



**Α.Τ.Ε.Ι Πάτρας
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας**

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος πτυχιακής

«Εκμετάλλευση κυματικής ενέργειας στις ελληνικές θάλασσες»



**Παπαθανάση Σοφία
Διαμαντοπούλου Μαρία**

**Επιβλέπων Καθηγητής
Καλαράκης Αλέξανδρος
Πάτρα 2013**

Πρόλογος

Το όνομα της Ελλάδας, είναι συνυφασμένο με την θάλασσα. Οι μεγάλοι μήκους ελληνικές ακτές και οι θαλάσσιοι χώροι του Αιγαίου και του Ιονίου με τα νησιά τους αποτελούν κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό του ελληνικού χώρου και συστατικό τμήμα του πολιτισμού και της παράδοσης της χώρας.

Η αλληλεπίδραση της θαλάσσιας και της ηπειρωτικής χώρας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της οικονομικής ανάπτυξης, της φυσικής ομορφιάς και της περιβαλλοντικής ποιότητας του τόπου.

Οι θάλασσες αποτελούν αντικείμενο έρευνας πολλών ετών, κάθε φορά με διαφορετική κατεύθυνση και σκοπό. Η πτυχιακή αυτή ασχολείται με την ενέργεια που παράγει το θαλάσσιο περιβάλλον και πως ακριβώς μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε και να την αξιοποιήσουμε.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη περίπτωση εκμετάλλευσης της μηχανικής ενέργειας που μεταφέρεται από τα κύματα και συνιστά μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με τεράστιο ενεργειακό απόθεμα. Η απόληψη της ενέργειας των κυμάτων και η μετατροπή της σε ωφέλιμο έργο απασχόλησε την επιστημονική κοινότητα περίπου από τα τέλη του 18ου αιώνα. Σήμερα, το ανανεωμένο ενδιαφέρον για την κυματική ενέργεια υποκινήθηκε από το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και την ανάγκη για ανεύρεση καθαρών και ασφαλών πηγών ενέργειας που θα περιόριζε σημαντικά την εκπομπή ρύπων. Αν και πολλά μηχανήματα κυματικής ενέργειας έχουν σχεδιαστεί και δοκιμαστεί, δεν έχουν φτάσει ακόμη σε ώριμη εμπορική μορφή, λόγω των εγγενών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν στην τιθάσευση της ισχύος των ωκεανών (εγκατάσταση / συντήρηση / κόστος / φόρτο εργασίας). Η κυματική ενέργεια έχει το πλεονέκτημα της εξαιρετικά υψηλής πυκνότητας ισχύος και θα είναι πάντα αντικείμενο μελέτης λόγω της ανεξάντλητης διαθεσιμότητας της, αφού το 75% της επιφάνειας του πλανήτη καλύπτεται από θαλάσσιες μάζες. Ο σκοπός του παρόντος εγγράφου είναι να μελετήσει την ενέργεια που παράγεται από τα θαλάσσια κύματα και να παράσχει μια εικόνα των μηχανισμών απόσπασης της ενέργειας των ωκεανών που έχουν υλοποιηθεί. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύουμε πρώτα την κυματική ενέργεια, πως δημιουργείται, ποια η συμβολή της κτλ. Στη συνέχεια βλέπουμε τα πιο αντιπροσωπευτικά έργα σε όλο τον κόσμο, δίνοντας έμφαση στη λειτουργία τους, τα πλεονεκτήματά τους και τις ελλείψεις τους. Και τέλος, ορίζουμε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός συστήματος ικανού να μετατρέψει την θαλάσσια ενέργεια σε ηλεκτρική, τονίζοντας τα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν, και έχοντας υπόψιν την διατήρηση της ισορροπίας του θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Abstract

