιτεκτονικής. Παρόλες τις προστριβές που υπήρχαν με την Οθωμανική Αυτοκρατορία, το θαλάσσιο εμπόριο αποτελούσε πηγή πλούτου και οι αγορές της πόλης ήταν ακμάζουσες. Την περίοδο της κατοχής των Ιπποτών το νησί της Ρόδου διήγε περίοδο ακμής και οι σχέσεις μεταξύ των Ιπποτών και των ντόπιων χαρακτηρίζονταν από ανοχή και συχνά από στενή συνεργασία. Οι περισσότεροι από τους δρόμους της Μεσαιωνικής πόλης συμπίπτουν με τους δρόμους της αρχαίας πόλης ενώ διατηρήθηκε η διαίρεση της πόλης σε δύο ζώνες. Το τάγμα στη Ρόδο διατηρούσε ένα πολύ καλά οργανωμένο αρχείο το οποίο περιλάμβανε έγγραφα που είχαν εκδοθεί από τις διοικητές αρχές, αλληλογραφία, νομικά έγγραφα κ.α. Το αρχείο αυτό διατηρείται έως τις μέρες μας και σώζεται στην Εθνική Βιβλιοθήκη της Μάλτας. Το αρχείο αυτό αποτελεί μια αξιόλογη πηγή πληροφόρησης για την περίοδο αυτή.

Η πόλη είχε διαιρεθεί σε δύο ζώνες με ένα εσωτερικό τείχος. Το βόρειο τμήμα το οποίο ήταν γνωστό ως Chastel, Chateau, Castrum, Castellum ή Conventus, όπου βρισκόταν το παλάτι του Μεγάλου Μαγίστρου, ο καθολικός καθεδρικός ναός και η κατοικία του καθολικού επισκόπου, τα καλύμματα των «γλωσσών», οι κατοικίες των Ιπποτών, ένα νοσοκομείο κ.α. Το νότιο τμήμα γνωστό ως ville, burgus ή burgum ήταν η περιοχή όπου ζούσαν οι λαϊκοί και περιλάμβανε την αγορά, συναγωγές, εκκλησίες καθώς και δημόσια και εμπορικά κτίρια. Το 1522 η πόλη κατακτήθηκε από τον Σουλεϊμάν το Μεγαλοπρεπή.

Με την τουρκική κατάκτηση η Ρόδος έμεινε υπόδουλη για τέσσερις αιώνες έως το 1912 οπότε και κατελήφθη από τους Ιταλούς. Με την παράδοση της Ρόδου, οι ιπποτικές γαλέρες πήραν τους υπότες που σώθηκαν και τα κειμήλια που μπορούσαν να μεταφέρουν και έφυγαν για την Κρήτη. Μαζί τους έφυγαν 4 με 5 χιλιάδες Ροδίτες που δεν είχαν εμπιστοσύνη στους νέους κατακτητές.

Επιπλέον, αρκετά ενδιαφέρον στοιχεία που είναι συνδεδεμένα με το νησί είναι ότι:

– Στην παραλία Άντονι Κουίν έγιναν τα γυρίσματα της ταινίας «Τα κανόνια του Ναβαρόνε» που γυρίστηκαν εκεί με πρωταγωνιστή το διάσημο ηθοποιό Anthony Quinn.

– Το 1988, η παλιά πόλη της Ρόδου ανακηρύχθηκε από την UNESCO Πόλη Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

– Το πιο ονομαστό δημιούργημα ήταν ο Κολοσσός, ένα από τα εφτά θαύματα του κόσμου, ο οποίος φτιάχτηκε ανάμεσα στο 304 π.Χ. με 293 π.Χ. από τον Λίνδιο γλύπτη Χάρη. Η κατασκευή του Κολοσσού διήρκεσε 12 χρόνια και ολοκληρώθηκε το 282 π.Χ. Για πολλά έτη, το άγαλμα ήταν τοποθετημένο, πιθανότατα, στην είσοδο του λιμανιού και προσωποποιούσε τον θεό Ήλιο μέχρι την στιγμή που ένας δυνατός σεισμός χτύπησε την Ρόδο το 226 π.Χ. Η πόλη υπέστη σοβαρότατες ζημιές και το άγαλμα του Κολοσσού κατέρρευσε.

– “Hic Rhodus, hic salta” δηλαδή το γνωστό ρητό “Ιδού η Ρόδος, ιδού και το πήδημα” προέρχεται από έναν μύθο του Αισώπου.

– Η Κουιάδα των Πεταλούδων είναι ένας σπάνιος βιότοπος που φιλοξενεί την πεταλούδα *Rapaxia Quadripunctaria* που κάνει την εμφάνισή της σε αυτό το μοναδικό φυσικό πάρκο στο διάστημα από τα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου.

Είναι τόσα πολλά αυτά που έχει να κάνει και να δει ο επισκέπτης της Πόλης της Ρόδου, τόσες πολλές οι επιλογές που σίγουρα δεν θα πλήξει. Με ιστορία και πολιτισμό 2400 χρόνων, που έχει αφήσει τα σημάδια του από άκρη σε άκρη του νησιού, με απaráμιλλη φυσική ομορφιά και απίστευτες εναλλαγές τοπίου, με όλες τις σύγχρονες ανέσεις και κοσμοπολίτικη ατμόσφαιρα, η Ρόδος ικανοποιεί και τον πιο απαιτητικό επισκέπτη.

Δυτικά της μεσαιωνικής πόλης βρίσκεται ο εμπορικός λιμένας, νότια αυτής έχουν αναπτυχθεί οι περιοχές κατοικίας ενώ στα βόρεια βρίσκεται το σύγχρονο εμπορικό-διοικητικό κέντρο της πόλης με μεγάλες ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, παραλίες και το Μανδράκι, το λιμάνι τουριστικών σκαφών και σκαφών αναψυχής.

Το λιμάνι της Ρόδου λειτουργεί ως λιμάνι προσέγγισης κρουαζιερόπλοιων. Είναι σε θέση να φιλοξενήσει ταυτόχρονα έως οκτώ κρουαζιερόπλοια με μέγιστο μήκος μέχρι 250 μ. Επίσης δύναται να εξυπηρετήσει και πάνω από 2 κρουαζιερόπλοια. Το λιμάνι εφαρμόζει εγκεκριμένα Σχέδια Ασφάλειας Λιμενικών Εγκαταστάσεων (ΣΑΛΕ) στα πλαίσια του «Διεθνούς Κανονισμού Πλοίων και Λιμενικών Εγκαταστάσεων» (ISPS) ενώ ο χώρος φυλάσσεται από την Λιμενική Αστυνομία και ιδιωτική εταιρεία ασφάλειας.

Το τουριστικό λιμάνι Ρόδου λειτουργεί κάτω από την διαχείριση και εκμετάλλευση του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου, δέχεται περίπου 400-500 προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων τον χρόνο και πάνω από 550.000 επισκέπτες, ενώ από τον Ιούνιο του 2012 λειτουργεί και ως Home Port. Η λιμενική εγκατάσταση διαθέτει όλες τις σύγχρονες υποδομές για την καλύτερη εξυπηρέτηση των κρουαζιερόπλοιων και των επιβατών τους. Η μοναδική του γεωγραφική θέση στο σταυροδρόμι των τριών ηπείρων, η ομορφιά η ιστορία και ο πολιτισμός της Ρόδου καθιστούν το τουριστικό λιμάνι ως έναν ελκυστικό προορισμό.



ΛΙΜΕΝΕΣ ΡΟΔΟΥ

Ακόμη και άλλα είδη πλοίων όπως bulk carrier, tanker, containership προσαράσσουν στους λιμένες της Ρόδου για τις διάφορες ανάγκες του νησιού έχοντας τις περισσότερες φορές ως αφετηρία το λιμάνι του Πειραιά.

2.2 Υπηρεσίες και Μεταφορές

Στους λιμένες της Ρόδου προσαράσσουν όλα τα είδη πλοίων. Κρουαζιερόπλοια, πλοία υγρού και ξηρού φορτίου, αλλά και επιβατηγά/οχηματαγωγά είναι κάποια από αυτά τα είδη πλοίων. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας που παρουσιάζει αναλυτικά τα πλοία που προσαράσσουν στους λιμένες της Ρόδου προερχόμενα από τον λιμένα του Πειραιά(τύπου επιβατηγά/οχηματαγωγά).

*Πίνακας με πλοία που προσαράσσουν στους λιμένες της Ρόδου
προερχόμενα από τον λιμένα του Πειραιά
(τύπου επιβατηγά/οχηματαγωγά)*

FESTOS PALACE
KNOSSOS PALACE
BLUE STAR DELOS
BLUE STAR PATMOS
BLUE STAR PAROS
BLUE STAR NAXOS
BLUE GALAXY
BLUE HORIZON
BLUE STAR 1
BLUE STAR2
SUPERFAST XII
NISSOS MYKONOS
NISSOS RODOS
DIAGORAS
KRITI II
ELYROS
NISSOS SAMOS
HIGHSPEED 4
HIGHSPEED 7
HELLENIC HIGHSPEED
DIONISIOS SOLOMOS
NISSOS CHIOS

2.3 Περιβαλλοντική επιρροή

Οι κύριοι ρύποι που προέρχονται από τα πλοία είναι το διοξείδιο του θείου(SO_x/Sulfur oxides), το διοξείδιο του νατρίου(NO_x/Nitrogen oxides),τα αιωρούμενα σωματίδια (PM/Particulate matter),το διοξείδιο του άνθρακα(CO₂/Carbon dioxide) και άλλοι σε πολύ μικρά ποσοστά όπως πτητικές οργανικές ενώσεις. Το διοξείδιο του θείου παράγεται από την

καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, όπως το ντίζελ. Αντιδρά με τους ατμούς στον αέρα και προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα. Το διοξείδιο του νατρίου μπορεί να προκαλέσει φλεγμονή και σημαντικά προβλήματα σε όσους πάσχουν από αλλεργίες και άσθμα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο σημαντικό μακρόβιο αέριο θερμοκηπίου (GHG) στην ατμόσφαιρα της Γης. Έχει αυξήσει ταχέως τη συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. Το διοξείδιο του άνθρακα προκαλεί επίσης όξυνση των ωκεανών επειδή διαλύεται στο νερό για να σχηματίσει ανθρακικό οξύ. Η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια προκαλείται από την καύση βενζίνης ή ντίζελ. Δεκάδες μελέτες συνδέουν τις μικρές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων με αυξημένες εισαγωγές στο νοσοκομείο για λόγους άσθματος, χρόνιας πνευμονοπάθειας, βρογχίτιδας, πνευμονίας, καρδιακών παθήσεων και πρόωρων θανάτων. Παρατίθεται ένας πίνακας σχετικά με τις εκτιμώμενες εκπομπές ρύπων από πλοία στα λιμάνια το 2011 :

Πίνακας με τις εκτιμώμενες εκπομπές ρύπων από πλοία στα λιμάνια το 2011

	Shipping emissions in ports (mln tonnes)
CO ₂	18.3
NO _x	0.4
SO _x	0.2
PM ₁₀	0.03
PM _{2.5}	0.03
CO	0.03
CH ₄	0.002

Source: Author's calculations and elaborations, based on data from Lloyds Marine Intelligence Unit

Ο παγκόσμιος περιβαλλοντικός αντίκτυπος της μόλυνσης του αέρα από τη διεθνή ναυτιλία αυξάνεται παρά τα μέτρα που λαμβάνονται ώστε να αμβλυνθεί αυτή η αύξηση. Εισάγονται συνεχώς μέτρα μείωσης των ρύπων και μέγιστα επιτρεπτά όρια. Για τη μείωση του διοξειδίου του θείου για παράδειγμα οι ναυτιλιακές εταιρείες έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν είτε καύσιμο που περιέχει θείο σε ποσοστό 0.1% (στροφή στο υγροποιημένο φυσικό αέριο/LNG-μικρό έως καθόλου ποσοστό σε θείο και μείωση διοξειδίου του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων έως και 90%), είτε τεχνολογίες μείωσης του θείου. Για το διοξείδιο του αζώτου χρησιμοποιούνται τεχνολογικά συστήματα μείωσης του έως και 50%, τα οποία είναι γνωστά με τη διεθνή ορολογία scrubber. Ο στόχος τα επόμενα χρόνια είναι να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων. Για αυτό το λόγο η μέθοδος Cold Ironing είναι η ιδανική για τη μείωση των ρύπων στα λιμάνια(δεν εκπέμπονται καθόλου ρύποι από τη (μη) χρήση των βοηθητικών μηχανών των πλοίων).

Auxiliary Engine Emission Factors(g/kWh)

Fuel	CH ₄	CO	CO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x
Marine Distillate (0.1% S)	0.09	1.10	690	13.9	0.25	0.35	0.40
Marine Distillate (0.5% S)	0.09	1.10	690	13.9	0.38	0.35	2.10
Heavy Fuel Oil	0.09	1.10	722	14.7	1.50	1.46	11.10

Source: California Air Resources Board (2008)

2.4 Μελέτη για το λιμάνι της Ρόδου

2.4.1 Κυκλοφορία στο λιμάνι της Ρόδου

Προκειμένου να καθοριστεί η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο λιμάνι της Ρόδου πρέπει να γίνει μία ανάλυση των πλοίων που φθάνουν και αποχωρούν από το λιμάνι καθώς επίσης και το χρόνο που μένουν σε αυτό. Η κύρια κατηγορία πλοίων που πρέπει να εξεταστεί είναι αυτή των κρουαζιερόπλοιων καθώς έχει τη μεγαλύτερη απαίτηση σε ενέργεια σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων.

Πίνακας επισκέψεων κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Ρόδου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΣΚΕΨΕΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ	47	208	3026,5 hours	14,55 hours

2.4.2 Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία ενός πλοίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Η συχνότητα και η τάση των πλοίων ποικίλλει ανάλογα το μέρος που κατασκευάστηκαν, το μέγεθος και τις ανάγκες που χρειάζεται.

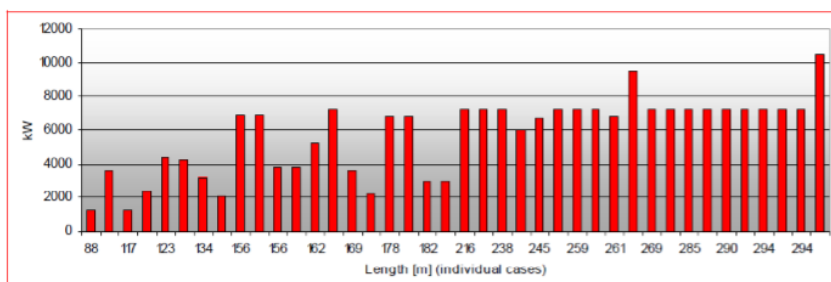


ABB Shore-to-ship power & Smart Ports, APRIL 19TH 2017

Συχνότητα και τάση πλοίων ανάλογα με το μέρος κατασκευής

2.4.2.1 Κρουαζιερόπλοια

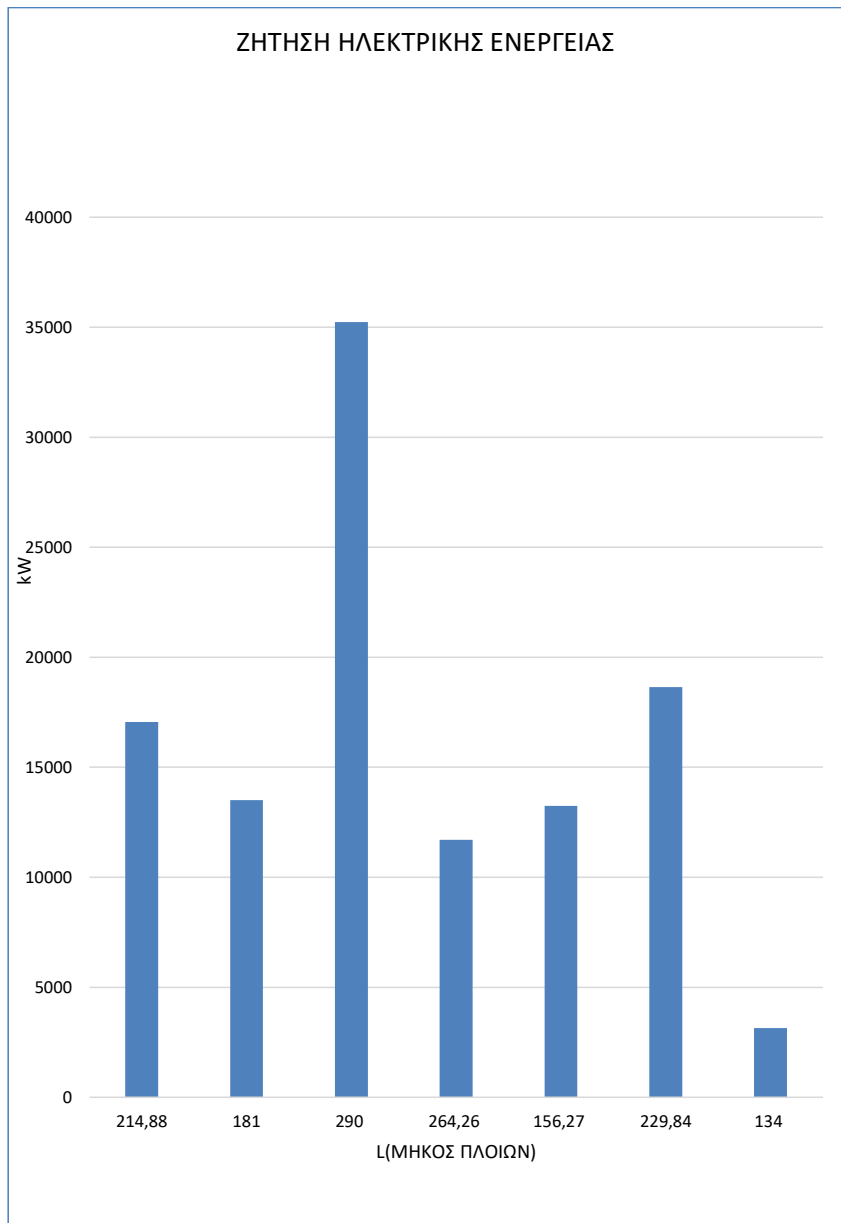
Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στα κρουαζιερόπλοια είναι πολύ μεγάλη. Ο μεγάλος αριθμός επιβατών και πληρώματος έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη αναγκών μιας μικρής πόλης όσο αφορά το θέμα της ενέργειας. Η απαίτηση ενέργειας εξαρτάται από τον αριθμό των επιβατών και το μέγεθος του πλοίου και κυμαίνεται από 6-7 MW έως 11-12MW για τις ενεργειακές ανάγκες του όταν βρίσκεται στο λιμάνι, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα(ενέργεια σε συνάρτηση με το μήκος του πλοίου):



Average Cruise Demand in port, Source: Shore-side power supply Patric Ericson- Ismir Fazlamic' 2008

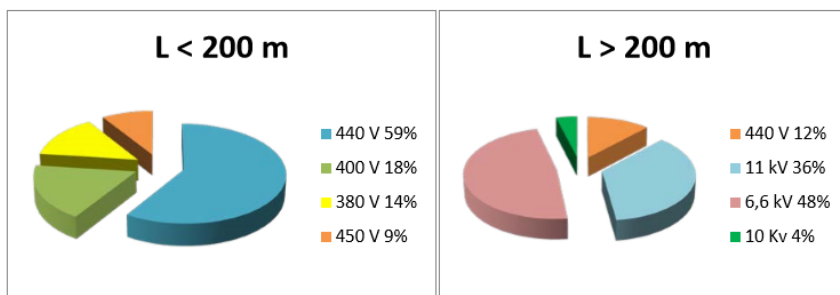
Μέση απαίτηση ενέργειας κρουαζιερόπλοιων σε λιμάνι

Παρακάτω βλέπουμε ορισμένα κρουαζιερόπλοια που προσαράσσουν στο λιμάνι της Ρόδου και την εγκατεστημένη ισχύ που διαθέτουν :

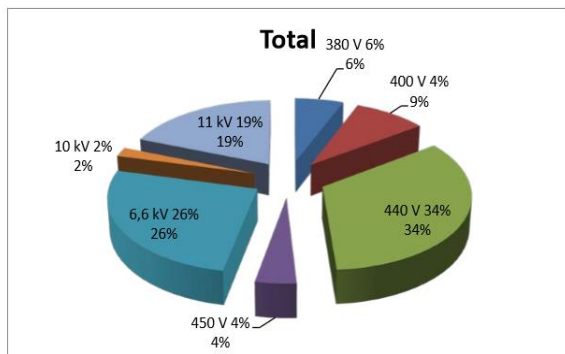


ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όσο αφορά την τάση των πλοίων παρατηρούμε ότι εξαρτάται από το μήκος του πλοίου, καθώς αυτά που έχουν μήκος μικρότερο από 200m λειτουργούν με τάση 440V, ενώ όσα έχουν μήκος μεγαλύτερο από 200m λειτουργούν με τάση 6,6 kV.



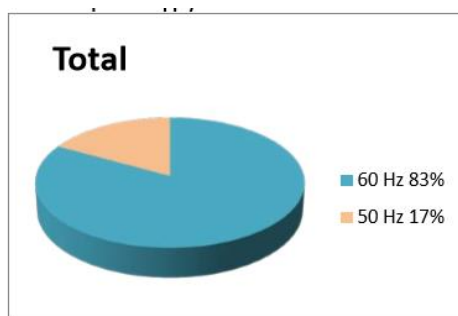
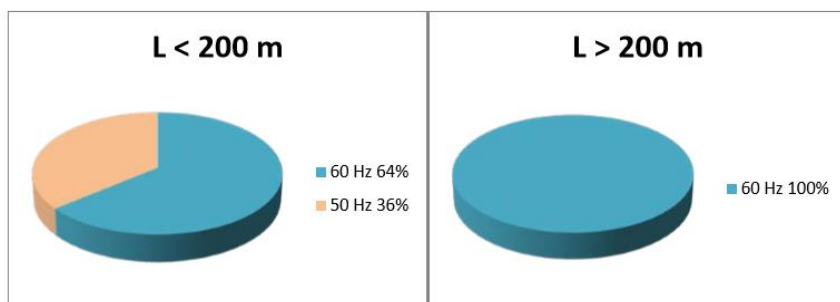
Shore-side power supply Patric Ericson- Ismir Fazlamic' 2008



Main system Voltage at cruise ships, Source: Shore-side power supply Patric Ericson- Ismir Fazlamic' 2008

ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και με τη συχνότητα. Όταν τα πλοία έχουν μήκος μεγαλύτερο από 200m λειτουργούν με συχνότητα 60 Hz, ενώ όταν έχουν μήκος μικρότερο από 200m λειτουργούν είτε με συχνότητα 60Hz είτε με συχνότητα 50Hz.



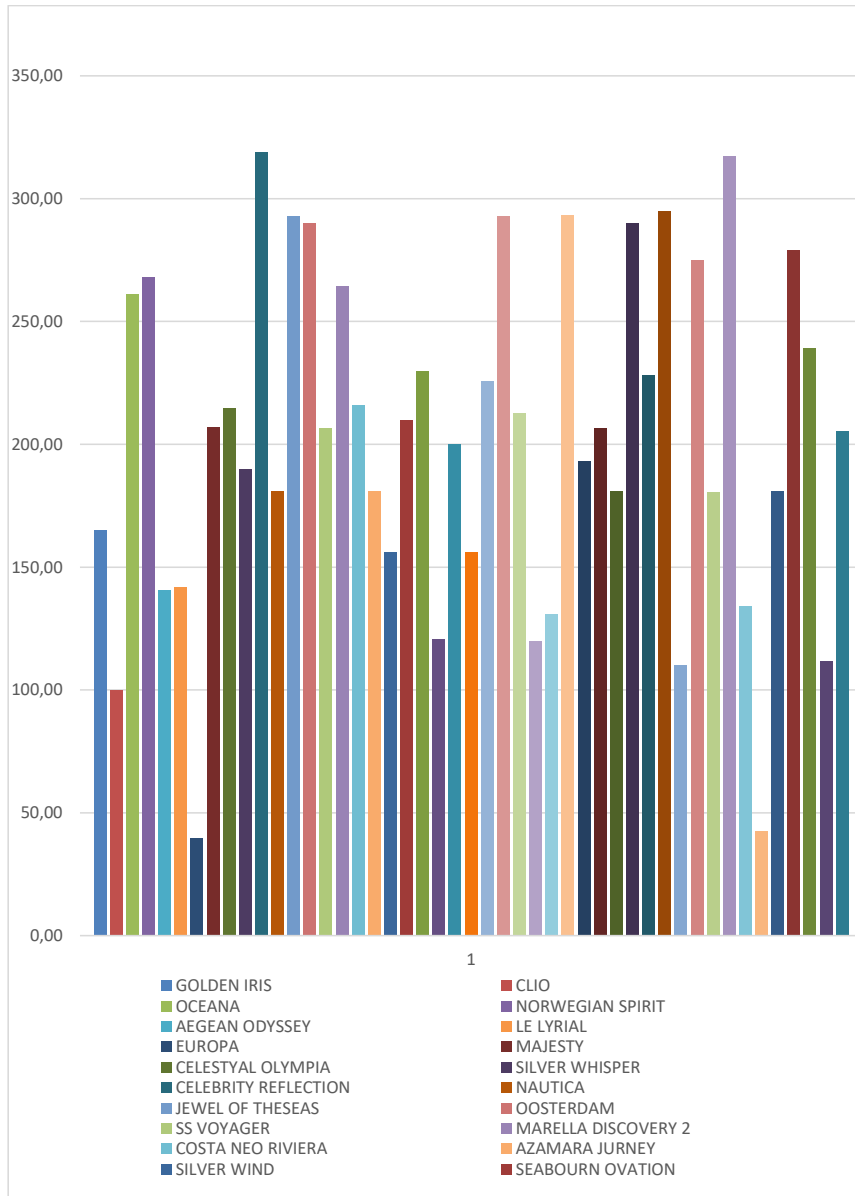
Shore-side power supply Patric Ericson- Ismir Fazlamic' 2008

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγραμματικά τα κρουαζιερόπλοια που προσεγγίζουν τη Ρόδο και λαμβάνοντας υπόψη το μήκος τους προκύπτει ο πίνακας :

ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΗ ΡΟΔΟ	ΤΑΣΗ(%)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(%)
47 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΛΟΙΑ	440 V : 45%	60 Hz: 84%
21<200m	6,6 kV : 50%	50 Hz: 16%
26>200m	11 kV : 5%	

Ακόμη παρουσιάζεται και ένας πίνακας όπου καταγράφονται ο αριθμός των κρουαζιερόπλοιων που παρευρίσκονται ταυτόχρονα στους λιμένες της πόλης της Ρόδου. Γίνεται αναφορά στον μέγιστο αριθμό, στο μέσο όρο και στον ελάχιστο αριθμό της ταυτόχρονης παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στα λιμάνια.



ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ (ΓΡΑΦΗΜΑ)

ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ (ΠΙΝΑΚΑΣ)

ΜΗΝΑΣ		ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	MAX	0
	MEAN	0
	MIN	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	MAX	0
	MEAN	0
	MIN	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	MAX	2
	MEAN	1
	MIN	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	MAX	3
	MEAN	1
	MIN	0
ΜΑΙΟΣ	MAX	3
	MEAN	1
	MIN	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	MAX	3
	MEAN	2
	MIN	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	MAX	4
	MEAN	1
	MIN	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	MAX	4
	MEAN	1
	MIN	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	MAX	4
	MEAN	1
	MIN	0
ΟΚΤΩΜΒΡΙΟΣ	MAX	3
	MEAN	1
	MIN	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	MAX	2
	MEAN	1
	MIN	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	MAX	1
	MEAN	1
	MIN	0

Παρατηρείται μεγάλος αριθμός κρουαζιερόπλοιων που επισκέπτονται τη Ρόδο και που βρίσκονται στα λιμάνια της ταυτόχρονα. Κάποιους μήνες βρίσκονται ταυτόχρονα μέχρι και 4 κρουαζιερόπλοια, που αποτελεί πολύ μεγάλο αριθμό πλοίων. Βρέθηκε η δυσμενέστερη συνθήκη 10 Ιουλίου για το έτος 2018 και απαιτούνται 14,5 MW. Παρόμοια κατάσταση επικρατεί και το μήνα Αύγουστο.

Μέγιστος αριθμός ελλιμενισμένων πλοίων ταυτόχρονα στο λιμάνι της Ρόδου.

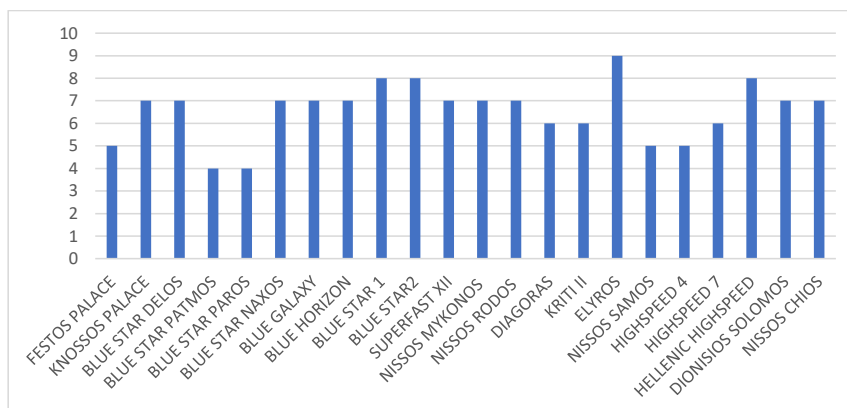
ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΣΤΟ ΠΛΟΙΟ	ΙΣΧΥΣ(MW)
10/7/2018	GOLDEN IRIS	1430-0100	326	994	1320	2,5
10/7/2018	OCEANA	0700-1700	861	2094	2955	6
10/7/2018	RIVIERA	0800-1800	770	1282	2052	5
10/7/2018	ORIENT QWEEEN	1030-1800	143	219	362	1
	Σύνολο		2100	4589	6689	14,5

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΣΤΟ ΠΛΟΙΟ	ΙΣΧΥΣ(MW)
27/8/2018	STAR FLYER	1200-2300	76	162	238	0,8
27/8/2018	GOLDEN IRIS	1800-2359	321	1004	1325	2,5
27/8/2018	MARELLADISCOVERY 2	0800-2200	756	1905	2661	5,5
27/8/2018	SALAMIS FILOXENIA	0900-1400	227	582	809	1,7
	Σύνολο		1380	3653	5033	10,5

Οπότε για την τροφοδότηση των κρουαζιερόπλοιων απαιτείται εγκατάσταση μονάδας Cold Ironing ισχύς τουλάχιστον 14,5 MW.

2.4.2.2 Επιβατηγά/Οχηματαγωγά

Ένας σημαντικός τύπος πλοίου που επισκέπτεται συχνά το λιμάνι της Ρόδου είναι πλοία επιβατηγά/οχηματαγωγά. Κυρίως, η αφετηρία αυτών των πλοίων είναι το λιμάνι του Πειραιά και φτάνουν στη Ρόδο ανά μία μέρα, ενώ παρעυρίσκονται στο λιμάνι κατά μέσο όρο 8 ώρες. Ωστόσο, τα δρομολόγια, η συχνότητα επίσκεψης στο νησί και η ώρα παραμονής αυτών των πλοίων στο λιμάνι αλλάζει ανάλογα την εποχή και τις ανάγκες, οπότε υπολογίζουμε ένα μέσο όρο για αυτά τα πλοία στις 7 ώρες και επίσκεψη ανά ημέρα(3 φορές την εβδομάδα).



ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

Επιπλέον, παρακάτω παρατίθεται πίνακας με στοιχεία όπως η τάση και η ισχύς αυτών των πλοίων που είναι απαραίτητα για την επιλογή της μονάδας Cold Ironing που θα κατασκευαστεί.

Η μέγιστη συνολική ισχύς των επιβατηγών είναι 34,125 MW. Όμως δεν παρ ευρίσκονται όλα τα πλοία την ίδια μέρα και τις ίδιες ώρες στο λιμάνι της Ρόδου. Οπότε θα ληφθεί υπόψη η δυσμενέστερη συνθήκη να παρ ευρίσκονται ταυτόχρονα 3 πλοία όπου έχουν συνολική ισχύ 5,6 MW και 7 MVA.

ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΠΕΙΡΑΙΑ-ΡΟΔΟΣ

Vessel Name	Frequency (Hz)	Voltage (V)	DG N.	D/G Pn	Max. Hoteling Load (kW)	Maximum Hoteling Load (kVA)
FESTOS PALACE	60	380	3	2300	2500	3125
KNOSSOS PALACE	60	380	3	2300	2500	3125
BLUE STAR DELOS	60	450	2	1254	1800	2250
			1	1250		
BLUE STAR PATMOS	50	380	3	1250	1800	2250
BLUE STAR PAROS	50	380	3	1020	1300	1625
BLUE STAR NAXOS	50	380	3	1020	1300	1625
BLUE GALAXY	60	440	3	1020	1500	1875
BLUE HORIZON	60	450	4	1240	2000	2500
BLUE STAR 1	60	440	3	1200	1900	2375
BLUE STAR 2	60	440	3	1200	1900	2375
SUPERFAST XII	60	450	3	1772	2700	3375
NISSOS MYKONOS	50	400	3	1000	1300	1625
NISSOS RODOS	60	440	4	1000	2200	2750
DIAGORAS	60	440	1	1180	1000	1250
			2	1220		
KRITI II	60	450	3	1400	2100	2625
ELYROS	60	440	2	1200	1800	2250
			1	1500		
NISSOS SAMOS	60	440	1	1700	1000	1250
			2	1400		
HIGHSPEED 4	50	400	4	280	600	750
HIGHSPEED 7	50	400	4	315	500	625
HELLENIC HIGH-SPEED	50	415	3	350	300	375
DIONISIOS SOLOMOS	60	440	3	550	825	1031.25
NISSOS CHIOS	50	400	3	1000	1300	1625

ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΑΡΑΣΣΟΥΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

	kW	kVA
BLUE STAR 1	1900	2375
BLUE STAR2	1900	2375
BLUE STAR PATMOS	1800	2250
total	5600	7000

2.4.2.3 Λοιπές κατηγορίες πλοίων

Στα λιμάνια της πόλης της Ρόδου προσδένονται κρουαζιερόπλοια και επιβατηγά πλοία. Οι υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων και πιο συγκεκριμένα πλοία τύπου bulk carriers, tanker, containership προσδένονται στο βιομηχανικό λιμάνι της Καλλιθέας και πολύ σπάνια μπορεί κάποιο από αυτά να προσδεθεί στα λιμάνια της πόλης της Ρόδου. Αν όμως προσδεθεί κάποιο από αυτά αναφέρεται στον πίνακα που ακολουθεί η ενεργειακή απαίτηση αυτών των πλοίων προσεγγιστικά :

ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΟΙΩΝ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΤΑΣΗ		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	
Bulk carriers and general cargo	600kW(500kW-1MW)	440V	380V,400V,450V	50Hz	60Hz
		80%	20%	3%	97%
Tanker	600kW(500kW-1MW)	440V	380V,400V,450V	50Hz	60Hz
		80%	20%	3%	97%
Containership	2MW	440V	6.6kV,380V,450V	50Hz	60Hz
		79%(L>140m)	21%(L>140m)	6%	94%

Με σχόλια [ΚΡ1]: Να εκλεχθούν οι στήλες γιατί έγιναν αλλαγές

Με τα παραπάνω συνεπάγεται ότι οι εγκαταστάσεις Cold Ironing που θα κατασκευασθούν θα καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες και στην περίπτωση που προσδεθεί κάποιο πλοίο τύπου διαφορετικό από κρουαζιερόπλοιο στα λιμάνια της Ρόδου. Για να είναι αυτό εφικτό θα συυπολογίσουμε στην απαίτηση ισχύος αυτών των κρουαζιερόπλοιων και των επιβατηγών οχηματαγωγών την ισχύ των 2MW σε περίπτωση προσάραξης κάποιου άλλου τύπου πλοίου.

Συνεπάγεται λοιπόν ότι η συνολική απαίτηση ισχύος είναι $14,5+5,6+2=22,1$ MW.

Πρέπει να κατασκευασθούν 3 μονάδες Cold Ironing με ζήτηση ενέργειας στα 10 MVA (8MW) η καθεμία (λαμβάνοντας συντελεστή ισχύος 0,8) και τάση στα 6,6 kV. Επομένως απαιτείται συνολική ισχύς στα 24 MW.

2.4.3 Τεχνική Μελέτη

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.2, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προτείνει τη μεθοδολογία για την εγκατάσταση μονάδας Cold Ironing. Στην περίπτωση της Ρόδου θα τοποθετηθεί μια κεντρική μονάδα εγκατάστασης για μετατροπή συχνότητας με τους κατάλληλους διακόπτες και διπλούς ζυγούς. Θα τοποθετηθούν ένας ή περισσότεροι μετατροπείς συχνότητας παράλληλα(ανάλογα την απαίτηση ισχύος) που θα είναι συζευγμένοι με έναν από τους ζυγούς δια μέσω μετατροπών. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να επιτευχθεί ταυτόχρονη σύνδεση 50 και 60 Hz σε διαφορετικά λιμάνια. Στα λιμάνια, όπου θα είναι εγκατεστημένες οι υπό μονάδες, θα τοποθετηθούν διακόπτης και ένας εναλλάκτης κατάστασης ικανός να επιλέγει με ποιον ζυγό θα συνδεθεί ανάλογα την περίπτωση. Τέλος απαιτείται ένας

μετασχηματιστής τάσης εγκατεστημένος σε κάθε λιμάνι για να μειώνει την τάση στην επιθυμητή τιμή.

2.4.3.1 Κύρια κατασκευή υποσταθμού

Πρέπει να εξεταστεί το χειρότερο σενάριο προκειμένου να καθοριστεί το μέγεθος και η ποσότητα του εξοπλισμού που θα χρειαστεί. Προέκυψε λοιπόν από το κεφάλαιο 2.4.2.3 ότι η μέγιστη συνολική ισχύς που απαιτείται είναι 24 MW(30MVA). Επομένως θα εγκατασταθούν 3 μετατροπείς συχνότητων ABB PCS 6000 SFC με μέγιστη ισχύ 10 MVA ο καθένας.



ΚΟΥΤΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ : ABB PCS 6000 SFC source: www.abb.com

2.4.3.2 Καλώδια και υποσταθμός

Για τις ανάγκες της μονάδας Cold Ironing θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας υποσταθμός. Αυτός θα περιλαμβάνει έναν μετασχηματιστή που θα μειώνει την τάση και όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ασφαλή μετάδοση ισχύος. Ο υποσταθμός στην περιοχή Ροδίνη της Ρόδου που πρόκειται να κατασκευαστεί άμεσα μπορεί να λειτουργήσει για την περίπτωση της μονάδας Cold Ironing. Ωστόσο καλό θα ήταν να υπερ-διαστασιολογηθεί σε περίπτωση που στο μέλλον απαιτείται μεγαλύτερων/νέων πλοίων με υψηλότερες απαιτήσεις.

Για τη διανομή ισχύος από τον κύριο σταθμό στον υποσταθμό θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν καλώδια τα οποία για λόγους ασφάλειας θα τοποθετηθούν υπογείως. Ακόμη πρέπει να τοποθετηθούν καλώδια για την σύνδεση του υποσταθμού με τα πλοία. Στον πίνακα που ακολουθεί εκτιμάται προσεγγιστικά το μήκος των καλωδίων.

ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥΣ

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	m
20 kV	4000
6,6 kV	1600
440 V	1000

Κεφάλαιο 3

Οικονομική ανάλυση και οφέλη από την εφαρμογή cold ironing

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξεταστεί αν είναι εφικτή οικονομικά μια τέτοια επένδυση για τα λιμάνια της Ρόδου. Για την οικονομική μελέτη θα ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες, εκτιμήσεις και μελέτες που έγιναν σε άλλα λιμάνια όπως του Πειραιά, της Καλιφόρνιας, του Γκετενμπόργκ κτλ, καθώς δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία στο διαδίκτυο. Το κόστος της εγκατάστασης της μονάδας Cold Ironing αφορά τόσο το δημόσιο/λιμάνι, όσο και τον ιδιωτικό τομέα, καθώς πρέπει να γίνουν τροποποιήσεις και στους δύο τομείς. Ακόμη θα μπορούσε να γίνει χρήση ή κατασκευή μονάδας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας(κυρίως ενός φωτοβολταϊκού πάρκου). Ωστόσο κάτι τέτοιο είναι ανέφικτο στην περιοχή της Ρόδου, διότι το απαγορεύει η αρχαιολογία. Τα λιμάνια της Ρόδου βρίσκονται γύρω από την περιοχή της παλιάς πόλης της Ρόδου και ο περιορισμένος χώρος που διαθέτουν συν το γεγονός της ιστορικής σημασίας της παλιάς πόλης αποτρέπει οποιαδήποτε κατασκευή στην ευρύτερη περιοχή. Λόγω της υψηλής απαίτησης ισχύος προτείνεται ως λύση η ένταξη της Ρόδου με το κεντρικό δίκτυο της Στερεάς Ελλάδας όσον αφορά την τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας που προβλέπεται να γίνει τα επόμενα χρόνια. Τέλος, θα συνηγορηθεί και η μείωση των εκπομπών των ρύπων(ανάλογη οικονομική επιρροή του συστήματος υγείας) στα λιμάνια της Ρόδου.