The present thesis consist a case study of exploitation of mechanical energy transferred by waves and is a renewable energy source with huge energy reserve. The extraction of wave energy and its conversion into useful work has been addressed by the scientific community from around the late 18th century. Today, the renewed interest in wave energy was motivated by the issue of climate change and the need to find clean and safe energy sources that will significantly reduce the emission of pollutants. Although many wave energy systems have been designed and prototyped, due to inherent difficulties faced in harnessing ocean power, none of the existing proposals combines the key qualities (cost - efficiency - performance) required for widely adopting such a solution in industry. Wave energy has the advantage of extremely high power density and will always be a subject of study because of the inexhaustible availability, since 75% of the planet's surface is covered by sea masses. This research aims to investigate the area of wave energy. Within the scope of this project, an insight into the mechanisms of ocean's energy elimination that have been implemented is presented. In this context, we analyze the wave energy that is created, its contribution etc. Next we review the most representative works around the world, emphasizing their function, their advantages and shortcomings. And finally, we define the conditions for the development of this kind of system that is capable to convert ocean energy into electricity, highlighting the obstacles that must be overcome, and taking into consideration the balance of the marine ecosystem.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όσους μας βοήθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησής της. Η υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την παρουσία του επιβλέποντος Καθηγητή κ. Αλέξανδρου Καλαράκη. Θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε τόσο για την πνευματική αλλά και την ηθική στήριξη και καθοδήγηση, που αμέριστα, μας παρείχε σε όλο το διάστημα εκπόνησης της εργασίας. Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να μην ευχαριστήσουμε τους γονείς μας που μας στήριξαν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μας, τα αδέρφια μας αλλά και τους φίλους μας, για την πηγαία συμπαράσταση και την υπομονή τους.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή	1
1.1.Βασικοί ορισμοί	2
2.Ενέργεια από την θάλασσα	3
2.1. Παλιρροϊκή ενέργεια	3
2.2. Κυματική ενέργεια.....	3
2.3. Ωκεάνια ενέργεια.....	3
3. Ενεργειακή προσέγγιση των κυμάτων.....	5
3.1. Γενικά.....	5
3.2. Ταξινόμηση κυμάτων θάλασσας	6
3.3.Ενέργεια των κυμάτων.....	7
3.4. Θεωρίες για την μετάδοση κυματισμών	9
3.4.1.Γραμμική θεωρία	9
3.4.1.1.Γενικά	9
3.4.1.2.Εξίσωση γραμμικής θεωρίας.....	9
3.4.2.Θεωρία του Stokes.....	10
3.4.2.1.Γενικά	10
3.4.2.2.Εξίσωση του Stokes	11
Κύματα 2 ^{ης} τάξης Stokes	11
Κύματα 3 ^{ης} τάξης Stokes	11
4.Εκμετάλλευση και μετατροπή της θαλάσσιας ενέργειας.....	13
4.1 Γενικά.....	13
4.2 Συσκευές παλιρροϊκής ενέργειας	13
4.2.1 Στρόβιλος οριζοντίου άξονα.....	14
4.2.2 Στρόβιλος κατακόρυφου άξονα	15
4.2.3 Παλινδρομικές διατάξεις	15
4.3 Συσκευές κυματικής ενέργειας.....	16
4.3.1 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την θέση και το βάθος	16
4.3.1.1 Επάκτια (χερσαία) θέση.....	16
4.3.1.2 Παράκτια θέση.....	16
4.3.1.3 Υπεράκτια θέση.....	17
4.3.2 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τη μέθοδο απόσπασης της ενέργειας	17
4.3.2.1 Μέθοδος αρθρώσεων.....	17

4.3.2.2 Μέθοδος οριζόντιας κίνησης	17
4.3.2.3 Μέθοδος κατακόρυφης ταλάντωσης	17
4.3.2.4 Μέθοδος ταλαντευόμενης στήλης ύδατος	17
4.3.2.5 Μέθοδος υπερύψωσης	18
5. Συσκευές κυματικής ενέργειας ανάλογα με την θέση και την μέθοδο απόσπασης	19
5.1. Επάκτια θέση	19
5.1.1. Μετατροπείς με την μέθοδο κατακόρυφης ταλάντωσης.....	19
5.1.1.1. Labbuoy.....	19
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	20
5.1.1.2. SDE.....	20
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	21
5.1.2. Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος.....	21
5.1.2.1. WECA.....	21
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	22
5.1.2.2. Limpet.....	22
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	23
5.1.3. Μετατροπείς με την μέθοδο υπερύψωσης	24
5.1.3.1. SSG.....	24
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	25
5.2. Παράκτια θέση	26
5.2.1. Μετατροπείς με την μέθοδο αρθρώσεων	26
5.2.1.1. Waveberg.....	26
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	26
5.2.2.Μετατροπείς με την μέθοδο οριζόντιας κίνησης	28
5.2.2.1.Oyster	28
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	29
5.2.2.2.Biowave	30
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	30
5.2.3.Μετατροπείς με την μέθοδο της κατακόρυφης ταλάντωσης	31
5.2.3.1.Wet EnGen.....	31
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	31
5.2.4.Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος.....	33
5.2.4.1.Mighty Whale	33
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	33
5.2.4.2.MWEC.....	35