3.1 Κόστος εγκατάσταση μονάδας Cold Ironing, λειτουργικά κόστη και κόστη συντήρησης

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με το συνολικό κόστος της εγκατάστασης της μονάδας Cold Ironing. Υπολογίζεται σε αυτό ο εξοπλισμός, τα εργατικά(τόσο μηχανικών που θα επιβλέπουν τη λειτουργία του συστήματος, όσο και τεχνικών που θα είναι αρμόδιοι για τη (απο)-σύνδεση των πλοίων με την ακτή), καθώς και τα έξοδα συντήρησης. Εκτιμάται ότι το ετήσιο ποσό που απαιτείται για τη συντήρηση είναι το 3% του κόστους εγκατάστασης. Θα προστεθεί ακόμη ένα ποσό για απρόβλεπτα έξοδα, το οποίο θα είναι 0,5% σε σχέση με το συνολικό ποσό κόστους της εγκατάστασης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ COLD IRONING ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

Στήλη1	Στήλη2	Στήλη3	Στήλη4
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ COLD IRONING ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ			
ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	30 MVA		
ΚΥΡΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ			
		€	%
Κτήριο		62500	0,559789
Μετατροπέας συχνότητας	3x10MVA	3771428,571	33,77924
Έξοδος μετασηματιστών μετατροπέα	3x10MVA	1440000	12,89753
Προμήθειες μετασηματιστων μετατροπέα	3x10MVA	1440000	12,89753
Διπλός ζυγός		437500	3,91852
Διακόπτες, πίνακες, καλώδια		460000	4,120044
Ψύξη, εξαερισμός, πυρανίχνευση, φωτισμός, συναγερμός		137500	1,231535
ΔΙΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			
Καλώδια 20kV	4000m	180000	1,612191
Καλώδια 6.6kV	2600m	92000	0,824009
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΑΚΤΗΣ			
Κτήρια	3x4000	12000	0,107479
Μετασηματιστές	3x10 MVA	2200000	19,70456
Κουτιά σύνδεσης	4	188000	1,683844
Ανταλλακτικά, διακόπτες, καλώδια		532000	4,764921
Κινητό όχημα καλωδίων	1	212000	1,898803
Συνολικά		11164928,57	
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ			
	Αριθμός εργαζομένων	Ετήσιος μισθός/ανά άτομο	
Ηλεκτρολόγοι μηχανικοί	4		24000 €
Τεχνικοί	9		16000 €
Συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος			240000 €
Κόστος συντήρησης	3% της εγκατάστασης		334947,8571 €
Συνολικό ετήσιο κόστος			574947,8571 €

3.2 Οφέλη για την πόλη της Ρόδου

Για τον υπολογισμό των εκπομπών χρησιμοποιείται μια μεθοδολογία με ενεργειακή προσέγγιση(σύμφωνα με τις ενεργειακές απαιτήσεις των πλοίων) η οποία προτάθηκε από την US EPA(ICF International, 2009) και αναφέρεται από την WPCI(World Ports Climate Initiative). Κάθε πλοίο έχει μια κύρια γεννήτρια, μια βοηθητική και ένα λέβητα. Πόσο πολύ και σε ποιο μέγεθος θα λειτουργεί καθένα από αυτά τα τρία εξαρτάται από τη δραστηριότητα του πλοίου : άφιξη, αναχώρηση, όταν κάνει ελιγμούς και όταν βρίσκεται στο λιμάνι. Για να υπολογιστούν οι εκπομπές πρέπει να είναι γνωστός ο βαθμός σε σχέση με τη μέγιστη ισχύ που λειτουργεί η γεννήτρια. Κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι οι μηχανές δεν λειτουργούν στο 100%. Αυτό μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας το συντελεστή φόρτισης, ο οποίος είναι μέτρο συσχέτισης της μέγιστης ταχύτητας και της πραγματικής. Η ταχύτητα με την οποία εισέρχεται ένα πλοίο στο λιμάνι ποικίλλει ανάλογα την απόσταση που έχει να διανύσει και τα όρια ταχύτητας που τίθενται στο λιμάνι. Στη συγκεκριμένη μελέτη θα θεωρήσουμε τιμή συντελεστή φόρτισης 0.2. Επομένως είναι εφικτός ο υπολογισμός των ρύπων χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο :

$$E = PO \times t \times LF \times Ef$$

Όπου :

E : Συνολικές εκπομπές ρύπων ανά μηχανή, ανά τύπο πλοίου για συγκεκριμένες δραστηριότητες σε γραμμάρια.

PO : Ισχύς εξόδου σε kW. Από τη στιγμή που δεν υπάρχουν συγκεκριμένα δεδομένα για τις γεννήτριες των πλοίων, η ισχύς υπολογίστηκε προσεγγιστικά ανάλογα των αριθμό των επιβατών.

t : ο χρόνος που η γεννήτρια λειτουργούσε σε ώρες

LF : Ο συντελεστής φόρτισης

Ef : Ο συντελεστής εκπομπών σε γραμμάρια ανά κιλοβατώρα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή εκπομπών ρύπων ανάλογα τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιούν τα κρουαζιερόπλοια/επιβατηγά πλοία. Για τη μελέτη θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος του ντίζελ και του μαζούτ καθώς χρησιμοποιούνται και τα δύο είδη καυσίμων στα πλοία. Ακόμη παρουσιάζεται ένας πίνακας που σχετίζεται με την αβεβαιότητα του συντελεστή εκπομπών και εξαρτάται από τη δραστηριότητα του πλοίου, αν βρίσκεται στη θάλασσα κατά την είσοδο ή αναχώρηση από το λιμάνι, αν κάνει ελιγμούς στο λιμάνι ή αν βρίσκεται σταθμευμένο στο λιμάνι.

Συντελεστής εκπομπών ρύπων

Καύσιμο	CO2	NOx	SOx	HC	PM	Τόνοι ανά μεγαβατώρα
Diesel oil	0,69	0,0139	0,0011	0,0004	0,0003	t/MWh
HFO	0,722	0,0147	0,0123	0,0004	0,0008	t/MWh
average	0,706	0,0143	0,0067	0,0004	0,00055	t/MWh

Εκτιμώμενες αβεβαιότητες εκπομπών ρύπων

Em	at sea(+/-)	manoeuvring(+/-)	in port(+/-)
CO2	10%	30%	20%
NOx	20%	40%	30%
SOx	10%	30%	20%
HC	25%	50%	40%
PM	25%	50%	40%

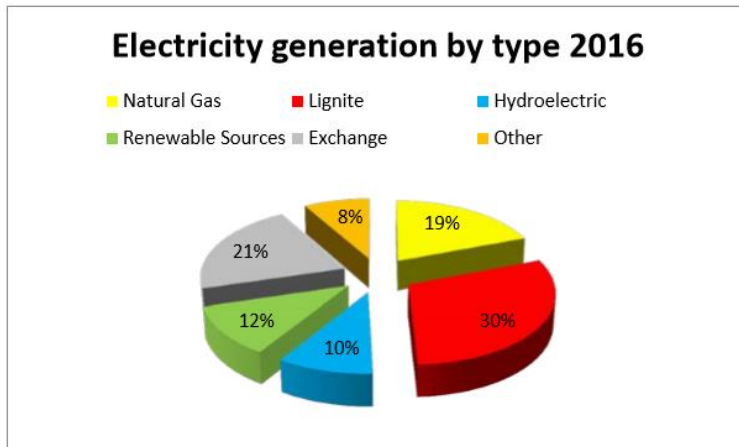
Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα οι εκπομπές ρύπων για το λιμάνι της Ρόδου που οφείλονται στα κρουαζιερόπλοια και στα επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΤΟΝΝΟΥΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ	CO2	NOx	SOx	HC	PM	ΤΟΝΝΟΙ
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΛΙΜΑΝΙ	6172,66	125,03	58,58	3,50	4,81	t
ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΕΣ ΛΙΜΑΝΙ	4938,13	87,52	46,86	2,10	2,89	t
ΥΨΗΛΟΤΕΡΕΣ ΛΙΜΑΝΙ	7407,20	162,54	70,29	4,90	6,73	t

3.3 Γενική εικόνα των εκπομπών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να εξυπηρετήσει μεγάλο μέρος της χώρας, διότι συνδέονται με το εθνικό δίκτυο. Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα και πίνακες που αναφέρουν τα είδη καυσίμου στην Ελλάδα (Φυσικό αέριο, λιγνίτης, Ανανεώσιμες πηγές κ.α) και το μέγεθος της ενέργειας που παράγουν.



Ηλεκτρική παραγωγή στην Ελλάδα ανάλογα τον τύπο καυσίμου, source: Kampylis Panagiotis Feasibility study of installing CI at the port of Piraeus (2016)

Ηλεκτρική παραγωγή σε GWh, source: Kampylis Panagiotis Feasibility study of installing CI at the port of Piraeus (2016)

Type	GWh	%
Natural Gas	2458	19,22%
Lignite	3862	30,20%
Hydroelectric	1224	9,57%
Renewable Sources	1460	11,42%
Exchange	2722	21,29%
Other	1061	8,30%
Total	12787	

3.3.1 Εξωτερικό κόστος των εκπομπών των πλοίων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία

Διάφορες μεθοδολογίες μπορούν να εφαρμοσθούν ώστε να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος των εκπομπών των πλοίων. Από τη στιγμή μάλιστα που η Ελλάδα βρίσκεται σε οικονομική κρίση, έχει παρατηρηθεί δραματική μείωση στα έξοδα υγείας, κάτι που συνεπάγεται πως η μόλυνση επιβαρύνει ακόμα περισσότερο τους κατοίκους της χώρας. Στην συγκεκριμένη μελέτη θα ληφθεί υπόψη η έρευνα "A New Environmental Accounting

Framework Using Externality Data and Input-Output Tools for Policy Analysis” (EXIOPOL) που πραγματοποιήθηκε στο διάστημα Μάρτη του 2007-Μάρτης 2011. Μέσω αυτής αναπτύχθηκαν θεωρητικό-μαθηματικά μοντέλα που συνδέουν τους ρύπους στο περιβάλλον και τη μείωση τους με τις εμπορικές δραστηριότητες 43 χωρών, αλλά και τον αντίκτυπο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον, αξιολογώντας αυτές με νομισματική αξία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η χρηματιστική αξία καθενός από τους ρύπους για την ανθρώπινη υγεία, το οικοσύστημα και τις κλιματικές αλλαγές.

*ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ,
πηγή: EXIOPOL 2010*

ΡΥΠΟΙ	ΥΓΕΙΑ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ
CO2	0	0	21	21
NOx	5700	1000	0	6700
SOx	6300	200	0	6500
PM	35000	0	0	35000

Οι παραπάνω νομισματικές αξίες αναφέρονται για το έτος 2000. Πρέπει επομένως να γίνει αναγωγή για το έτος 2019 όπου υπολογίζεται πληθωρισμός 1.75%. Αυτό σημαίνει ότι 1 ευρώ το 2000 σήμερα έχει αξία 1,39 ευρώ. Προκύπτει επομένως ο ακόλουθος πίνακας :

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ(σε Ευρώ, έτος 2019) ΑΝΑ ΤΟΝΝΟ ΡΥΠΟΥ

ΡΥΠΟΙ	ΥΓΕΙΑ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ
CO2	0,0	0,0	29,2	29,2
NOx	7925,5	1390,4	0,0	9316,0
SOx	8759,8	278,1	0,0	9037,9
PM	48665,6	0,0	0,0	48665,6

Τέλος παρουσιάζεται ένας πίνακας που απεικονίζει το συνολικό κόστος για το λιμάνι της Ρόδου που προέρχεται από τους ρύπους.

Εξωτερικό κόστος εκπομπών στο λιμάνι της Ρόδου ανά έτος

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ	CO2	NOx	SOx	PM	total	
ΤΟΝΝΟΙ ΑΝΑ ΡΥΠΟ	6172,66	125,03	58,58	4,81	6361,08	t
ΚΟΣΤΟΣ	180237,79	1164749,97	529431,81	234019,80	2108439,38	euro

3.3.2 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

3.3.2.1 Παραγόμενο κόστος πλοίου

Για να υπολογιστεί το κόστος του καυσίμου πρέπει να είναι γνωστή η ειδική κατανάλωση καυσίμου(SFC) των βοηθητικών μηχανών όλων των πλοίων. Με βάση τον τύπο του πλοίου θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα σύμφωνα με το ENTEC 2010 για το SFC.

ΤΙΜΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΑΝΑ kWh

ΤΥΠΟΣ	SFC(g/kWh)	MGO average price (\$/tonne)	\$/kWh
cruise/pass	236	431,5454545	0,101845

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά η τιμή πετρελαίου \$/t για το λιμάνι του Πειραιά τους τελευταίους μήνες. Με κόκκινο παρουσιάζεται η τιμή στο λιμάνι του Πειραιά και με γκρι η μέση τιμή παγκοσμίως.



MGO Average price(ΜΕΣOΣ OPOΣ TIMHΣ NAYTIKOY KAYΣIMOY), source:
www.shipandbunker.com

Η ισοτιμία Euro με USD τη στιγμή που γίνεται η μελέτη είναι 1 USD =1,13185 Euro. Άρα, ισχύει ότι 0,101845 \$/kWh = 0,115272955 €/kWh . Επιπλέον θα πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος συντήρησης των βοηθητικών μηχανών, όπως επίσης και το κόστος του λιπαντικού(LO). Παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα οι τιμές για το κόστος συντήρησης και λιπαντικού.

Συνολικό παραγόμενο κόστος πλοίου

Συνολικό παραγόμενο κόστος πλοίου

Καύσιμο(€/kWh)	Κόστος συντήρησης(€/kWh)	Τιμή LO(\$/t)	Τιμή LO(€/t)	Κατανάλωση LO(g/kWh)	Κόστος LO(€/kWh)
0,1152729					
55	0,003	4000	4527,4	0,35	0,00158459
	Συνολικό κόστος(€/kWh)	0,11985	7545		

3.3.2.2 Παραγόμενο κόστος ακτής

Όσον αφορά την ακτή θα πρέπει να υπολογιστούν οι χρεώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας της DEI(ΔΕΗ) για επιχειρήσεις και βιομηχανίες.

Παραγόμενο ηλεκτρικό κόστος ακτής, source: www.dei.gr

DEI Cost		
High Usage Factor		
Time zone	Power fee (€/kW/month)	Energy Cost (€/kWh)
7:00-23:00 on working days	8,00	
7:00-23:00 on working days		0,05903
23:00-7:00 on working days		0,04604
on weekends		0,04604
	Average	0,05254

Επιπρόσθετες χρεώσεις της ΔΕΗ, source:www.dei.gr

Transmission System	Distribution Network					
Power fee (€/kW/month)	Power fee (€/kW/month)	Energy cost (€/kWh)	other charges (€/kWh)	ETMEAP (€/kWh)	ΥΚΩ (€/kWh)	CO2 fee (€/kWh)
1,329	1,179	0,0029	0,00007	0,00976	0,0691	0,00356

Συνολικό παραγόμενο κόστος ακτής

	Power fee	Energy & other costs
	(€/kW/month)	(€/kWh)
Overall cost	10,51	0,13793

Παρατηρείται ότι το παραγόμενο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας της ακτής είναι μεγαλύτερο από το κόστος που παράγεται λόγω των βοηθητικών μηχανών των πλοίων. Αυτό δεν καθιστά συμφέρον για τους πλοιοκτήτες να επενδύσουν σε σύστημα Cold Ironing, ιδίως αν συνυπολογιστούν και τα έξοδα μετασκευής των πλοίων. Ωστόσο υπάρχουν λύσεις ώστε το σύστημα Cold Ironing να γίνει πιο δελεαστικό για τους πλοιοκτήτες. Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων στα λιμάνια, η ΔΕΗ ή οποιαδήποτε υπηρεσία ηλεκτρισμού παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στα λιμάνια της Ρόδου θα πρέπει να μειώσει την τιμή της για το κοινωφελές αυτό σύστημα ή ακόμη μπορεί και να ψηφιστεί νόμος που να αναγκάζει τις εταιρείες ηλεκτρισμού να πραγματοποιούν μια έκπτωση στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη, τα ίδια τα λιμάνια θα μπορούσαν να αναλάβουν ένα μέρος του κόστους το οποίο θα προστεθεί στο κόστος επένδυσης, κατασκευάζοντας παράλληλα κάποιο πάρκο φωτοβολταϊκό ή αιολικό ώστε να καλύψει με αυτό τον τρόπο ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας που απαιτείται.

3.4 Φωτοβολταϊκό πάρκο



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ 500 ΚWP ΑΥΛΩΝΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Η δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου θα συνείσφερε αρκετά στο σύστημα Cold Ironing. Δεν είναι μόνο το γεγονός ότι θα παρείχε σημαντικό ποσοστό ενέργειας δωρεάν. Θα συντελούσε ακόμη και στη μείωση των εκπομπών των ρύπων, καθώς θα παρήγαγε την ηλεκτρική ενέργεια από καθαρή μορφή ενέργειας. Επιπρόσθετα, λόγω της μεγάλης ισχύς/ενέργειας που απαιτούν τα κρουαζιερόπλοια και τα επιβατηγά πλοία θα προσέφερε σημαντική λύση στην αυξημένη ζήτηση ενέργειας. Ιδίως το καλοκαίρι το νησί της Ρόδου αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα με τον ηλεκτρισμό. Ο μεγάλος αριθμός των τουριστών αυξάνει κατά πολύ τις ενεργειακές απαιτήσεις των ξενοδοχειακών μονάδων στο νησί. Επίσης, το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί αντιμετωπίζει προβλήματα σε όλη τη διάρκεια του έτους και το καλοκαίρι λόγω της αυξημένης ζήτησης ενέργειας επιδεινώνεται η κατάσταση. Οπότε η δημιουργία φωτοβολταϊκού πάρκου χρησιμοποιώντας εγκαταστάσεις που ανήκουν στα λιμάνια κοντά σε αυτά, θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντική λύση σε πολλά ζητήματα. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, διότι η αρχαιολογία δεν επιτρέπει καμία τέτοια δραστηριότητα στην περιοχή που βρίσκονται τα λιμάνια της Ρόδου. Τα λιμάνια της Ρόδου βρίσκονται γύρω από την αρχαία πόλη της Ρόδου, η οποία θεωρείται πολιτιστική κληρονομιά και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να γίνουν έργα σε εκείνη την περιοχή. Επομένως, μια εφικτή λύση για να αντιμετωπιστεί η μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι η βελτίωση του υπάρχον συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και σύνδεσης/ενσωμάτωσης αυτού με το κεντρικό δίκτυο της Ελλάδας που ήδη βρίσκεται στο πρόγραμμα. Οι οροφές των κτηρίων που ανήκουν στα λιμάνια της Ρόδου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ακόμα

3.4.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Φ / Β πάρκου :

- Πλεονεκτήματα ενός Φ / Β πάρκου:

1. "Ελεύθερα" παράγουν ενέργεια από τον ήλιο, η οποία είναι μια ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη πηγή ενέργειας.
2. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και η ενέργεια παράγεται χωρίς θόρυβο.
3. Δεν μολύνουν το περιβάλλον.
4. Μπορούν να παράγουν ενέργεια αυτόνομα χωρίς την ανάγκη χειριστών.
5. Δεν καταναλώνουν καύσιμα.
6. Μπορούν παράλληλα να λειτουργούν με άλλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.
7. Το μέγεθός τους μπορεί εύκολα να επεκταθεί.
8. Έχουν πρακτικά ατελείωτη διάρκεια ζωής (τουλάχιστον 35 χρόνια).

- Μειονεκτήματα ενός φωτοβολταϊκού πάρκου:

1. Δεν έχουν σταθερό ενεργειακό εφοδιασμό.
2. Δεν μπορούν να επωφεληθούν από την εισερχόμενη ενέργεια κατά 100%, επειδή ένα μέρος των ακτινών αντανακλά πίσω στο περιβάλλον.
3. Το αρχικό υψηλό επενδυτικό κόστος.
4. Η σχετικά υψηλή ζήτηση του χώρου.

5. Έχουν σχετικά χαμηλό συντελεστή απόδοσης.

3.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ / B

Οι δύο παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως την παραγόμενη ηλιακή ενέργεια είναι η στάθμη της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία. Σε υψηλές θερμοκρασίες μειώνεται η παραγόμενη ενέργεια.

Ακόμη άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/B είναι :

- Η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου(σχετίζονται και με τις θερμοκρασίες)
- Η μόλυνση(σωματίδια εισέρχονται στα Φ/Ω , για αυτό είναι απαραίτητη η συχνή συντήρηση)
- Σκιές(Είτε μόνιμες από κτήρια, δέντρα είτε παροδικές από φαινόμενα(σύννεφα))
- Ηλικία φωτοβολταϊκών(μειώνεται η απόδοση τους κατά 1% ανά έτος)
- Ηλεκτρικές απώλειες κατά τις συνδέσεις των διάφορων τμημάτων του Φ/B συστήματος
- Άλλου είδους απώλειες, όπως απώλειες λόγω γωνίας τοποθέτησης.

3.5 Οικονομική ανάλυση επένδυσης

Η οικονομική ανάλυση επένδυσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους. Στη συγκεκριμένη μελέτη για την οικονομική ανάλυση έγινε χρήση της μεθόδου Καθαρής Παρούσας Αξίας.

3.5.1 Χρήση μοντέλου ΚΠΑ(Καθαρής Παρούσας Αξίας) για την ανάλυση του μοντέλου Cold Ironing

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το άθροισμα των παρουσών αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην οικονομική επιστήμη (economics), στα χρηματοοικονομικά (finance) και στη λογιστική(accounting) για να καθοριστεί αν μια επένδυση ή ένα έργο κρίνεται συμφέρον για να χρηματοδοτηθεί ή όχι. Η παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate).

Καθαρή Παρούσα Αξία = Παρούσα Αξία – Κόστος επένδυσης :

- μηδενική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ = 0) σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή
- θετική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ>0) σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα
- αρνητική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ<0) σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημιά.

Η ΚΠΑ είναι μία από τις δύο τεχνικές προεξόφλησης ταμειακών ροών (η άλλη είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης) που χρησιμοποιούνται στη συγκριτική αξιολόγηση επενδυτικών προτάσεων, όπου η ροή του εισοδήματος διαφέρει στην πάροδο του χρόνου.

Αποτελεί μια τυποποιημένη μέθοδο που χρησιμοποιεί την έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την εκτίμηση μακροπρόθεσμων επενδύσεων. Η χρονική αξία του χρήματος στα χρηματοοικονομικά, υπαγορεύει ότι ο χρόνος έχει επιπτώσεις στην αξία των ταμειακών ροών.

Αν, για παράδειγμα, υπάρχει μία χρονική περίοδος πανομοιότυπων ταμειακών ροών ίσης ονομαστικής αξίας, οι ταμειακές ροές στο παρόν έχουν μεγαλύτερη πραγματική αξία από ταμειακές ροές ίσης ονομαστικής στο μέλλον, με κάθε μελλοντική ταμειακή ροή να γίνεται όλο και λιγότερο πολύτιμη από τις προηγούμενες.

Συνεπώς, μεταξύ δυο όμοιων επενδύσεων, υψηλότερο κίνδυνο έχει αυτή με την μεγαλύτερη διάρκεια. Για κάθε επιπλέον χρονική περίοδο, η παρούσα αξία των μεταγενέστερων μελλοντικών ταμειακών ροών μειώνεται, καθώς ο κίνδυνος αυτής της επένδυσης αυξάνεται, ως αποτέλεσμα της μεγαλύτερης αβεβαιότητας και κινδύνου που υπάρχει για την τελική ολοκλήρωση του έργου/επένδυσης.

Ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού της ΚΠΑ(NPV-Net Present Value) είναι ο ακόλουθος :

$$NPV = \sum (A_i / (1+r)^i) - C \text{ όπου,}$$

A : οι χρηματικές εισροές ανά έτος(στη παρούσα μελέτη είναι η εξοικονόμηση καυσίμου των πλοίων και αν συνυπολογιστούν τα εξωτερικά κόστη των ρύπων)

r : το επιτόκιο αναγωγής

C : το αρχικό κεφάλαιο εξόδων της επένδυσης

i : το έτος έως n έτη επένδυσης

Τα βήματα για τον υπολογισμό της ΚΠΑ είναι:

Καθορισμός όλων των ταμειακών ροών που συνδέονται με ένα έργο ή μια επένδυση καθώς και το χρονικό διάστημα κατά το οποίο αυτές θα προκύψουν. Οι ταμειακές ροές μπορεί να είναι είτε θετικές (εισορή χρημάτων), είτε αρνητικές (εκροές χρημάτων/δαπάνες).

Καθορισμός του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της Παρούσας Αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών.

Άθροισμα της Παρούσας Αξίας όλων των ταμειακών ροών, τόσο θετικών όσο και αρνητικών για τον υπολογισμό της ΚΠΑ και κατ' επέκταση της κερδοφορίας της επένδυσης.

Προϊόντα με θετική ΚΠΑ δείχνουν ότι τα προβλεπόμενα έσοδα (μελλοντικές ταμειακές εισροές) θα είναι μεγαλύτερα από τις δαπάνες επενδύσεων για έρευνα, ανάπτυξη, προώθηση, τα κόστη παραγωγής και διανομής τους, οπότε το τελικό Αποτέλεσμα θα είναι προς όφελος των μετόχων της εταιρείας.

3.5.2 Υποθέσεις για τη μέθοδο της ΚΠΑ

Προκειμένου να υπολογίσουμε την ΚΠΑ της επένδυσης πρέπει να προβούμε σε κάποιες υποθέσεις.

1. Περίοδος επένδυσης

Α Ύετος έναρξης : 2025(Ελπίζοντας να γίνει μέχρι τότε η διασύνδεση με το δίκτυο της κεντρικής Ελλάδας

Β) Έτος δεδομένων : 2019

Γ) Έτος ολοκλήρωσης : 2030

Γ) Όλα τα τεχνικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τον ίδιο χρόνο ζωής (30 έτη)

2. Οικονομικές εκτιμήσεις

- Αύξηση της τιμής του καυσίμου : 2,6% ανά έτος

- Αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού : 1%

- Επιτόκιο αναγωγής : 2%

3. Οι επισκέψεις των πλοίων στα λιμάνια της Ρόδου θεωρούνται ίδιες και σταθερές ανά έτος για τα επόμενα τριάντα έτη.

4. Η κατανάλωση ενέργειας θεωρείται ίδια και σταθερή ανά έτος για τα επόμενα τριάντα έτη.

5. Οι εκπομπές ρύπων των πλοίων θεωρούνται ίδιες και σταθερές ανά έτος για τα επόμενα τριάντα έτη.

6. Δεν υπολογίζεται η λήψη δανείων στην παρούσα μελέτη.

7. Υπολογισμός των χρηματικών εισροών στο σύστημα με χρήση της μονάδας Cold Ironing από το πρώτο έτος 100% :

- Κόστος καυσίμου : 1135363,995€

- Κόστος ηλεκτρισμού που παράγεται στην ακτή χωρίς προσδοκία εξαίρεσης φόρων : 1225317,013€

- Κόστος ηλεκτρισμού που παράγεται στην ακτή χωρίς προσδοκία εξαίρεσης φόρων : 504706,5898€

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς είναι :

- Κόστος καυσίμου : $0,129857545\text{€/kWh}$ (τιμή προσαυξημένη λόγω αύξηση της τιμής συντήρησης των μηχανών, όσο αυξάνεται η ηλικία τους) * 8743150 kWh (συνολικές kWh των πλοίων ανά έτος)

- Κόστος ηλεκτρισμού που παράγεται στην ακτή χωρίς προσδοκία εξαίρεσης φόρων : $0,13793\text{*kWh}+10,51\text{*kW/month}$

- Κόστος ηλεκτρισμού που παράγεται στην ακτή χωρίς προσδοκία εξαίρεσης φόρων : $0.05551\text{*kWh}+10,51\text{*kW/month}$

8. Αρχικό κόστος κεφαλαίου εγκατάστασης μονάδας Cold Ironing : 11164928,57€

9. Ετήσια κόστη : 574947,85€

3.5.3 Χρηματοδότηση Ευρωπαϊκής Ένωσης(ΕΕ)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί διαρκώς προγράμματα τα οποία είναι ωφέλιμα για τις κοινότητες που ανήκουν σε αυτή. Θα εξεταστεί λοιπόν αν η επένδυση είναι συμφέρουσα σε τέσσερις υποπεριπτώσεις που αφορά το ποσοστό χρηματοδότησης της ΕΕ.

Ποσοστό χρηματοδότησης της ΕΕ επί του αρχικού κεφαλαίου :

- 1) 0% (απαισιόδοξη εκδοχή)
- 2) 30%(εφικτή εκδοχή)
- 3) 50%(εφικτή εκδοχή)
- 4) 70%(αισιόδοξη εκδοχή)

3.6 Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ

Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας της επένδυσης έχουν πραγματοποιηθεί κάποια σενάρια, ανάλογα το ποσοστό των πλοίων που προσαράσσουν στο λιμάνι και θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν άμεσα την εγκατάσταση.

-Αρχική λειτουργία μονάδας Cold Ironing 100%

Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 100%

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση η ΕΕ	30% χρηματοδότηση η ΕΕ	50% χρηματοδότηση η ΕΕ	70% χρηματοδότηση η ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	-19.024.463	-15.674.985	-13.441.999	-11.209.013
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	30.305.545	33.655.024	35.888.009	38.120.995
Με φορολογική απαλλαγή	320.379	3.669.858	5.902.843	8.135.829
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	49.650.387	52.999.866	55.232.852	57.465.837

Παρατηρείται ότι η επένδυση επηρεάζεται περισσότερο από την φορολογική απαλλαγή παρά τόσο από την χρηματοδότηση της ΕΕ. Χωρίς φορολογική απαλλαγή μια τέτοια επένδυση είναι οικονομικά ζημιогόνα, ακόμα και αν η ΕΕ χρηματοδοτήσει το μεγαλύτερο μέρος του αρχικού κεφαλαίου. Φυσικά αν είναι εφικτή η φορολογική απαλλαγή σε συνδυασμό με την χρηματοδότηση της ΕΕ η επένδυση είναι αρκετά κερδοφόρα. Τέλος, αν συνυπολογιστεί το οικονομικό όφελος από την μείωση των εκπομπών ρύπων των πλοίων σε οποιαδήποτε περίπτωση το κέρδος είναι ασύγκριτα μεγάλο. Αυτό βέβαια το ενδεχόμενο είναι ιδανικό, καθώς υπολογίστηκε η χρήση της μονάδας Cold Ironing να λειτουργήσει στο 100% από το πρώτο έτος. Σε περίπτωση όμως που αυτό δεν θα ίσχυε εξετάζονται ακόμα τρία ενδεχόμενα.

-Αρχική λειτουργία μονάδας Cold Ironing 15% και ετήσια αύξηση 15%

Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 15% και ετήσια αύξηση 15%

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση ΕΕ	30% χρηματοδότηση ΕΕ	50% χρηματοδότηση ΕΕ	70% χρηματοδότηση ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	-18.860.635	-15.511.157	-13.278.171	-11.045.185
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	30.469.373	33.818.852	36.051.837	38.284.823
Με φορολογική απαλλαγή	-1.191.302	2.158.177	4.391.162	6.624.148
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	48.138.706	51.488.185	53.721.170	55.954.156

Παρατηρείται ότι αυτό το σενάριο είναι πιο δυσόιωνα από το προηγούμενο. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τιμές είναι κοντινές, εκτός όμως από την περίπτωση των φορολογικών απαλλαγών, που είναι και το πιο σημαντικό για την υλοποίηση του έργου. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε σημαντική μείωση του κέρδους σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, ενώ μάλιστα αν δεν χρηματοδοτηθεί το έργο από την ΕΕ θα προκληθεί ζημιά.

-Αρχική λειτουργία μονάδας Cold Ironing 25% και ετήσια αύξηση 20%

Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 25% και ετήσια αύξηση 20%

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση ΕΕ	30% χρηματοδότηση ΕΕ	50% χρηματοδότηση ΕΕ	70% χρηματοδότηση ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	-18.899.378	-15.549.899	-13.316.913	-11.083.928
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	30.430.631	33.780.109	36.013.095	38.246.081
Με φορολογική απαλλαγή	-734.736	2.614.743	4.847.729	7.080.714
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	48.595.272	51.944.751	54.177.737	56.410.722

Παρατηρείται ότι αυτό το σενάριο είναι μια καλύτερη εκδοχή του προηγούμενο. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση απαιτείται έστω και ένα μικρό ποσοστό χρηματοδότησης της ΕΕ για να είναι οικονομικά κερδοφόρα η επένδυση.

-

Αρχική λειτουργία μονάδας Cold Ironing 50% και ετήσια αύξηση 50%

Αποτελέσματα της μεθόδου ΚΠΑ για αρχική χρήση 50% και ετήσια αύξηση 50%

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση η ΕΕ	30% χρηματοδότηση η ΕΕ	50% χρηματοδότηση η ΕΕ	70% χρηματοδότηση η ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	-18.979.487	-15.630.008	-13.397.022	-11.164.037
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	30.350.522	33.700.000	35.932.986	38.165.972
Με φορολογική απαλλαγή	5.050	3.354.529	5.587.515	7.820.500
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	49.335.059	52.684.537	54.917.523	57.150.509

Αυτό είναι το σενάριο που δεν υπάρχει ζημιά σε περίπτωση φοροαπαλλαγής ακόμα και αν δεν χρηματοδοτηθεί το έργο από την ΕΕ(ωστόσο το κέρδος, σε σχέση με το μέγεθος του έργου είναι αμελητέο).

Εξάγεται λοιπόν το συμπέρασμα, ανεξαρτήτου σεναρίου, ότι είναι απαραίτητη η χρηματοδότηση ενός μέρους του έργου από την ΕΕ και ακόμη η φοροαπαλλαγή. Ωστόσο είναι αρκετά εφικτό να λειτουργεί η μονάδα Cold Ironing σε βαθμό 100% από το πρώτο έτος, καθώς το έργο προτείνεται να υλοποιηθεί τα επόμενα 5-10 χρόνια, όπου λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της μεθόδου πρόκειται τα πλοία να πληρούν τις προδιαγραφές ώστε να χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή.

Κεφάλαιο 4

Μετασκευή πλοίων για μικρές αποστάσεις από συμβατικά σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συσσωρευτών Μελέτη Ρόδος

4.1 Γενικές Πληροφορίες

Μια εναλλακτική μελέτη που είναι εφικτό να εφαρμοστεί στη Ρόδο και έχει ως στόχο τόσο την εξοικονόμηση ενέργειας, όσο και τη μείωση των εκπομπών ρύπων είναι η μετασκευή των συμβατικών πλοίων που εκτελούν σύντομες διαδρομές σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συσσωρευτών. Η περιβαλλοντική φιλικότητα ((μηδενικές τοπικές εκπομπές ρύπων/μείωση εισαγωγής καυσίμων μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας), η οικονομική σκοπιμότητα και οι τεχνολογικές εξελίξεις καθιστούν την μετασκευή των συμβατικών πλοίων σε «μπαταριόπλοια» αρκετά ελκυστική.

Οι σύντομες διαδρομές πρέπει να είναι διάρκειας περίπου μίας ώρας, γιατί τόσο είναι η διάρκεια λειτουργίας των συσσωρευτών. Για αυτό το λόγο είναι εφικτές να εξεταστούν οι διαδρομές από το λιμάνι της Ρόδου προς τη Σύμη(ταξίδι 45 λεπτών / το μέγιστο μία ώρα) και από το λιμάνι της περιοχής Κολύμπια στο νησί της Ρόδου προς τη Λίνδο(ενδιάμεσες σύντομες στάσεις σε μικρότερα λιμάνια, όπου το πλοίο μπορεί να επαναφορτίζεται / αν γίνει απευθείας η διαδρομή ο χρόνος του ταξιδιού είναι περίπου μία ώρα).

4.1.1 Χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού συστήματος του ηλεκτροκίνητου πλοίου

Όταν πραγματοποιηθεί η μετασκευή του πλοίου, όλες οι ενεργειακές ανάγκες του θα ικανοποιούνται από τη χρήση του συστήματος συσσωρευτών. Το σύστημα αυτό αποτελείται από πολλά στοιχεία όπως :

Κύρια στοιχεία :

- Συσσωρευτές
- Ηλεκτροκινητήρας
- Αντιστροφέας(Ηλεκτρονικά Ισχύος)

Βοηθητικά στοιχεία :

- Σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών
- Καλώδια και καλωδιώσεις υψηλής τάσης
- Αισθητήρες τάσης και θερμοκρασίας
- Καλώδια χαμηλής τάσης και συνδέσεις
- Πίνακες

-Διακόπτες προστασίας

-Ανορθωτές

-Υλικά ασφαλείας και άλλα.

Επιπρόσθετα, απαιτείται και η δημιουργία κύριου ηλεκτρικού σταθμού στο λιμάνι που θα παρέχει με ηλεκτρική ενέργεια το πλοίο όσο το πλοίο προσαράζει στο λιμάνι. Η αρχή λειτουργίας είναι ίδια με αυτή των κρουαζιερόπλοιων-επιβατηγών που αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

4.1.2 Ενδεχόμενοι κίνδυνοι για το ηλεκτρικό σύστημα του ηλεκτροκίνητου πλοίου

Όλα τα εξαρτήματα του συστήματος μπαταριών πρέπει να είναι προσεκτικά τοποθετημένα και διασυνδεδεμένα και να παρακολουθούνται, καθώς πολλοί κίνδυνοι μπορούν να οδηγήσουν σε επικίνδυνες καταστάσεις. Τέτοιου είδους κίνδυνοι είναι οι ακόλουθοι :

-Υψηλή Αντίσταση

-Εσωτερικό βραχυκύκλωμα

-Σφάλμα μόνωσης

-Διαρροή ηλεκτρολύτη

-Βλάβη χειρισμού

-Βλάβη αισθητήρα θερμοκρασίας

-Βλάβη αισθητήρα τάσης

-Εσωτερικό ανοικτό κύκλωμα

-Βλάβη μόνωσης

-Διαρροή συστήματος ψύξης

-Απώλεια ψύξης

-Ο επαγωγέας δεν ανοίγει / κλείνει όταν είναι απαραίτητο

-Σφάλμα μέτρησης ρεύματος αισθητήρα

-Διαρροή / ζημιά περιβλήματος υπο-συσκευασίας

-Κακομεταχείριση συστήματος συσσωρευτών

-Προστασία από την αντίστροφη πολικότητα

-Απενεργοποίηση έκτακτης ανάγκης

-Ανισορροπία τάσης και θερμοκρασίας

-Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι πολύ μικρή

Για βέλτιστη λειτουργία της μπαταρίας, ο χώρος της μπαταρίας πρέπει να εξασφαλίζει κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος που σχετίζονται με:

-Ρύθμιση θερμοκρασίας αέρα

- Εξαερισμός
- Πυροπροστασία
- Θερμική διαχείριση

Ακόμη, σημαντικό ρόλο στην προστασία του συστήματος συσσωρευτών επωμίζεται το σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών(Battery Management System /BMS). Το σύστημα διαχείρισης μπαταριών (BMS) πρέπει:

- να παρέχει όρια φόρτισης και εκφόρτισης στον φορτιστή
- να προστατεύει από υπερένταση, υπερβολική τάση και υπο-τάση
- να προστατεύει από την υπερβολική θερμοκρασία
- να προστατεύει από υπερπίεση.

4.1.3 Χαρακτηριστικά, χωρητικότητα συστήματος συσσωρευτών και διάταξη τους στο χώρο

Οι συσσωρευτές αποτελούν το μεγαλύτερο κόστος του ηλεκτρικού συστήματος της μετασκευής του πλοίου. Ωστόσο, σε τέσσερα χρόνια εκτιμάται ότι η τιμή των συσσωρευτών θα μειωθεί στο μισό της σημερινής της τιμής. Ο βαθμός απόδοσης τους προσεγγίζει το 99%. Αρχικά, στην ηλεκτροκίνηση επιλέχθηκαν συσσωρευτές μόλυβδου- οξέος, αργότερα η εξέλιξη της τεχνολογίας είχε ως αποτέλεσμα τη χρήση νικελίου- καδμίου και πλέον χρησιμοποιούνται συσσωρευτές λιθίου-ιόντων, λιθίου-μετάλλου και λιθίου- πολυμερών. Σημαντικό ρόλο επιτελεί το σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών BMS(BATTERY MANAGMENT SYSTEM), όπου επιτηρεί/ισοσταθμίζει τα κελιά για να έχει μακροβιότητα ο συσσωρευτής.

Η απαιτούμενη εγκατεστημένη χωρητικότητα εξαρτάται από τη λειτουργία του πλοίου και τους κανόνες ασφάλειας. Το μέγεθος των συσσωρευτών πρέπει να διασφαλίζει αντοχή και διάρκεια ώστε να μην εξαντληθεί η ενέργεια πριν το τέλος του ταξιδιού. Η αξιοπιστία και η ασφάλεια του συστήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον ισάξιες με αυτές των συμβατικών πλοίων. Πρέπει να τοποθετηθούν δύο ανεξάρτητες συστοιχίες συσσωρευτών για λόγους ασφάλειας. Το πλοίο θα πρέπει να είναι εφικτό να επιστρέφει στο λιμάνι από όπου ξεκίνησε το ταξίδι του χρησιμοποιώντας μόνο τη μία από τις δύο. Η εγκατεστημένη χωρητικότητα της μπαταρίας πρέπει να έχει σχεδιασθεί για περιθώριο ασφαλείας τουλάχιστον 10% ή υψηλότερο σε περίπτωση δυσμενούς καιρού όπου απαιτείται υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας πρόωσης. Η εγκατεστημένη χωρητικότητα της μπαταρίας δεν έχει σχεδιαστεί για να αντιμετωπίσει ακραίες καταστάσεις λειτουργίας που συναντώνται μόνο μία ή δύο φορές το χρόνο, όπως για παράδειγμα η μετεγκατάσταση ώστε να επισκευαστεί στο ναυπηγείο. Αντίθετα, τα κινητά πακέτα ισχύος θα πρέπει να είναι μια επιλογή για τέτοιες προγραμματισμένες αποκλίσεις. Ακόμη δεν πρέπει να φορτίζονται συχνά οι συσσωρευτές και εκτός προγράμματος, γιατί με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η διάρκεια ζωής τους.

Όσον αφορά τη διάταξη του συστήματος των συσσωρευτών και αυτή πρέπει να είναι έτσι τοποθετημένη ώστε να διασφαλίζει την ασφάλεια τόσο του πληρώματος, όσο και των επιβατών και του πλοίου. Οι χώροι μπαταρίας τοποθετούνται πίσω από το διάφραγμα σύγκρουσης. Τα όρια των χώρων συσσωρευτών πρέπει να αποτελούν μέρος της δομής του πλοίου ή να αποτελούν περιφράξεις δοχείων με ισοδύναμη δομική ακεραιότητα. Δεδομένου ότι το σύστημα συσσωρευτών είναι η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (αντικαθιστά μία από

τις απαιτούμενες κύριες πηγές ενέργειας), πρέπει να βρίσκεται στον χώρο του μηχανοστασίου. Η διάταξη των χώρων συσσωρευτών πρέπει να είναι τέτοια ώστε μια επικίνδυνη κατάσταση που μπορεί να προκληθεί από τη διάσπαση των μπαταριών (π.χ. αερισμός, έκρηξη, φωτιά) δεν μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της πρόωσης ή της βοηθητικής ισχύος για βασικές ή σημαντικές χρήσεις. Ο χώρος της μπαταρίας δεν πρέπει να τοποθετείται χωρίς επαρκή προστασία από τη θερμότητα, τις πηγές ανάφλεξης, τη σκόνη, τη ρύπανση από πετρέλαιο ή άλλη πιθανή επιβλαβή περιβαλλοντική επίδραση στο σύστημα και τα εξαρτήματά του. Εάν είναι πρακτικό, ένας χώρος μπαταρίας πρέπει να είναι ένα ειδικό δωμάτιο. Επιπλέον, ο χώρος της μπαταρίας δεν πρέπει να περιλαμβάνει άλλα συστήματα που υποστηρίζουν βασικές υπηρεσίες πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των σωλήνων και των καλωδίων που εξυπηρετούν τέτοια συστήματα, προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια της πρόωσης ή του συστήματος διεύθυνσης σε πιθανά περιστατικά (π.χ. θερμική διαρροή) στο σύστημα συσσωρευτών. Τέλος, ο χώρος της μπαταρίας πρέπει να είναι κατάλληλα ρυθμισμένος έτσι ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση για επισκευές και αντικατάσταση των ελαττωματικών τμημάτων και πρέπει να αποδεικνύει ανθεκτικότητα σε μακροπρόθεσμη έκθεση σε θαλάσσιο περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία κ.λπ.) και να παρέχει προστασία έναντι εξωτερικών κινδύνων (π.χ. πυρκαγιά, εισροή ύδατος, διαρροή αγωγών).

4.1.4 Χαρακτηριστικά ηλεκτροκινητήρα



Πηγή : <http://greek.electrictorwaterpump.com/sale-8694461-ms-series-three-phase-ac-electric-motor-with-aluminium-housing.html>

Χαρακτηριστικά ηλεκτροκινητήρα

Ο ηλεκτροκινητήρας αρχικά ήταν συνεχούς ρεύματος(ακριβός κινητήρας με δυσχέρειες, αλλά φθηνά ηλεκτρονικά), αλλά πλέον χρησιμοποιείται εναλλασσόμενου ρεύματος(φθηνός κινητήρας, αλλά ακριβά και πολύπλοκα ηλεκτρονικά).Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα είναι περίπου 99%. Στους εναλλασσόμενους ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιούνται στρεφόμενα μαγνητικά πεδία και το μόνο πρόβλημα είναι οι ηλεκτρικές απώλειες(μηχανικά προβλήματα). Για να μειωθούν οι απώλειες επιλέγονται προηγμένα υλικά, είτε μαγνητικά, όπως λαμαρίνες πυριτίου-κοβάλτιου και μόνιμοι μαγνήτες κραμάτων νεόδμιου, είτε ηλεκτρικά υλικά(νανοδομικά) με πολύ καλή αγωγιμότητα. Οι τεχνολογικά υποσχόμενες εξελίξεις όσον αφορά την κατασκευή ηλεκτρικών κινητήρων είναι η χρήση νέων βελτιωμένων υλικών με υψηλή μηχανική ευρωστία σε καταπονήσεις, υψηλές ταχύτητες λειτουργίας και αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας.

4.1.5 Χαρακτηριστικά μετατροπέων ισχύος(αντιστροφέας)

Ένας αντιστροφέας χαρακτηρίζεται από τα διακοπτικά στοιχεία(ημιαγωγοί ισχύος) και τις τεχνικές ελέγχου(ψηφιακά συστήματα). Διάφορα διακοπτικά στοιχεία είναι τα εξής :

-IGBT(INTERGRATED BIPOlar TRANSISTOR): κυρίως για οχήματα

-SiC: εφαρμογή στο μέλλον για όλα τα είδη μεταφορικών μέσων

-GTO(GATE TURNOVER): κυρίως για πλοία

Όσον αφορά τα ψηφιακά συστήματα, αυτά δημιουργούν την κυματομορφή που θέλει η μηχανή. Έχουν ως στόχο την αποτελεσματική διαμόρφωση τροφοδοσίας του κινητήρα και τη διαχείριση πως και πόσο γρήγορα θα γίνονται οι μεταβολές(διανυσματικός έλεγχος ροής και ροπής). Χρησιμοποιείται συχνά και έλεγχος υστέρησης, κατά τον οποίο επαναφέρεται το ρεύμα σε αποδεκτές τιμές, όταν αυτό αποκλίνει από την μέγιστη και ελάχιστη επιτρεπτή τιμή του. Η διαχείριση διακοπτικής συχνότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση της μεθόδου διαμόρφωσης εύρους παλμών PWM (PULSE WIDTH MODULATION).

4.1.6 Απαραίτητα στοιχεία για τη μελέτη της μετασκευής του πλοίου

Τα απαιτούμενα δεδομένα για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισολογισμού μας είναι τα εξής:

1)Χαρακτηριστικά του σκάφους:

-Αριθμό κύριων κινητήρων για την πρόωση και την ονομαστική τους απόδοση

-Αριθμός λειτουργικών κυρίων κινητήρων για πρόωση

-Κύριος συντελεστής φόρτισης κινητήρα

- Αριθμός ηλεκτρικών γεννητριών και ονομαστική τους απόδοση

-Παράγοντες φόρτισης ηλεκτρικών γεννητριών

-Ηλεκτρική ισορροπία φορτίου στη θάλασσα

-Ηλεκτρικό φορτίο ισορροπίας στο λιμάνι

-Παράγοντας διαφοροποίησης ηλεκτροκινητήρων

-Αριθμός ηλεκτροκινητήρων απόδοσης

-Τάση συνεχούς ρεύματος του συστήματος (V)

2)Χαρακτηριστικά της διαδρομής:

-Απόσταση πλεύσης

-Χρονική διαδρομή

-Χρόνος στο αγκυροβόλιο

-Απαιτούμενο (μέγιστο) αριθμό των μετακινήσεων ανά βάρδια

3)Χαρακτηριστικά της μονάδας μπαταρίας:

-Τάση ονομαστική (V)

-Διαστάσεις (m)

-Χωρητικότητα (Ah)

-Όγκος (m³)

-Βάρος (kg)

-Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης / εκφόρτισης για μέγιστους κύκλους ζωής (A)

4)Γενική μέθοδος υπολογισμού

Η ενεργειακή απαίτηση ανά ταξίδι για τις ανάγκες της πρόωσης δίνεται από τον εξής τύπο :

$$E_{pr} = P_{thr} \times N_{thr} \times L_f \times T_{cr} / 60 \times 1/\eta_{el, motor}$$

E_{pr} :Ενεργειακή απαίτηση για πρόωση

P_{thr} :Ισχύς προωστήρων

N_{thr} :Αριθμός προωστήρων

L_f :Συντελεστής φόρτισης κύριας μηχανής

T_{cr} :Χρόνος ταξιδιού(λεπτά)

$\eta_{el, motor}$:Βαθμός απόδοσης ηλεκτρικής μηχανής

Η ενεργειακή απαίτηση ανά ταξίδι για τις ανάγκες της διαμονής δίνεται από τον εξής τύπο :

$$E_{hot} = (P_{hot, sea} \times D_f \times T_{cr} / 60) + (P_{hot, port} \times D_f \times T_{port} / 60)$$

E_{hot} :Ενεργειακή απαίτηση ανά ταξίδι για τις ανάγκες της διαμονής

$P_{hot, sea}$:Ηλεκτρική ισχύς για τις ανάγκες της διαμονής κατά τη διάρκεια του ταξιδιού

D_f :Συντελεστής ετεροχρονισμού

T_{cr} :Χρόνος ταξιδιού(λεπτά)

$P_{hot, port}$:Ηλεκτρική ισχύς για τις ανάγκες της διαμονής κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι

Η συνολική ενέργεια που απαιτείται για ένα ταξίδι(Etrip) υπολογίζεται:

$$Etrip=2 \times (Epr + Ehot)$$

Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια του πλοίου ανά ημέρα ή βάρδια, σύμφωνα με επιλεγμένο αριθμό ταξιδιών είναι:

$$Etotal/day=Ntrips \times Etrip$$

Etotal/day :Συνολική απαιτούμενη ενέργεια του πλοίου ανά ημέρα

Ntrips :Αριθμός ταξιδιών ανά ημέρα

Η ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς δίνεται από τον ακόλουθο τύπο (Emin,ins):

A)Σύμφωνα με τον απαιτούμενο αριθμό ταξιδιών χωρίς διακοπές φόρτισης:

$$Emin,ins=(Etotal/day / Nx) / DOD \text{ όπου:}$$

DOD(%) : Βαθμός εκφόρτισης

Nx :Αριθμός ταξιδιών χωρίς διαλείμματα φόρτισης

B)Σύμφωνα με τον απαιτούμενο χρόνο που είναι διαθέσιμος κάθε φορά για φόρτιση στο λιμάνι:

$$Emin,ins=Etotal/day / ((Ntrips - 1) \times f + DOD) \text{ όπου:}$$

f :παράμετρος για την εκτίμηση της επίπτωσης του διαφορετικού ρεύματος φόρτισης και του χρόνου που απαιτείται για τη σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο στο φορτίο φόρτισης που μεταφέρεται επί του σκάφους

$$f= (C1/C2) \times (Tport - Tplug)/T100$$

C1 :Ρεύμα φόρτισης

C2 :Ονομαστική τιμή ρεύματος φόρτισης

Tplug :Χρόνος που απαιτείται για τη σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο

T100 :Συνολικός χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση του συσσωρευτή στο ονομαστικό ρεύμα φόρτισης

Ο αριθμός των συσσωρευτών που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά δίνεται από τον ακόλουθο τύπο (Nbt,series):

$$Nbt,series= Vsyst / Vbt$$

Vsyst :Τάση δικτύου/συστήματος

Vbt :Ονομαστική τάση συσσωρευτών

Ο αριθμός των παράλληλων σειρών συσσωρευτών δίνεται από τον ακόλουθο τύπο(Nbt,paral):

$$Nbt,paral= Emin,ins / (Nbt,series \times Vbt \times Ah,bt)$$

Ah,bt :Ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτή

Το σύστημα θα χωριστεί σε δύο ή τέσσερα πακέτα συσσωρευτών για να εξασφαλιστεί η αντοχή στη διάρκεια του ταξιδιού. Για το λόγο αυτό, πρέπει να διορθωθεί ο παραπάνω αριθμός έτσι ώστε να είναι εγκατεστημένος ένας ακέραιος αριθμός μονάδων συσσωρευτών σε κάθε πακέτο.

Ο συνολικός αριθμός συσσωρευτών δίνεται επομένως από τον ακόλουθο τύπο(Nbt,total) :

$$Nbt,total = Npack \times Nbt,paral \times Nbt,series$$

Η συνολική εγκατεστημένη ενέργεια δίνεται από τον ακόλουθο τύπο(Eins):

$$Eins = Nbt,total \times Vbt \times Ah,bt$$

Για να διασφαλιστεί η ασφαλής επιστροφή στο λιμάνι μετά από βλάβη σε μία συστοιχία(πακέτο) συσσωρευτών, η υπολειπόμενη ενέργεια πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή του ταξιδιού(Eremain) :

$$Eremain = (1 - DOD) \times Eins / Npack$$

$$E voyage = Etrip / 2$$

Το συνολικό βάρος(Wtotal), και ο όγκος(Vol,total) του εγκατεστημένου συστήματος συσσωρευτών είναι:

$$Wtotal = Nbt,total \times Wbt$$

$$Vol,total = Nbt,total \times Vol,bt$$

Wbt :Βάρος συσσωρευτή

Vol,bt :Όγκος συσσωρευτή

Οι ημερήσιοι κύκλοι που εξετάζονται για την εκτίμηση του προσδόκιμου ζωής του συστήματος συσσωρευτών είναι:

$$Cycles,daily = (Tcharging \times (Ntrips - 1)) / (DOD \times Tcharg(0-100)) + 1$$

$$Life,exp = Cycles,nominal / Cycles,daily \text{ ,όπου}$$

Cycles,daily :Κύκλοι συσσωρευτών ανά ημέρα

Cycles,nominal :Ονομαστικός αριθμός ή κύκλοι αν το σύστημα λειτουργεί στις ονομαστικές τιμές

Life,exp :Προσδόκιμο ζωής του συστήματος

Tcharg(0-100) :Ο χρόνος που απαιτείται για να επαναφορτιστεί από το 0 στο 100% σε ονομαστική τιμή ρεύματος φόρτισης

Tcharging :Η διαφορά του χρόνου που το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι με τον χρόνο που απαιτείται για να γίνει η σύνδεση και αποσύνδεση του πλοίου με το δίκτυο

4.2 Μετασκευή πλοίου για τη διαδρομή Κολύμπια-Λίνδος

4.2.1 Γενικές πληροφορίες για το πλοίο και τη διαδρομή

Το υπό μελέτη πλοίο ονομάζεται ΜΑΓΓΕΛΑΝΟΣ Ν Ρ 285 και διανύει καθημερινά την απόσταση από το λιμάνι των Κολυμπίων μέχρι αυτό της Λίνδου με επιστροφή. Το ταξίδι διαρκεί μία ώρα και δεκαπέντε λεπτά (t), ενώ σε αυτό το διάστημα προστίθενται και τρεις στάσεις σε μικρότερα λιμάνια διάρκειας είκοσι λεπτών. Ο χρόνος παραμονής στο λιμάνι της Λίνδου είναι τρεις ώρες και το συνολικό ταξίδι με την επιστροφή του πλοίου στο λιμάνι των Κολυμπίων ανέρχεται περίπου στις οκτώ και μισή ώρες. Το πλοίο χρησιμοποιεί για τις ανάγκες πρόωσης δύο μηχανές FIAT IVECO AIFO ισχύς εκατό εβδομήντα ίππων η κάθε μία. Ακόμα χρησιμοποιείται για τις ανάγκες διαμονής στο πλοίο γεννήτρια LISTER PETER ισχύς δεκαπέντε κιλοβάτ (Pg), θεωρώντας έναν συντελεστή ταυτοχρονισμού ίσος με 0,9.

4.2.2 Υπολογισμός ενέργειας που απαιτείται για το ταξίδι

Για τον υπολογισμό της ενέργειας πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα :

1)Μετατροπή ισχύς των δύο μηχανών FIAT IVECO AIFO από ίππους σε κιλοβάτ.

$$2 \times 170 \text{HP} = 253,538 \text{kW}$$

2)Λειτουργία μηχανών στο 70% της ονομαστικής ισχύς.

$$253,538 \text{kW} \times 0,7 = 177,4766 \text{kW (P)}$$

3)Υπολογισμός ενέργειας ταξιδιού(ενεργειακές ανάγκες πρόωσης) (E)

$$E = P \times t$$

4)Υπολογισμός ολικής ενέργειας ταξιδιού (E_p)

$$E_p = E + P_g \times D_f \times t$$

5)Επαυξημένη ενέργεια(συσσωρευτές δεν πρέπει ποτέ να είναι κάτω από το 20% της φόρτισης τους)

$$E_t = 1,25 \times E_p$$

4.2.3 Υπολογισμός χωρητικότητας συσσωρευτών

Για τον υπολογισμό της χωρητικότητας συσσωρευτών πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα:

1) Το νέο ηλεκτρολογικό σύστημα θα διαθέτει τάση 150V(Επιλογή του κατασκευαστή)(V)

2)Υπολογίζονται τα απαιτούμενα αμπερώρια= $E_t \times V$

4.2.4 Προτεινόμενοι συσσωρευτές

Για τεχνοοικονομικούς λόγους επιλέχθηκαν οι παρακάτω συσσωρευτές:

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	ΤΙΜΗ € (Cσ)	Ah σ	Vσ
1) Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	129,93	40	12,8
2) Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	534,14	130	12

4.2.5 Υπολογισμός κατάλληλων συσσωρευτών

Για τον υπολογισμό κατάλληλων συσσωρευτών πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα:

Με χρήση του προγράμματος excel, έγιναν δοκιμές για τα δύο είδη προτεινόμενων συσσωρευτών:

- 1)Υπολογισμός του αριθμού των πακέτων των συσσωρευτών που πρέπει να τοποθετηθούν σε σειρά ώστε να ικανοποιείται η τάση του συστήματος: $N_{π,σειρά} = V / V_{σ}$
- 2)Υπολογισμός του αριθμού των συσσωρευτών που πρέπει να τοποθετηθούν ανά πακέτο ώστε να ικανοποιείται η χωρητικότητα $N_{σ,π} = Ah / (Ah_{σ} * N_{π,σειρά})$
- 3)Στρογγυλοποίηση του αριθμού των πακέτων ($N_{π,σειρά,τ}$) και των συσσωρευτών ανά πακέτο ($N_{σ,π,τ}$) προς τα πάνω (ακέραιος αριθμός)
- 4)Υπολογισμός συνολικού αριθμού συσσωρευτών $N_{ολ,σ} = N_{σ,π,τ} * N_{π,σειρά,τ}$
- 5)Υπολογισμός χωρητικότητας $Ah_{ολ,σ} = Ah_{σ} * N_{ολ,σ}$
- 6)Ικανοποίηση της συνθήκης $Ah_{ολ,σ} > Ah$
- 7)Υπολογισμός ολικής ενέργειας συσσωρευτών $E_{σ,ολ} = Ah_{ολ,σ} / V$
- 8)Υπολογισμός κόστους συσσωρευτών $C_{ολ,σ} = C_{σ} * N_{ολ,σ}$

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ :

1)Ο χρόνος που το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι της Λίνδου επαρκεί για να επαναφορτίσει τους συσσωρευτές για το ταξίδι της επιστροφής.

2)Το γεγονός ότι φορτίζεται μόλις δύο φορές το πλοίο ανά ημέρα και μόλις για διάστημα πέντε/έξι μηνών προσδίδει μεγάλη διάρκεια ζωής στους συσσωρευτές (λίγοι κύκλοι φόρτισης). Αν προκύψει ανάγκη είναι δυνατόν να φορτιστεί και στα μικρότερα λιμάνια, όπου θα πραγματοποιούνται η μικρής διάρκειας στάσεις.

4.2.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων / οικονομική μελέτη σεναρίων

Για τη μελέτη της μετασκευής του σκάφους έγιναν κάποια σεναρία :

ΣΕΝΑΡΙΟ Α

Το πλοίο φορτίζεται τόσο στα λιμάνια της Λίνδου και των Κολουμπίων επαρκώς, όσο και στα μικρότερα που γίνονται στάσεις για την αναψυχή των πελατών. Γίνεται η παραδοχή πως η κατανάλωση ενέργειας στα συγκεκριμένα λιμάνια ικανοποιείται από τη φόρτιση του πλοίου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος MC excel, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα(για διαφορετικά είδη συσσωρευτών που έχουν χρησιμοποιηθεί) :

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ
ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α**

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΚΕΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΑΝΑ ΠΑΚΕΤΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ kWh	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ €
1)	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	12	5	368,64	7795,8
2)	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	13	2	527,28	13887,64
3)	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	16	1	399,36	8546,24

Σημαντικά στοιχεία ακόμα αποτελούν τα εξής :

-Ημέρες λειτουργίας : 180/ανά έτος

-Η ενέργεια που απαιτείται για το συνολικό ταξίδι : Et= 298,4009375kWh

-Η τάση του νέου ηλεκτρικού συστήματος : V= 150V

-Συνολικό κόστος εκπομπών ρύπων : Cost of pollutant= 12952,87€

-Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάστηκε μόνο η περίπτωση 1 που είναι και η οικονομικότερη.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Α

Το κόστος μετασκευής για τον πρώτο χρόνο επένδυσης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ		
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	7795,8	€
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΚΑΤΑ 70% ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ)	2338,74	€
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	1169,37	€
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(200 €/ kW) x2	50707,6	€
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ(60 €/ kW) x2	15212,28	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	77223,79	€

Ωστόσο δεν είναι αυτό το τελικό κόστος της μετασκευής, διότι προκύπτουν κάποια έσοδα από τις πωλήσεις των υπαρχουσών μηχανών, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α

ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΡΧΟΝΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ		
2Χ170HP(40 €/kW)	10141,52	€
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ LISTER PETER 15kW (35 € / kW)	525	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	10666,52	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ	66557,27	€

Το κόστος συντήρησης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ 2,5 % ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1930,59475	€
ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ 12,6€ /HP	4284	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	2353,40525	€

Παρατηρείται κέρδος όσον αφορά το κόστος συντήρησης εφόσον γίνει μετασκευή σε ηλεκτροκίνητο πλοίο, σε σχέση με προηγουμένως που λειτουργούμε με πετρελαιοκίνηση.

Τέλος, εφαρμόζοντας την μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας(ΚΠΑ/NPV) προκύπτουν τα έξης αποτελέσματα :

Εξετάζονται οι περιπτώσεις της φοροαπαλλαγής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, του συνυπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της χρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Α

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση ΕΕ	30% χρηματοδότηση ΕΕ	50% χρηματοδότηση ΕΕ	70% χρηματοδότηση ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	102.899	146.254	159.565	172.877
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	405.951	449.305	462.617	475.928
Με φορολογική απαλλαγή	110.109	153.463	166.775	180.086
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	413.160	456.515	469.826	483.138

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Παρατηρείται ότι αυτό το σενάριο είναι αρκετά συμφέρον και μάλιστα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση και χωρίς να υπολογίζονται τα κόστη του περιβάλλοντος.

ΣΕΝΑΡΙΟ Β

Το πλοίο φορτίζεται τόσο στα λιμάνια της Λίνδου και των Κολυμπίων επαρκώς, αλλά δε φορτίζεται στα μικρότερα που γίνονται στάσεις για την αναψυχή των πελατών. Η κατανάλωση ενέργειας στα συγκεκριμένα λιμάνια υπολογίζεται στη συνολική ενέργεια. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος MC excel, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα(για διαφορετικά είδη συσσωρευτών που έχουν χρησιμοποιηθεί) :

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ
ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β**

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΚΕΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΑΝΑ ΠΑΚΕΤΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ kWh	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ €
1)	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	12	5	368,64	7795,8
2)	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	13	2	527,28	13887,64
3)	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	16	1	399,36	8546,24

Σημαντικά στοιχεία ακόμα αποτελούν τα εξής :

-Ημέρες λειτουργίας : 180/ανά έτος

-Η ενέργεια που απαιτείται για το συνολικό ταξίδι : Et= 319,4946875 kWh

-Η τάση του νέου ηλεκτρικού συστήματος : V= 150V

-Συνολικό κόστος εκπομπών ρύπων : Cost of pollutant= 13868,50€

-Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάστηκε μόνο η περίπτωση 1 που είναι και η οικονομικότερη.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Β

Το κόστος μετασκευής για τον πρώτο χρόνο επένδυσης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ		
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	7795,8	€
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΚΑΤΑ 70% ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ)	2338,74	€
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	1169,37	€
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(200 €/ kW) x2	50707,6	€
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ(60 €/ kW) x2	15212,28	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	77223,79	€

Ωστόσο δεν είναι αυτό το τελικό κόστος της μετασκευής, διότι προκύπτουν κάποια έσοδα από τις πωλήσεις των υπαρχουσών μηχανών, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β

ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΡΧΟΝΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ		
2Χ170HP(40 €/kW)	10141,52	€
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ LISTER PETER 15kW (35 € / kW)	525	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	10666,52	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ	66557,27	€

Το κόστος συντήρησης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ 2,5 % ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1930,59475	€
ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ 12,6€ /HP	4284	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	2353,40525	€

Παρατηρείται κέρδος όσον αφορά το κόστος συντήρησης εφόσον γίνει μετασκευή σε ηλεκτροκίνητο πλοίο, σε σχέση με προηγούμενως που λειτουργούμε με πετρελαιοκίνηση.

Τέλος, εφαρμόζοντας την μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας(ΚΠΑ/NPV) προκύπτουν τα έξης αποτελέσματα :

Εξετάζονται οι περιπτώσεις της φοροαπαλλαγής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, του συνυπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της χρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ Β

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση ΕΕ	30% χρηματοδότηση ΕΕ	50% χρηματοδότηση ΕΕ	70% χρηματοδότηση ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	112.639	155.994	169.305	182.617
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	437.113	480.467	493.779	507.090
Με φορολογική απαλλαγή	120.358	163.713	177.024	190.336
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	444.832	488.187	501.498	514.809

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Παρατηρείται ότι και αυτό το σενάριο είναι αρκετά συμφέρον και μάλιστα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση και χωρίς να υπολογίζονται τα κόστη του περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα είναι κοντινά με του προηγούμενου σεναρίου

γιατί η ενέργεια που απαιτείται για το ταξίδι προσαυξήθηκε σχετικά ελάχιστα με τις ανάγκες της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια των ενδιάμεσων στάσεων.

4.3 Μετασκευή πλοίου για τη διαδρομή Ρόδος-Σύμη



Εικόνα : rodosreport.gr

4.3.1 Γενικές πληροφορίες για το νησί της Σύμης

Η Σύμη είναι το όγδοο σε μέγεθος ελληνικό νησί του συμπλέγματος των Δωδεκανήσων. Βρίσκεται περί τα 12 μίλια βορειοδυτικά της Ρόδου, προ του ομώνυμου μικρασιατικού κόλπου, ή κόλπου Σεμπεκί κατά τους Τούρκους, με συνολική έκταση 57,865 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Απέχει 255 μίλια από τον Πειραιά, περίπου 27 μίλια ανατολικά από τη Νίσυρο και 3,7 μίλια από την εγγύτερη ακτή της Τουρκίας.

Το φυσικό της λιμάνι είναι ο Γιαλός, (εκ του Αιγιαλός), πέριξ του οποίου είναι κτισμένη η πόλη αμφιθεατρικά. Κατά την απογραφή του 2001 αριθμούσε 2.606 κατοίκους, εκ των οποίων οι 2.427 είναι συγκεντρωμένοι στο άνω τμήμα της πόλης, το λεγόμενο Χωριό, που είναι κτισμένο επί της πλαγιάς του όρους Βίγλα. Υπάρχουν και τα θέρετρα Νημπορ(ε)ιός (εκ του Εμπορείό), βορειότερα, και το Πέδι, ανατολικά. Περίπου το 5% των μονίμων κατοίκων είναι αλλοδαποί Ευρωπαίοι πολίτες, κυρίως Άγγλοι. Ο Γιαλός συνδέεται οδικά με το Χωριό, το Πέδι, τον Νημπορ(ε)ιό, την Μαραθούντα και την Ιερά Μονή Αρχαγγέλου Μιχαήλ του Πανορμίτη που βρίσκεται στο νοτιότερο δυτικό άκρο της νήσου. Η Σύμη είναι τουριστικός προορισμός παγκοσμίου βεληνεκούς λόγω της αρχιτεκτονικής της. Από το 2009 λειτουργεί στο νησί εργοστάσιο αφαλάτωσης.

Αρχαιολογικός χώρος κηρύχθηκε ολόκληρο το νησί της Σύμης. Ολόκληρη η Σύμη αλλά και τα νησάκια που βρίσκονται γύρω από αυτήν κηρύχθηκαν αρχαιολογικοί χώροι από το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο, αφού περιλαμβάνουν 159 θέσεις -χώρους και μνημεία- που καταγράφουν την ιστορία της περιοχής από την προϊστορική εποχή ως τα νεότερα χρόνια.

4.3.2 Δρομολόγια από Ρόδο προς Σύμη

Το δρομολόγιο Ρόδος – Σύμη, που συνδέει τα δύο αυτά νησιά των Δωδεκάνησων, πραγματοποιείται αυτή τη στιγμή από 3 ακτοπλοϊκές εταιρείες. Στην Blue Star Ferries λειτουργούν τη διέλευση 3 φορές ανά εβδομάδα με μέσο όρο διάρκειας ταξιδιού 1 ώρα, στη Dodekanisos Seaways 13 φορές ανά εβδομάδα με μέσο όρο διάρκειας ταξιδιού κάτι λιγότερο από 1 ώρα και η Anes Ferries υπηρεσία είναι διαθέσιμη μέχρι 17 φορές ανά εβδομάδα με μέσο όρο διάρκειας ταξιδιού κάτι περισσότερο από 1 ώρα. Οπότε αυτός είναι ένας συνδυασμός 33 διελεύσεων σε προσφορά ανά εβδομάδα. Έπειτα από εξέταση των δρομολογίων των πλοίων αυτών των ακτοπλοϊκών εταιρειών, επιλέχθηκε πως το καταλληλότερο πλοίο για μετασκευή που εκτελεί αυτή τη διαδρομή είναι το πλοίο Παναγία Σκιαδενή της εταιρείας Dodekanisos Seaways, διότι πραγματοποιεί απευθείας δρομολόγια και το ταξίδι διαρκεί 1,5 ώρα καθώς επίσης παραμένει στο λιμάνι περίπου 5 ώρες πριν αναχωρήσει για Ρόδο(όπου μπορεί να επαναφορτιστεί).

4.3.3 Χαρακτηριστικά πλοίου

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ 'ΠΑΝΑΓΙΑ ΣΚΙΑΔΕΝΗ'

Όνομα	ΠΑΝΑΓΙΑ ΣΚΙΑΔΕΝΗ
Λιμάνι Νηολόγησης	Ρόδος
Τύπος Πλοίου	Επιβατηγό Οχηματαγωγό
Υλικό Κατασκευής Σκάφους	Χάλυβας
Αριθμός και Τύπος προωστικών μηχανών	2 DAIHATSU x 3000 HP
Ιπποδύναμη	2 x 3000 HP
Ολική Χωρητικότητα	3234 GT
Καθαρή Χωρητικότητα	970 NT
Ολικό μήκος	83,7 m
Μήκος Καταμέτρησης	75 m
Πλάτος Καταμέτρησης	13,52 m
Βάθος Καταμέτρησης	5,3 m
Μέγιστη Ταχύτητα	17 κόμβοι
Υπηρεσιακή Ταχύτητα	16 κόμβοι
Χωρητικότητα Επιβατών το Καλοκαίρι	700 θέσεις
Χωρητικότητα Επιβατών το Χειμώνα	590 θέσεις
Κατάστρωμα Αυτοκινήτων	115 οχήματα
Κλάση	CAR FERRY C PASSENGER RINA

4.3.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το πλοίο φορτίζεται στα λιμάνια της Ρόδου και της Σύμης επαρκώς. Γίνεται η παραδοχή πως η κατανάλωση ενέργειας στα συγκεκριμένα λιμάνια ικανοποιείται από τη φόρτιση του πλοίου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του

προγράμματος MC excel, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα(για διαφορετικά είδη συσσωρευτών που έχουν χρησιμοποιηθεί) :

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΚΕΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΑΝΑ ΠΑΚΕΤΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ kWh	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ €
1)	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	12	84	6048	130969,44
2)	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	13	25	6337,5	173595,5
3)	Valence 12V 40Ah Battery (U1-12RT)	13	24	6327,36	166651,68

Σημαντικά στοιχεία ακόμα αποτελούν τα εξής :

-Ημέρες λειτουργίας : 360/ανά έτος

-Η ενέργεια που απαιτείται για το συνολικό ταξίδι : Et= 5897,7kWh

-Η τάση του νέου ηλεκτρικού συστήματος : V= 150V

-Συνολικό κόστος εκπομπών ρύπων : Cost of pollutant= 512009,91€

-Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάστηκε μόνο η περίπτωση 1 που είναι και η οικονομικότερη.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΔΟΣ-ΣΥΜΗ

Το κόστος μετασκευής για τον πρώτο χρόνο επένδυσης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΗ

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ		
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	130969,44	€
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΚΑΤΑ 70% ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ)	39290,832	€
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	19645,416	€
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ(200 €/ kW) x2	1789680	€
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ(60 €/ kW) x2	536904	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	2516489,688	€

Ωστόσο δεν είναι αυτό το τελικό κόστος της μετασκευής, διότι προκύπτουν κάποια έσοδα από τις πωλήσεις των υπαρχουσών μηχανών, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ

ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ		
2Χ3000HP(40 €/kW)	357936	€
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ LISTER PETER 15kW (35 € / kW)	525	€
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	358461	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ	2158028,688	€

Το κόστος συντήρησης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα :

ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ		
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ 2,5 % ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	62912,2422	€
ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ 12,6€ /HP	151200	€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	88287,7578	€

Παρατηρείται κέρδος όσον αφορά το κόστος συντήρησης εφόσον γίνει μετασκευή σε ηλεκτροκίνητο πλοίο, σε σχέση με προηγουμένως που λειτουργούμε με πετρελαιοκίνηση.

Τέλος, εφαρμόζοντας την μέθοδο της Καθαράς Παρούσας Αξίας(ΚΠΑ/NPV) προκύπτουν τα έξης αποτελέσματα :

Εξετάζονται οι περιπτώσεις της φοροαπαλλαγής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, του συνυπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της χρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΗΣ

Περιπτώσεις	Χωρίς χρηματοδότηση η ΕΕ	30% χρηματοδότηση η ΕΕ	50% χρηματοδότηση η ΕΕ	70% χρηματοδότηση η ΕΕ
Χωρίς φορολογική απαλλαγή	4.961.054	5.726.335	6.236.523	6.746.710
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	16.940.271	17.705.552	18.215.740	18.725.927
Με φορολογική απαλλαγή	5.246.038	6.011.319	6.521.506	7.031.694
Συνυπολογισμός περιβάλλοντος	17.225.255	17.990.536	18.500.723	19.010.911

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Παρατηρείται ότι είναι αρκετά συμφέρον να γίνει η μετασκευή του πλοίου Παναγιά Σκιαδενή και μάλιστα χωρίς να είναι απαραίτητη η χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση και χωρίς να υπολογίζονται τα κόστη του περιβάλλοντος.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Προτεινόμενες μελέτες για το μέλλον

5.1 Συμπεράσματα

Τη σημερινή εποχή, η κοινωνική ευαισθησία για το περιβάλλον αυξάνεται συνεχώς. Τόσο οι ίδιοι οι πολίτες, όσο και διεθνείς οργανισμοί προσπαθούν να λαμβάνουν δράση και μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος. Στη ναυτιλία λαμβάνονται αυστηρά μέτρα για τους περιορισμούς των ρύπων από διεθνείς οργανισμούς όπως ο ΙΜΟ(International Maritime Organization) και τις τοπικές αρχές του λιμανιού που προσδένει το πλοίο, όπως και τη σημαία του κράτους που φέρει. Όλα τα παραπάνω έχουν επιφέρει ραγδαίες εξελίξεις στην ανάπτυξη της τεχνολογίας για την προστασία του περιβάλλοντος, τόσο σε δημιουργία νέων τεχνολογικών συστημάτων, όσο και υποδομών. Βέβαια τέτοιου είδους τεχνολογικές καινοτομίες κοστίζουν ακριβά, οπότε πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά οι πιο αποτελεσματικές και οικονομικές από αυτές. Στις μελέτες που γίνονται πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο το πόσο εφικτή να εφαρμοστεί είναι μια τέτοια τεχνολογία τεχνικά, όσο και τα κόστη εγκατάστασης, εργατικά κόστη, λειτουργικά κόστη, επιτόκια αποπληρωμής δανείου, πληθωρισμός κ.τ.λ..

Ακόμη πρέπει σε τέτοιες μελέτες να υπολογίζονται τα "εξωτερικά" κόστη που προκύπτουν από τις εκπομπές ρύπων. Μεγάλες ποσότητες ρύπων εκπέμπονται στα λιμάνια από όλων των ειδών τα πλοία που προσδένονται σε αυτά, με αποτέλεσμα να προκαλούν σημαντικά προβλήματα υγείας, τόσο στους εργαζόμενους σε αυτούς τους χώρους, όσο και στους διερχόμενους και ταξιδιώτες.

Σημαντικό ρόλο έχουν τη δυνατότητα να διαδραματίσουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(ΑΠΕ). Η καθαρά μορφή ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκά, ή αιολικά πάρκα περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις εκπομπές ρύπων και σχεδόν τους μηδενίζει αν η ενέργεια παράγεται μόνο από αυτά.

Δύο σημαντικές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στον τομέα της ναυτιλίας και συνδυάζουν όλα τα παραπάνω αποτελούν τόσο η εφαρμογή της τεχνολογίας "Cold Ironing" σε διάφορα λιμάνια ανά τον κόσμο, όσο και οι μετασκευές σκαφών-πλοίων για σύντομες διαδρομές από πετρελαιοκίνητα σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συσσωρευτών.

5.1.1 Συμπεράσματα για την παράκτια ηλεκτρική σύνδεση κρουαζιερόπλοιων και επιβατηγών πλοίων στη Ρόδο

Η εφαρμογή της τεχνολογίας "Cold Ironing" στο λιμάνι της Ρόδου συγκεντρώνει αρκετά θετικά στοιχεία, αλλά υπάρχουν και κάποιοι παράγοντες που καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή της. Στην περίπτωση της Ρόδου εξετάστηκαν διάφορα σενάρια για την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Οι πιο σημαντικές παρατηρήσεις είναι ότι αυτή την περίοδο δεν είναι συμφέρον να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη τεχνολογία στο λιμάνι της Ρόδου, αν δεν έχουν οι πλοιοκτήτες φορολογική απαλλαγή στην αγορά του ηλεκτρικού ρεύματος, ακόμα και αν η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδοτήσει το 70% του αρχικού κόστους επένδυσης. Επιπλέον

είναι πολύ σημαντικό η πλειονότητα των πλοίων που προσδένουν στο λιμάνι να διαθέτουν το κατάλληλο τεχνολογικό σύστημα ώστε να παραλαμβάνουν το ηλεκτρικό ρεύμα που τους δίνεται από τους παράκτιους υποσταθμούς ρεύματος. Οι επιδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση επηρεάζουν σημαντικά το κόστος. Ωστόσο, από μόνες τους δεν είναι αρκετές ώστε να υλοποιηθεί η τεχνολογία "Cold Ironing" στο λιμάνι της Ρόδου. Για να μπορεί να εφαρμοστεί θα πρέπει να συνδυαστούν οι επιδοτήσεις τις Ευρωπαϊκής Ένωσης με ταυτόχρονη φοροαπαλλαγή αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Σε αυτή την περίπτωση η καθαρά παρούσα αξία της συγκεκριμένης επένδυσης είναι θετική σε όλες τις περιπτώσεις, κάτι που σημαίνει ότι η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα. Στην περίπτωση της φοροαπαλλαγής για αγορά ηλεκτρικού ρεύματος παρατηρείται ακόμα το φαινόμενο, πως αν τουλάχιστον τα μισά πλοία που προσδένουν στο λιμάνι διαθέτουν το κατάλληλο εξοπλισμό ώστε να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη τεχνολογία, τότε η καθαρά παρούσα αξία της επένδυσης είναι θετική και χωρίς επιδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση θα είναι συμφέρουσα. Αν σε αυτούς τους υπολογισμούς συνυπολογιστούν και τα εξωτερικά κόστη από τους ρύπους, τότε παρατηρείται ότι το ποσό της καθαράς παρούσας αξίας αυξάνει σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό, κάτι που κάνει την επένδυση οικονομικά συμφέρουσα ανεξάρτητα από τον αριθμό των πλοίων που διαθέτουν άμεσα τον κατάλληλο εξοπλισμό, την φοροαπαλλαγή για την αγορά ρεύματος και το ποσό επιδότησης από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Παρόλα αυτά παρατηρούνται και κάποια προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η Ρόδος δεν διαθέτει καλό σύστημα ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται συνεχείς διακοπές ρεύματος ακόμα και τις περιόδους που το νησί δεν είναι γεμάτο από τουρίστες. Το συγκεκριμένο φαινόμενο επιδεινώνεται τους εαρινούς μήνες που αυξάνεται ραγδαία ο πληθυσμός του νησιού (σχεδόν διπλασιάζεται) και οι ενεργειακές ανάγκες είναι πολύ μεγαλύτερες. Τέλος, το νησί της Ρόδου έχει ενταχθεί από το 1988 στα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της ΟΥΝΕΣΚΟ. Η αρχαιολογία στο νησί είναι πολύ ευαίσθητη όσον αφορά την υλοποίηση έργων που μπορεί να αλλοιώσουν την πολιτιστική κληρονομιά του νησιού. Για αυτό το λόγο, δεν είναι εφικτό να εγκριθεί η δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου κοντά στο λιμάνι ή να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά στις οροφές των κτηρίων στα λιμάνια.

5.1.2 Συμπεράσματα για τη μετασκευή σκαφών σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών

Η μετασκευή σκαφών σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών παρέχει πολλά πλεονεκτήματα τόσο στον ίδιο τον πλοιοκτήτη, όσο και στο περιβάλλον. Ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί μειωμένη συντήρηση, λιγότερους θορύβους και δονήσεις και φυσικά μηδενικούς ρύπους. Τέτοιου είδους πλοία είναι ιδανικά για σύντομες κοντινές διαδρομές.

Προηγουμένως, η μελέτη μετασκευής των πλοίων για τις διαδρομές Σύμης και Λίνδου αποδείχθηκε οικονομικά συμφέρουσα ανεξάρτητα από επιδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αν μάλιστα συνυπολογιστούν και τα εξωτερικά οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την προστασία του περιβάλλοντος τότε πρόκειται για μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση. Μάλιστα, σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν είναι συμφέρουσα η επένδυση σε άλλες περισσότερο και σε άλλες λιγότερο.

Απαιτούνται όμως κάποιες προϋποθέσεις ώστε να είναι συμφέρον η επένδυση. Αρχικά, πρέπει η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που θα αποθηκεύεται στους συσσωρευτές του πλοίου να έχει φοροαπαλλαγή ή έστω μειωμένη τιμή. Επιπλέον, πρέπει να δημιουργηθούν οι

κατάλληλες υποδομές ώστε να είναι εφικτή η φόρτιση των συσσωρευτών στα λιμάνια. Επιπρόσθετα, πρέπει να γίνει κατάλληλη επιλογή των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθούν όπως των υπόλοιπων ηλεκτρικών συστημάτων. Τέλος, η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδοτεί επενδύσεις που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος και καθαρές μορφές ενέργειας. Δεν είναι απαραίτητη η επιδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά σίγουρα με αυτό τον τρόπο γίνεται η επένδυση πιο ελκυστική για τον πλοιοκτήτη.

5.2 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για το μέλλον

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνουν προτάσεις για διάφορες λύσεις και μελέτες που αν πραγματοποιηθούν, οι τεχνολογίες "Cold Ironing" και μετασκευής πλοίων θα είναι πιο εφικτές και οικονομικά συμφέρουσες ώστε να υλοποιηθούν.

5.2.1 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για την παράκτια ηλεκτρική σύνδεση κρουαζιερόπλοίων και επιβατηγών πλοίων στη Ρόδο

Όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα προηγουμένως είναι αρκετά δύσκολη η εφαρμογή της τεχνολογίας "Cold Ironing" στο λιμάνι της Ρόδου. Διάφοροι παράγοντες δυσχεραίνουν την υλοποίηση μια τέτοιας επένδυσης και για αυτό το λόγο θα πρέπει να παρθούν σημαντικές αποφάσεις, να πραγματοποιηθούν μελέτες και να βρεθούν άμεσες λύσεις.

Αρχικά, θα πρέπει όλα τα πλοία να αποκτήσουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την εφαρμογή της τεχνολογίας "Cold Ironing". Μια τέτοια κίνηση πρόκειται να είναι αρκετά οικονομικά συμφέρουσα για τους πλοιοκτήτες, γιατί πλέον τα περισσότερα και μεγαλύτερα λιμάνια διαθέτουν εγκαταστάσεις "Cold Ironing" και όσα δεν διαθέτουν, πρόκειται άμεσα να αποκτήσουν. Ιδίως, όταν πρόκειται για κρουαζιερόπλοια και μεγάλα επιβατηγά που επισκέπτονται διαρκώς διάφορα μεγάλα λιμάνια είναι αρκετά συμφέρον. Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Ένωση στην προσπάθειά της να ανεξαρτητοποιηθεί από τις εισαγωγές καυσίμων από άλλες χώρες και όσον αφορά την ευαισθησία της ως προς το περιβάλλον οφείλει να χρηματοδοτήσει κάποιο μέρος του αρχικού κεφαλαίου σε τέτοια έργα παρέχοντας παράλληλα το ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση κάποιου φωτοβολταϊκού ή αιολικού πάρκου. Σε αυτή την περίπτωση, για την υπόθεση της Ρόδου θα πρέπει να γίνουν συζητήσεις με την αρμόδια αρχή της αρχαιολογίας και να βρεθεί κάποια λύση. Αν δεν μπορεί να δημιουργηθεί κάποιο ενεργειακό πάρκο κοντά στο λιμάνι της Ρόδου, τότε ίσως στις οροφές των κτηρίων να είναι εφικτό να τοποθετηθούν κάποια φωτοβολταϊκά τα οποία να μην επηρεάζουν την πολιτιστική κληρονομιά του νησιού. Επιπλέον, αποτελεί αδήριτη ανάγκη η άμεση ενσωμάτωση του συστήματος ηλεκτρικού δικτύου με αυτό της Κεντρικής Ελλάδας και ίσως ο επανασχεδιασμός του στο νησί. Οι συχνές διακοπές ρεύματος ακόμα και σε περιόδους που δεν είναι αυξημένη η ζήτηση του ηλεκτρικού ρεύματος και οι υψηλές απαιτήσεις ενέργειας το καλοκαίρι απαιτεί καλύτερη διαμόρφωση του ηλεκτρικού δικτύου και περισσότερους πάροχους ηλεκτρικής ενέργειας για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες χωρίς προβλήματα. Τέλος, μια τέτοια φιλική προς το περιβάλλον εγκατάσταση θα πρέπει να είναι συνυφασμένη με φοροαπαλλαγή στην αγορά ηλεκτρικού ρεύματος, κάτι που πρέπει να θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Αν δεν μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα, τουλάχιστον η παροχή ρεύματος να συνδυάζεται με κάποια έκπτωση ή έστω μειωμένη φορολογία.

5.2.2 Προτεινόμενες μελέτες/λύσεις για τη μετασκευή σκαφών σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών

Η μετασκευή των πλοίων σε ηλεκτροκίνητα με χρήση συστήματος συσσωρευτών είναι ήδη μια συμφέρουσα επένδυση ανεξάρτητα από επιδοτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τον συνυπολογισμό του εξωτερικού κόστους από το περιβαλλοντικό όφελος. Ωστόσο, καλό θα ήταν να εκπονηθούν μελέτες που να βελτιώσουν ακόμα περισσότερο του παράγοντες που επηρεάζουν την επένδυση. Τέτοιου είδους μελέτες σχετίζονται με τη βελτίωση του ηλεκτρικού συστήματος. Οι συσσωρευτές πρέπει να διαθέτουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και οικονομικότερη τιμή. Ακόμη και τα ηλεκτρονικά ισχύος και οι ηλεκτροκινητήρες θα πρέπει να διαθέτουν οικονομικά προσιτές τιμές. Τέλος, θα πρέπει να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές στα λιμάνια ώστε να παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια στα πλοία. Το ιδανικό θα ήταν η παραγωγή αυτής της ενέργειας να συνδυαστεί με τη δημιουργία κάποιου φωτοβολταϊκού ή αιολικού πάρκου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of Aberdeen.

Alexander Innes / Jason Monios

2) Electrical characteristics of cold ironing energy supply for berthed ships.

Edward A. Sciberras Bashar Zahawi David J. Atkinson

3) Air pollution from ships in ports: The socio-economic benefit of cold-ironing technology.

F. Ballini, R. Bozzo

4) Emissions from ships in ports

Linda Styhre, Hulda Winnes

5) International Transport Forum, Shipping Emissions in Ports

<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/dp201420.pdf>

6) Ships in a city harbour: An economic valuation of atmospheric emissions

David Philip McArthur

7) Atmospheric impact of ship traffic in four Adriatic-Ionian port-cities: Comparison and harmonization of different approaches

E. MericoabA. GambarobcA. ArgirioudA. Alebic-

JureticE. BarbarobcD. CesariaL. ChasapidisfS. DimopoulosdA. DinoiaA. DonateoaC. GiannarosiE.

GregorisbcA. KaragiannidisdA. G. KonstandopoulosfgT. IvoševićN. LioraidD. MelasiB. Mifkae...D.

Continia

8) Alternative Maritime Power application as a green port strategy: Barriers in China

Author links open overlay

panelJihongChenacTianxiaoZhengaAkhilGargbLangXuaSifanLiaYijieFeia

9) Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port

MilušeTichavskaBeatrizTovar

10) Prospects of cold ironing as an emissions reduction option

Author links open overlay panelThalis P.V.Zis

11) Estimating GHG emissions of marine ports—the case of Barcelona

Author links open overlay panel GaraVillalbaEskinder DemisseGemechu

12) Towards a global multi-regional environmentally extended input–output database

ArnoldTukkeraEvgueniPoliakovaReinoutHeijungsbTroyHawkinscFrederikNeuwahldJosé
M.Rueda-CantuchedStefanGiljumeStephanMollfJanOosterhavengMaaikeBouwmeesterg

ΙΣΤΙΟΣΕΛΙΔΕΣ/ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

https://en.wikipedia.org/wiki/Cold_ironing

<https://www.iso.org/standard/53588.html>

<http://wpci.iaphworldports.org/onshore-power-supply/implementation/ops-calculation-tool.html>

http://wpci.iaphworldports.org/data/docs/onshore-power-supply/library/1264083057_2006eucommissionrecommendationshoresideelectricity.pdf

<https://www.elime.gr/rodos>

<https://www.ellines.com/destination/12023-to-nisi-ton-ippoton/>

oikonomologos.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΣΤΗ ΡΟΔΟ

ΜΑΡΤΙΟΣ

ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
CLIO	MALTA	0700-2359	PAPHOS	SYMI	57	82
GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LEMESOS	HAIFA	320	805
GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1830	HAIFA	AG.NIKOLAOS	321	947

ΑΠΡΙΛΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
4/4/2018	MAJESTY	MALTA	0700-1800	PATMOS	HERAKLIO	541	1499
7/4/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800	VALLETA	CHANIA	877	2059
11/4/2018	MAJESTY	MALTA	0700-1800	PATMOS	HERAKLIO	564	1028
18/4/2018	MAJESTY	MALTA	0700-1800	PATMOS	HERAKLIO	584	1367
21/4/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0800-1800	HERAKLIO	MARMARIS	149	300
22/4/2018	EUROPA		1900-D-1800	PAPHOS	AG.NIKOLAOS	279	341
23/4/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1830	HAIFA	AG.NIKOLAOS	319	820
25/4/2018	MAJESTY	MALTA	1800-1800	PATMOS	HERAKLIO	341	831
26/4/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0800-1800	HERAKLIO	MARMARIS	155	299
30/4/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800	PIREUS	SOUDA	849	1962
30/4/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1600	HAIFA	SANTORINI	323	843
30/4/2018	NORWEGIAN SPIRIT	BAHAMAS	0800-1700	PIREAS	SANTORINI	891	2033
30/4/2018	LE LYRIAL		1430-2100	ALEX	PATMOS	142	218

ΜΑΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
2/5/2018	SILVER WISPER	BAHAMAS	0700-2300	ACABA	SANTORINI	294	230
2/5/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	524	1358
2/5/2018	CELEBR.REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1253	3066
5/5/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0700-2200	NISYRO	MARMARIS	152	347
6/5/2018	SILVER WIND	BAHAMAS	0700-1800	SANTORINI	KUSADASI	227	270
7/5/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1830	HAIFA	AG.NIKOLAOS	322	650
9/5/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	571	1053
11/5/2018	SILVER WIND	BAHAMAS	0700-2100	SANTORINI	KUSADASI	228	276
14/5/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1600	HAIFA	SANTORINI	331	634
16/5/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	573	1332
16/5/2018	OOSTERDAM	HOLAND	0700-1800	SANTORINI	HERAKLIO	785	1977
16/5/2018	AZAMARA JOURNEY	MALTA	0830-2100	KUSADASI	SANTORINI	398	682
20/5/2018	SILVER WIND	BAHAMAS	0700-1900	HERAKLIO	KUSADASI	227	293
20/5/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LARNAKA	HAIFA	331	838
20/5/2018	NAUTICA	MARSHALL ISL	0900-2000	LEMESOS	KUSADASI	397	625
20/5/2018	COSTA NEO RIVIERA	ITALIAS	0800-2000	MYKONOS	SANTORINI	538	1163
21/5/2018	NORWEGIAN SPIRIT		0800-1700	PIREAS	SANTORINI	898	2064
21/5/2018	MARELLA DISCOVERY2	BAHAMAS	0700-2200	SANTORINI	BODRUM	744	1836
22/5/2018	OCEANA	BERMUDA	0800-1800	HERAKLIO	VALLETA	847	1953
23/5/2018	CELEBR.REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1245	3115
23/5/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	MYKONOS	569	1354
24/5/2018	JEWEL OF THE SEAS	BAHAMAS	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	874	2235
28/5/2018	SS VOYAGER		0900-1900	LEMESOS	TAORMINA	448	689
28/5/2018	GOLDEN IRIS	MALTA	1800-2359	HAIFA	AG.NIKOLAOS	329	659
30/5/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	566	1430

ΙΟΥΝΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
3/6/2018	EUROPA 2	MALTA	1700-1700	PAFOS	SANTORINI	370	495
3/6/2018	JEWEL OF THESEAS	BAHAMAS	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	862	2381
4/6/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1700	HAIFA	IOS	333	680
6/6/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	567	1347
6/6/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	323	679
11/6/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800	SANTORINI	SOUDA	850	2016
11/6/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1900	HAIFA	KALYMNOS	330	808
11/6/2018	NORWEGIAN SPIRIT	BAHAMAS	0800-1700	PIREAS	SANTORINI	888	2176
12/6/2018	JEWEL OF THESEAS	BAHAMAS	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	863	2457
13/6/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	562	1429
13/6/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1245	3165
16/6/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-D-1300	LEMESOS	LEMESOD	225	409
17/6/2018	SILVER MUSE	BAHAMAS	0700-1800	PATMOS	MYKONOS	404	590
18/6/2018	MARELLA DISCOVERY 2	BAHAMAS	0700-2200	SANTORINI	BODRUM	754	1815
19/6/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LARNAKA	HAIFA	330	819
19/6/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1600	SANTORINI	PIREAS	331	641
20/6/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	552	1490
20/6/2018	SILVER WHISPER	BAHAMAS	1700-D-2300	SYMI	PATMO	289	392
22/6/2018	MED QWEEN	BAHAMAS	0800-2359	PAROS	BEIRUT	150	156
23/6/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1600	SANTORINI	CESME	332	546
25/6/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1700	HAIFA	SAMOS	332	769
26/6/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1700	KUSADASI	VALLETTA	857	2020
26/6/2018	MED QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	144	134
26/6/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1600	SANTORINI	PIREAS	333	588
27/6/2018	SILVER WISPER	BAHAMAS	1200-2300			289	396
27/6/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	550	1493
28/6/2018	SEABOURN ODYSSEY	BAHAMAS	0700-2300	SANTORINI	KOS	355	440
30/6/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-1700	LEMESOS	SKITHOS	278	606

ΙΟΥΛΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
2/7/2018	GOLDEN IRIS	MALTA	1830-1700	HAIFA	IKARIA	333	734
3/7/2018	OOSTERDAM	HOLLAND	0700-1800	SANTORINI	HERAKLION	780	2166
3/7/2018	ORIENT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	132	186
3/7/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	328	662
4/7/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLION	559	1475
4/7/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1256	3418
7/7/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	328	798
10/7/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LARNACA	HAIFA	326	994
10/7/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1700	KUSADASI	VALLETTA	861	2094
10/7/2018	RIVIERA	marshal isl.	0800-1800	SANTORINI	MYKONOS	770	1282
10/7/2018	ORIENT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	143	219
11/7/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLION	560	1514
16/7/2018	GOLDEN IRIS	HAIFA	1830-D-1700	HAIFA	PATMOS	332	927
16/7/2018	MARELLA DISCOVERY 2		0800-2200	SANTORINI	BODRUM	745	1881
17/7/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	334	907
18/7/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLION	564	1515
21/7/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	332	895
23/7/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800			899	2132
23/7/2018	NORWEGIAN SPIRIT		0900-1700	PIREAS	SANTORINI	861	2296
24/7/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1400-0100	LARNACA	HAIFA	328	1025
24/7/2018	RIVIERA	marshal isl.	0800-1800	MYKONOS	SANTORINI	766	1284
25/7/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1256	3442
25/7/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLION	563	1472
26/7/2018	SEABOURN ODYSSEY	BAHAMAS	0700-2300	SANTORINI	KOS	348	452
30/7/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1830	HAIFA	AG.NIKOLAO	332	1031
31/7/2018	ORIENT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	147	164
31/7/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	344	903

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

1/8/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	558	1437
1/8/2018	VISION OF THESEAS	BAHAMAS	0900-1900	PIREUS	SANTORINI	779	2371
4/8/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	335	898
6/8/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800			875	2111
7/8/2018	ORIENT QUEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	144	195
7/8/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	PIREAS	335	926
8/8/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	558	1498
10/8/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1130-1630	XANIA	LEMESOS	228	518
12/8/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-1700	LEMESO	KALAMATA	228	656
13/8/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1830	HAIFA	AG.NIKOLAO	329	1040
14/8/2018	ORIENT QUEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	138	223
14/8/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	338	911
14/8/2018	MY SERENITY	HELLAS	0800-1600	SYMI	MYKONOS	30	
15/8/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	561	1557
17/8/2018	SIRENA	MARSHAL	0700-1800	SANTORINI	MYKONOS	400	680
18/8/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	335	898
20/8/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800			785	2090
20/8/2018	OOSTERDAM	HOLLAND	0700-1800	SANTORINI	HERAKLIO	863	2158
20/8/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1900	HAIFA	HERAKLIO	334	1042
21/8/2018	SIRENA	MARSHAL	0800-1600	SANTORINI	MYKONOS	399	642
21/8/2018	MED QUEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	137	269
22/8/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	558	1510
22/8/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-1900	LEMESO	SYRO	227	689
23/8/2018	SEABOURN ODYSSEY	BAHAMAS	0700-2300	SANTORINI	KOS	349	464
24/8/2018	WIND STAR	BAHAMAS	0700-1700	PATMOS	AG.NIKOLAO	100	146
27/8/2018	STAR FLYER	MALTA	1200-2300	PIREUS	BODRUM	76	162
27/8/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1800-2359	HAIFA	AG.NIKOLAO	321	1004
27/8/2018	MARELLADISCOVERY 2	BAHAMAS	0800-2200	SANTORINI	BODRUM	756	1905
27/8/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	0900-1400	LEMESO	ZAKYNTHO	227	582
28/8/2018	OPINT QUEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS		242
28/8/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	335	819
29/8/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	557	1454

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
1/9/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	334	890
3/9/2018	WIND STAR	BAHAMAS	0700-2300			99	142
3/9/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1800	KUSADASI	VALLETTA	848	2013
3/9/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1700	HAIFA	SAMOS	331	784
3/9/2018	NORWEGIAN SPIRIT	BAHAMAS	0900-1700	ALANYA	MYKONOS	905	2035
4/9/2018	ORIENT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	137	258
5/9/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1235	3108
5/9/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	559	1422
8/9/2018	LA BELLE DE L' ADRIATIQUE	BELGIUM	0700-D-1300	PATMOS	PAROS	49	157
8/9/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-D-0500	LEMESO	SYMH	223	540
11/9/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LARNACA	HAIFA	335	892
11/9/2018	ORINT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	137	183
11/9/2018	GEMINI	BAHAMAS	1000-2000	MYKONOS	SANTORINI	331	578
12/9/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	563	1355
13/9/2018	JEWEL OF THE SEAS	BAHAMAS	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	862	2288
18/9/2018	OCEANA	BERMUDA	0700-1700	KUSADASI	VALLETTA	854	2000
18/9/2018	VISION OF THESEAS	BAHAMAS	0900-1900	PIREUS	SANTORINI	788	2145
18/9/2018	ORINT QWEEN		1030-1800	ALANYA	MYKONOS	137	148
19/9/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	562	1351
20/9/2018	SEABOURN ODYSSEY	BAHAMAS	0700-2300	SANTORINI	KOS	347	458
22/9/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	CESME	324	729
24/9/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1800	HAIFA	AG.NIKOLAO	336	991
24/9/2018	MARELLA DISCOVERY 2		0700-2200	SANTORINI	BODRUM	772	1762
24/9/2018	NORWEGIAN SPIRIT		0900-1700	PIREUS	SANTORINI	905	2025
25/9/2018	SINFONIA		1400-2300	KOTOR	SANTORINI	730	1634
25/9/2018	GEMINI	BAHAMAS	0800-1800	SANTORINI	PIREAS	330	705
26/9/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	560	1309
26/9/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0730-1800	MYKONOS	SANTORINI	1245	3075
26/9/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1500-d-1200	XIO	LEMESO	222	492
27/9/2018	AZAMARA PURSUIT	MALTA	0700-1900	MARMARIS	SANTORINI	399	702
28/9/2018	ORIENT QWEEN		0900-D-110-2100	BODRUM	BEIRUT	135	230
29/9/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-1800	LEMESO	MONEMVASIA	224	326
30/9/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1430-0100	LARNACA	HAIFA	332	989
30/9/2018	CELEBRITY ECLIPSE		0930-1800	PIREUS	SANTORINI	1217	2863

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

ΗΜ ΑΦ	ΟΝΟΜΑ ΚΖ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
2/10/2018	JEWEL OF THE SEAS	MALTA	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	851	2222
3/10/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	561	1319
3/10/2018	AZAMARA PURSUIT	MALTA	0800-2200	PAROS	AG.NIKOLAO	398	689
6/10/2018	SILVER MUSE	BAHAMAS	0800-D-1300	SANTORINI	PIREAS	405	581
7/10/2018	OOSTERDAM	HOLLAND	0700-1800	SANTORINI	HERAKLIO	784	1969
9/10/2018	PRINSENDAM	HOLLAND	0700-1800	HAIFA	HERAKLIO	458	811
9/10/2018	LE LAPEROUSE		1430-2000	LINDOS		111	179
10/10/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0700-1800	PATMOS	HERAKLIO	565	1331
10/10/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0700-2200		MARMARIS	161	366
11/10/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0630-0800	MARMARIS	NISYRO	162	370
13/10/2018	RIVIERA		0700-1500	SANTORINI	PIREAS	764	1237
13/10/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1200-D-1300	LEMESO	LEMESOS	214	333
14/10/2018	SS VOYAGER	BAHAMAS	0900-1700	PIREAS	LEMESOS	456	690
15/10/2018	LE LAPEROUSE		0800-2359	SANTORINI	symi	111	156
15/10/2018	NORWEGIAN SPIRIT		0800-1700	PIREAS	SANTORINI	893	1971
17/10/2018	CELEBRITY REFLECTION	MALTA	0700-1800	MYKONOS	SANTORINI	1208	3066
17/10/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	561	1267
18/10/2018	SEABOURN ODYSSEY	BAHAMAS	0700-2300	SANTORINI	KOS	346	419
18/10/2018	SALAMIS FILOXENIA	KYPROY	1030-1630	XANIA	LEMESOS	214	176
18/10/2018	SS VOYAGER		0800-1700	PIREAS	LEMESOS	453	685
19/10/2018	JEWEL OF THE SEAS	BAHAMAS	0700-1700	MYKONOS	SANTORINI	858	2228
19/10/2018	MEIN SCHIFF 3	MALTA	0700-2200	SANTORINI	CHANIA	994	2549
20/10/2018	AIDA CARA	ITALIAS	0700-1930	SANTORINI	HERAKLIO	392	1248
21/10/2018	RIVIERA		0700-1800	HERAKLIO	SANTORINI	765	1226
23/10/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1400-0100	LARNACA	HAIFA	328	887
24/10/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	559	1345
25/10/2018	CELEBRITY ECLIPSE	MALTA	0700-1700	SANTORINI	VALLETTA	1213	2803
29/10/2018	AEGEAN ODYSSEY	PANAMA	0600-1230	ALEXANDRIA	PIREAS	160	281
29/10/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1830-D-1700	HAIFA	SAMOS	324	852
31/10/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	566	1393

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

ΑΦΕΗ	ΟΝΟΜΑ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΡΩΜΑ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ
5/11/2018	PACIFIC PRINCEES	BERMUDA	0700-1900	CORFU	SANTORINI	370	672
5/11/2018	NORWEGIAN SPIRIT		0800-1700	PIREAS	SANTORINI	914	2008
6/11/2018	SAPPHIRE PRINCESS	BERMUDA	0700-1700	PIREUS	SUEZ	1062	2577
6/11/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1400-0100	LARNACA	HAIFA	323	710
7/11/2018	CELESTYAL OLYMPIA	MALTA	0630-1800	PATMOS	HERAKLIO	554	1088
7/11/2018	VIKING SKY	NORWAY	0700-1800	MYKONOS	LEMESOS	459	939
10/11/2018	MAGNIFICA	PANAMA	0800-1630	HRAKLIO	PIREAS	934	2499
10/11/2018	SEABOURN OVATION	BAHAMAS	0700-2300	AG.NIKOLAO	KOS	423	585
12/11/2018	GOLDEN IRIS	PANAMA	1800-D-1700	HAIFA	SAMOS	322	613
12/11/2018	LE LAPEROUSE	GALIAS				113	155
15/11/2018	NAUTICA		0700-1400	SANTORINI	PIREAS	399	666
18/11/2018	NAUTICA		0700-1600	PATMOS	LEMESOS	398	662
20/11/2018	CLIO	MALTA	0700-2359	SYMI	PAPHOS	56	88
22/11/2018	MAGNIFICA		0700-1630	HRAKLIO	PIREAS		
29/11/2018	PACIFIC PRINCEES	BERMUDA	0700-1900	CORFU	SANTORINI		

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ	ΟΝΟΜΑ Κ/Ζ	ΣΗΜΑΙΑ	ΠΑΡΑΜΟΝΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ
4/12/2018	MAGNIFICA		0700-1630	HRAKLIO	PIREAS
6/12/2018	LA BELLE DE L'ADRIATIQUE	BELGIΟΥ	0700-1200	SANTORINI	LEMESOS
16/12/2018	MAGNIFICA		0700-1630	HRAKLIO	PIREAS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΙΜΗ ΑΥΞΗΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Sector and fuel	Reference case							Annual growth 2013-2040 (percent)
	2012	2013	2020	2025	2030	2035	2040	
Crude oil prices (nominal dollars per barrel)								
Brent spot	112	109	90	112	142	180	229	2.8%
West Texas Intermediate spot	94	98	83	105	133	171	220	3.0%
Average imported refiners acquisition cost ¹	101	98	80	102	129	165	212	2.9%
Delivered sector product prices								
Residential								
Propane	2.19	2.13	2.38	2.66	2.99	3.42	3.94	2.3%
Distillate fuel oil	3.73	3.78	3.39	4.04	4.90	5.99	7.40	2.5%
Commercial								
Distillate fuel oil	3.63	3.68	3.28	3.94	4.78	5.68	7.25	2.5%
Residual fuel oil	3.38	3.31	2.41	2.95	3.63	4.53	5.90	2.2%
Residual fuel oil (nominal dollars per barrel)	142	139	101	124	153	190	248	2.2%
Industrial²								
Propane	1.92	1.85	2.04	2.30	2.63	3.08	3.62	2.5%
Distillate fuel oil	3.71	3.75	3.30	3.98	4.80	5.89	7.28	2.5%
Residual fuel oil	3.05	3.00	2.26	2.79	3.46	4.34	5.69	2.4%
Residual fuel oil (nominal dollars per barrel)	128	128	95	117	145	182	239	2.4%
Transportation								
Propane	2.28	2.24	2.49	2.78	3.12	3.56	4.09	2.2%
ESG ³	3.34	3.14	3.29	3.41	3.99	4.65	5.48	2.1%
Ethanol wholesale price	2.55	2.37	2.83	3.04	3.15	3.67	4.27	2.2%
Motor gasoline ⁴	3.67	3.55	3.10	3.63	4.29	5.18	6.32	2.2%
Jet fuel ⁵	3.06	2.94	2.47	3.05	3.86	4.87	6.18	2.6%
Diesel fuel (distillate fuel oil) ⁶	3.89	3.86	3.60	4.30	5.15	6.26	7.70	2.6%
Residual fuel oil	2.95	2.89	1.98	2.46	3.08	3.88	4.92	2.0%
Residual fuel oil (nominal dollars per barrel)	124	122	83	103	129	163	207	2.0%
Electric power⁷								
Distillate fuel oil	3.29	3.33	2.95	3.57	4.39	5.45	6.79	2.7%
Residual fuel oil	3.07	2.83	1.94	2.45	3.09	3.93	5.24	2.3%
Residual fuel oil (nominal dollars per barrel)	129	119	82	103	130	165	220	2.3%
Average prices, all sectors⁸								
Propane	2.06	2.00	2.19	2.45	2.77	3.20	3.73	2.3%
Motor gasoline ⁹	3.64	3.53	3.10	3.63	4.29	5.18	6.32	2.2%
Jet fuel ¹⁰	3.06	2.94	2.47	3.05	3.86	4.87	6.18	2.5%
Distillate fuel oil	3.63	3.63	3.52	4.22	5.07	6.18	7.61	2.6%
Residual fuel oil	2.99	2.90	2.07	2.58	3.22	4.04	5.21	2.2%
Residual fuel oil (nominal dollars per barrel)	128	122	87	108	135	170	219	2.2%
Average	3.24	3.16	2.79	3.26	3.88	4.75	5.86	2.3%

Ετήσια αύξηση της τιμής πετρελαίου Diesel, source:EIA 2016

50% ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ COLD IRONING+50% ΑΥΞΗΣΗ

ΕΤΗΣΙΩΣ

										Ai		Ai
										Cash flow		Cash flow
										enviroment		enviroment
	Year(j)	Oil price	Elect tax no exc	elect tax e no tax exc		tax exc		no tax exc				
ηλεκτρ πετρ	0	567682,0	612658,5	252353,3	-619924,4	-619924,4	-259619,2	-259619,2	23016664,6	23016664,6	23376969,8	23376969,8
1,01	1,0260	1	1164883,5	1237570,2	509753,7	-647634,6	-634935,9	80181,9	78609,8	22988954,4	22538190,6	23716770,9
1,020	1,0527	2	1195170,4	1249945,9	514851,2	-629723,3	-605270,4	105371,4	101279,7	23006865,7	22113481,1	23741960,4
1,030	1,0800	3	1226244,9	1262445,3	519999,7	-611148,3	-575898,7	131297,3	123724,4	23025440,7	21697387,0	23767886,3
1,041	1,1081	4	1258127,2	1275069,8	525199,7	-591890,4	-546815,3	157979,7	145948,8	23044698,6	21289739,4	23794568,7
1,051	1,1369	5	1290838,5	1287820,5	530451,7	-571929,8	-518014,5	185439,0	167957,8	23064659,2	20890372,4	23822028,0
1,062	1,1665	6	1324400,3	1300698,7	535756,2	-551246,2	-489490,9	213696,3	189756,2	23085342,8	20499123,7	23850285,3
1,072	1,1968	7	1358834,7	1313705,7	541113,8	-529818,8	-461239,1	242773,1	211348,6	23106770,2	20115834,0	23879362,1
1,083	1,2279	8	1394164,4	1326842,7	546524,9	-507626,2	-433254,0	272691,7	232739,7	23128962,8	19740347,1	23909280,7
1,094	1,2599	9	1430412,7	1340111,2	551990,2	-484646,3	-405530,3	303474,7	253934,1	23151942,7	19372510,0	23940063,7
1,105	1,2926	10	1467603,5	1353512,3	557510,1	-460856,7	-378063,0	335145,5	274936,1	23175732,3	19012172,6	23971734,5
1,116	1,3262	11	1505761,1	1367047,4	563085,2	-436234,1	-350847,0	367728,1	295750,1	23200354,9	18659187,9	24004317,1
1,127	1,3607	12	1544910,9	1380717,9	568716,0	-410754,8	-323877,4	401247,1	316380,6	23225834,2	18313411,8	24037836,1
1,138	1,3961	13	1585078,6	1394525,1	574403,2	-384394,3	-297149,3	435727,6	336831,6	23252194,7	17974702,8	24072316,6
1,149	1,4324	14	1626290,7	1408470,3	580147,2	-357127,5	-270658,0	471195,6	357107,4	23279461,5	17642922,5	24107784,6
1,161	1,4696	15	1668574,2	1422555,0	585948,7	-328928,7	-244398,8	507677,7	377212,0	23307660,3	17317935,0	24144266,7
1,173	1,5078	16	1711957,1	1436780,6	591808,2	-299771,3	-218367,1	545201,1	397149,5	23336817,7	16999607,2	24181790,1
1,184	1,5471	17	1756468,0	1451148,4	597726,3	-269628,2	-192558,4	583793,9	416923,8	23366960,8	16687808,6	24220382,9
1,196	1,5873	18	1802136,2	1465659,9	603703,5	-238471,5	-166968,1	623484,8	436538,8	23398117,5	16382411,3	24260073,8
1,208	1,6285	19	1848991,7	1480316,5	609740,5	-206272,6	-141591,8	664303,3	455998,2	23430316,4	16083289,9	24300892,3
1,220	1,6709	20	1897065,5	1495119,6	615838,0	-173001,9	-116425,3	706279,7	475306,0	23463587,1	15790321,5	24342868,7
1,232	1,7143	21	1946389,2	1510070,8	621996,3	-138629,4	-91464,3	749445,0	494465,7	23497959,6	15503385,5	24386034,0
1,245	1,7589	22	1996995,4	1525171,5	628216,3	-103124,0	-66704,6	793831,2	513481,0	23533465,0	15222363,8	24430420,2
1,257	1,8046	23	2048917,2	1540423,2	634498,5	-66453,9	-42142,1	839470,9	532355,4	23570135,1	14947140,7	24476059,9
1,270	1,8516	24	2102189,1	1555827,5	640843,4	-28586,2	-17772,7	886397,8	551092,5	23608002,8	14677602,6	24522986,8
1,282	1,8997	25	2156846,0	1571385,7	647251,9	10512,4	6407,6	934646,3	569695,7	23647101,4	14413638,3	24571235,3
1,295	1,9491	26	2212924,0	1587099,6	653724,4	50876,5	30402,8	984251,7	588168,5	23687465,5	14155138,7	24620840,7
1,308	1,9998	27	2270460,0	1602970,6	660261,6	92541,6	54216,6	1035250,5	606514,0	23729130,6	13901996,9	24671839,5
1,321	2,0518	28	2329492,0	1619000,3	666864,3	135543,8	77852,9	1087679,9	624735,6	23772132,8	13654108,2	24724268,9
1,335	2,1051	29	2390058,8	1635190,3	673532,9	179920,6	101315,5	1141578,0	642836,6	23816509,6	13411369,7	24778167,0
1,348	2,1598	30	2452200,3	1651542,2	680268,2	225710,2	124608,0	1196984,2	660820,1	23862299,2	13173680,8	24833573,2
							-7814558,0		11169979,1		545197845,9	564182383,0

EUROPE FUNDING						
if Europe funding	0 C=	11164929				
	NPV=		-18979486,6	5050,5	534032917,4	553017454,4
	0,3 0,7*C=	7815450				
	NPV=		-15630008,0	3354529,1	537382395,9	556366933,0
	0,5 0,5*C=	5582464				
	NPV=		-13397022,3	5587514,8	539615381,6	558599918,7
	0,7 0,3*C=	3349479				
	NPV=		-11164036,6	7820500,5	541848367,4	560832904,4

	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	
V=	150	V
Vσ=	12,8	V
Et=	298,4009375	kWh
Ah=	1989,339583	Ah
Ahσ=	40	Ah
Nπ,σειρά=	11,71875	
Nσ,π=	4,243924444	
Nσ,π,τ=	5	
Nπ,σειρά,τ=	12	
Vπ=	153,6	V
Nολ,σ=	60	
Ahol,σ=	2400	Ah
Cσ=	129,93	Euro
Col,σ=	7795,8	Euro

B)	ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΑΣΗ 150 V	
	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	
V=	150	V
Vσ=	12	V
Et=	298,4009375	kWh
Ah=	1989,339583	Ah
Ahσ=	130	Ah
Nπ,σειρά=	12,5	
Nσ,π=	1,224208974	
Nσ,π,τ=	2	
Nπ,σειρά,τ=	13	
Vπ=	156	V
Nολ,σ=	26	
Ahol,σ=	3380	Ah
Cσ=	534,14	Euro
Col,σ=	13887,64	Euro

B2		
Nσ,π=	1,137670513	
Nσ,π,τ=	1	
Nπ,σειρά,τ=	16	
Vπ=	192	V
Nολ,σ=	16	

Ahol,σ=	2080	Ah
Cσ=	534,14	Euro
Col,σ=	8546,24	Euro

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΥΠΩΝ/ΚΟΣΤΟΣ

ΡΥΠΟΙ	CO2	NOx	SOx	PM	total	
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	37,92	0,77	0,36	0,03	39,08	t
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	1107,26	7155,46	3252,48	1437,66	12952,87	eur

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΠΑ

NPV = Σ[A/(1+r)^t] - C	Year(t)	Oil price	Elect tax no exc		AI Cashflow no tax exc		AI Cashflow tax exc		Cash flow environment no tax exc		Cash flow environment tax exc		
			elect tax no exc	elect tax exc	AI Cashflow no tax exc	AI Cashflow tax exc	Cash flow environment no tax exc	Cash flow environment tax exc					
electr	oil	0	6191,560411	2685,608438	2417,047594	5893,35722	6127,9181	6127,9181	18812,22336	18812,22336	19080,7842	19080,7842	
1,010	1,026	1	6352,540982	2712,464522	2441,21807	5993,4817	5875,96246	6264,7282	6141,89	18946,34794	18574,85083	19217,59429	18840,7787
1,020	1,053	2	6517,707047	2739,589167	2465,63025	6131,5231	5893,42861	6405,482	6156,749	19094,38926	18343,31917	19358,34818	18606,6399
1,030	1,080	3	6687,167431	2766,985059	2490,28653	6273,5076	5911,74173	6550,2861	6172,481	19226,45375	18117,51679	19503,15226	18370,2256
1,041	1,108	4	6861,033784	2794,654909	2515,189418	6419,7041	5930,8882	6699,2496	6189,071	19372,65026	17897,33433	19652,11575	18155,5172
1,051	1,137	5	7039,420662	2822,601458	2540,341313	6570,0245	5950,85472	6852,4846	6206,5016	19533,09059	17682,66465	19805,35073	17938,3164
1,062	1,166	6	7222,4456	2850,827479	2565,744716	6735,0234	5971,6283	7010,1061	6224,774	19677,88951	17473,40275	19962,97226	17726,5481
1,072	1,197	7	7410,229185	2879,335748	2591,402173	6894,2887	5993,19629	7172,2323	6249,816	19837,16482	17269,44575	20125,09839	17520,1093
1,083	1,228	8	7602,895144	2908,129105	2617,316195	7048,1713	6015,54633	7338,9842	6263,752	20011,03742	17070,69285	20291,85033	17318,8989
1,094	1,260	9	7800,570418	2937,210396	2643,483957	7216,7653	6038,66624	7510,4863	6294,4319	20189,6314	16877,045219	20463,35244	17122,8179
1,105	1,293	10	8003,385249	2966,58325	2669,814215	7390,208	6062,54457	7686,8662	6305,908	20343,07413	16688,40628	20639,73238	16931,7694
1,116	1,326	11	8211,473265	2996,248325	2696,623493	7568,6302	6087,16952	7868,255	6328,147	20521,49632	16504,681	20821,12115	16745,6582
1,127	1,361	12	8424,97157	3026,210809	2723,589728	7752,166	6112,53	8054,7071	6351,145	20705,03214	16325,77655	21007,65322	16564,3912
1,138	1,396	13	8644,00831	3056,472917	2750,825625	7940,8532	6138,61508	8246,6005	6374,819	20893,8193	16151,60189	21199,46659	16387,8772
1,149	1,432	14	8868,765372	3087,037646	2778,333881	8135,133	6165,4141	8443,8367	6399,373	21087,99911	15982,06784	21396,70287	16216,0267
1,161	1,470	15	9099,353272	3117,908022	2806,11722	8334,8505	6192,91669	8646,6413	6424,582	21287,71663	15817,08703	21599,50743	16046,7522
1,173	1,508	16	9335,936457	3149,087102	2834,178392	8540,2546	6221,1271	8855,1633	6450,507	21493,12074	15656,57382	21808,02945	15885,9678
1,184	1,547	17	9578,670805	3180,577979	2862,520176	8751,4881	6249,9923	9065,5559	6477,137	21704,36421	15500,44436	22022,42201	15727,5893
1,196	1,587	18	9827,716246	3212,388753	2891,145378	8968,7377	6279,54581	9289,9761	6504,464	21921,60388	15348,61547	22242,84235	15573,5345
1,208	1,629	19	10083,23687	3244,507591	2920,056832	9192,1345	6309,76389	9516,5853	6532,477	22145,00066	15201,00963	22469,45142	15423,7226
1,220	1,671	20	10345,40103	3276,952667	2949,2574	9421,8536	6340,63738	9749,5489	6561,167	22374,71974	15057,54497	22702,41501	15278,0745
1,232	1,714	21	10614,38145	3309,722193	2978,749974	9658,0645	6372,1574	9993,0367	6590,525	22610,93064	14918,14523	22941,90286	15136,5127
1,245	1,759	22	10890,35537	3342,819415	3008,537474	9900,9412	6404,31527	10235,223	6620,542	22853,80734	14782,73471	23188,08928	14998,9613
1,257	1,805	23	11173,50461	3376,247609	3038,622848	10150,662	6437,10254	10488,287	6651,209	23103,52838	14651,23824	23441,15314	14865,346
1,270	1,852	24	11464,01573	3410,010085	3069,009077	10407,411	6470,51099	10748,412	6682,519	23360,27703	14523,58619	23701,27804	14735,5938
1,282	1,900	25	11762,08014	3444,110186	3099,899168	10671,375	6504,5262	11015,786	6714,462	23624,24134	14399,70439	23968,65235	14609,6335
1,295	1,949	26	12067,89422	3478,551288	3130,696159	10942,748	6539,15963	11290,603	6747,031	23895,61432	14279,52411	24243,46945	14487,3851
1,308	2,000	27	12381,65947	3513,336801	3162,003121	11221,728	6574,38446	11573,062	6780,218	24174,59405	14162,97708	24525,92773	14368,8102
1,321	2,052	28	12703,50262	3548,470169	3193,623152	11508,518	6610,19971	11863,365	6814,015	24461,38383	14049,9964	24816,23085	14253,8115
1,335	2,105	29	13033,87577	3583,954871	3225,559384	11803,326	6646,59821	12161,722	6848,415	24756,19228	13940,51654	25114,50777	14142,3335
1,348	2,160	30	13372,76554	3619,794419	3257,814878	12106,367	6683,573	12468,347	6883,411	25059,2335	13834,47332	25421,21294	14034,3116
total							193844,046		200653,6		495895,2028		503104,739

ΣΕΝΑΡΙΟ Β

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ(2 ΜΗΧΑΝΕΣ)

HP	kW			
	2 ΜΗΧΑΝΕΣ E=			1h KAI 15 min+3*20 min
340	253,538		425	316,9225
238	177,4766		297,5	221,84575

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

A)	ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΑΣΗ 150 V	
	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	
V=	150	V
Vσ=	12,8	V
Et=	319,4946875	kWh
Ah=	2129,964583	Ah
Ahσ=	40	Ah
Nπ,σειρά=	11,71875	
Nσ,π=	4,543924444	
Nσ,π,τ=	5	
Nπ,σειρά,τ=	12	
Vπ=	153,6	V
Nol,σ=	60	
Ahol,σ=	2400	Ah
Cσ=	129,93	Euro
Col,σ=	7795,8	Euro

B)	ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΑΣΗ 150 V	
	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	
V=	150	V
Vσ=	12	V
Et=	319,4946875	kWh
Ah=	2129,964583	Ah
Ahσ=	130	Ah
Nπ,σειρά=	12,5	
Nσ,π=	1,310747436	
Nσ,π,τ=	2	

Νπ,σειρά,τ=	13	
Νπ=	156	V
Νολ,σ=	26	
Αhol,σ=	3380	Ah
Σσ=	534,14	Euro
Col,σ=	13887,64	Euro

B2		
Νσ,π=	1,137670513	
Νσ,π,τ=	1	
Νπ,σειρά,τ=	16	
Νπ=	192	V
Νολ,σ=	16	
Αhol,σ=	2080	Ah
Σσ=	534,14	Euro
Col,σ=	8546,24	Euro

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΥΠΩΝ/ΚΟΣΤΟΣ

ΡΥΠΟΙ	CO2	NOx	SOx	PM	total	
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	40,60	0,82	0,39	0,03	41,84	t
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	1185,53	7661,27	3482,40	1539,29	13868,50	euro

HP	kW			
	2 ΜΗΧΑΝΕΣ		E=	1h ΚΑΙ 30 min=
6000		4474,2	9000	6711,3
4200		3131,94	6300	4697,91

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

A)	ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΑΣΗ 150 V	
	Valence u-charge RT Series U1-12RT LiFeMgPO4 12.8V 40Ah Lithium Iron Battery	
V=	150	V
Vσ=	12,8	V
Et=	5897,7	kWh
Ah=	39318	Ah
Ahσ=	40	Ah
Nπ,σειρά=	11,71875	
Nσ,π=	83,8784	
Nσ,π,τ=	84	
Nπ,σειρά,τ=	12	
Vπ=	153,6	V
Nολ,σ=	1008	
Ahol,σ=	40320	Ah
Cσ=	129,93	Euro
Col,σ=	130969,44	Euro

B)	ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΑΣΗ 150 V	
	Valence U-CHARGE XP U27-12XP Lithium Phosphate 12V 130AH Battery Batteries	
V=	150	V
Vσ=	12	V
Et=	5897,7	kWh
Ah=	39318	Ah
Ahσ=	130	Ah
Nπ,σειρά=	12,5	
Nσ,π=	24,19569231	
Nσ,π,τ=	25	
Nπ,σειρά,τ=	13	
Vπ=	156	V
Nολ,σ=	325	
Ahol,σ=	42250	Ah
Cσ=	534,14	Euro
Col,σ=	173595,5	Euro

B2 ΕΙΔΙΚΑ		
Nσ,π=	24,19569231	
Nσ,π,τ=	24	
Nπ,σειρά,τ=	13	
Vπ=	156	V
NoI,σ=	312	
Ahol,σ=	40560	Ah
Cσ=	534,14	Euro
CoI,σ=	166651,68	Euro

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΥΠΩΝ/ΚΟΣΤΟΣ

ΡΥΠΟΙ	CO2	NOx	SOx	PM	total	
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	1498,96	30,36	14,23	1,17	1544,71	t
ΚΟΣΤΟΣ	43768,65	282845,9 5	128566,3 4	56828,9 8	512009,9 1	eur o

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΠΑ