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	35
5.3.Υπεράκτια θέση	36
5.3.1.Μετατροπείς με την μέθοδο αρθρώσεων	36
5.3.1.1.Pelamis.....	36
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	37
5.3.1.2.Crestwing	39
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	39
5.3.2.Μετατροπείς με την μέθοδο της οριζόντιας κίνησης	41
5.3.2.1.Owel Wec.....	41
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	42
5.3.2.2.Poseidon’s Organ	43
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	44
5.3.3. Μετατροπείς με την μέθοδο κατακόρυφης ταλάντωσης.....	44
5.3.3.1. AquaBuoy.....	44
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	44
5.3.3.2.PowerBuoy.....	46
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	46
5.3.4 .Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος.....	47
5.3.4.1. Oceanlinx	47
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	48
5.3.4.2.SPERBOY	48
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	49
5.3.5 Μετατροπείς με την Μέθοδο υπερέψωσης	49
5.3.5.1 Wave dragon	49
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας.....	50
6.Κυματικά Δεδομένα.....	51
6.1.Επεξεργασία Δεδομένων.....	51
6.1.1.Υπολογισμός κυματικού δυναμικού της Μυκόνου.....	54
6.1.2.Υπολογισμός αποδιδόμενης ισχύος απο κυματική συσκευή.....	56
6.1.2.1.Εύρεση αποδιδόμενης ενέργειας απο την συσκευή Pelamis για κάλυψη των αναγκών της μελετώμενης περιοχής.....	58
6.2.Ενεργειακές ανάγκες μελετώμενου νησιού και κάλυψη ενέργειας απο την κυματική συσκευή.....	59
7.Υπολογισμός δαπάνης για την τοποθέτηση ενός κυματικού συστήματος	61
7.1.Κεφαλαιουχικές δαπάνες.....	61
7.2.Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας συσκευής Pelamis στη Μύκονο	61

7.3.Απόσβεση χρέους	63
8. Συμπεράσματα	65

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1:Στρόβιλος οριζοντίου άξονα	14
Εικόνα 2:Στρόβιλος κατακόρυφου άξονα.....	15
Εικόνα 3:Παλινδρομικές διατάξεις	15
Εικόνα 4:Παράδειγμα κυματοθραυστικής εγκατάστασης Labbuoy	19
Εικόνα 5:Συσκευή SDE σε κυματοθραύστη	20
Εικόνα 6:Συσκευή WECA σε κυματοθραύστη	21
Εικόνα 7:Συσκευή Limpet στην νήσο Islay της Σκωτίας.....	22
Εικόνα 8:Λειτουργία Limpet:	23
Εικόνα 9:Σύστημα SSG με τρείς δεξαμενές	24
Εικόνα 10:Εσωτερικό συσκευής SSG	25
Εικόνα 11:Συσκευή Waveberg.....	26
Εικόνα 12:Κάτοψη συσκευής Waveberg	27
Εικόνα 13:Πλάγια όψη πλωτού βραχίονα	28
Εικόνα 14:Συσκευή Oyster σε λειτουργία	28
Εικόνα 15:Συσκευή Oyster εγκατεστημένη στον πυθμένα	29
Εικόνα 16:Συσκευή Biowave	30
Εικόνα 17:Συσκευή Wet EnGen	31
Εικόνα 18:Μέρη συσκευής Wet EnGen.....	32
Εικόνα 19:Συσκευή Mighty Whale.....	33
Εικόνα 20:Άνοδος στάθμης του νερού στο εσωτερικό του θαλάμου λόγω κίνησης των κυμάτων και ροή αέρα	34
Εικόνα 21:Συσκευή MWEC	35
Εικόνα 22:Συσκευή Pelamis	36
Εικόνα 23:Πλάγια όψη και κάτοψη συσκευής Pelamis.....	37
Εικόνα 24:Εγκατάσταση Pelamis και ο υδραυλικός κινητήρας στις αρθρώσεις.....	38
Εικόνα 25:Άρθρωση και υδραυλικός κινητήρας	38
Εικόνα 26:Συσκευή Crestwing	39
Εικόνα 27:Κινήσεις συσκευής Crestwing.....	40
Εικόνα 28:Εσωτερικό συσκευής Crestwing	41
Εικόνα 29:Συσκευή Owel Wec	41
Εικόνα 30:Λειτουργία συσκευής Wec	42
Εικόνα 31:Συσκευή Poseidon’s Organ	43
Εικόνα 32:Συσκευή Poseidon’s Organ με ανεμογεννήτριες.....	43
Εικόνα 33:Συσκευή AquaBuoy	44
Εικόνα 34:Τρόπος λειτουργίας AquaBuoy.....	45
Εικόνα 35:Συσκευή PowerBuoy	46
Εικόνα 36:Μέρη PowerBuoy.....	47

Εικόνα 37:Συσκευή Oceanlinx.....	47
Εικόνα 38:Συσκευή Sperboy	48
Εικόνα 39:Συσκευή Wave Dragon.....	49
Εικόνα 40:Μορφή Microsoft Excel	55
Εικόνα 41:Πίνακας ισχύος Pelamis 1,5 Mw	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.Εισαγωγή

Το 75% της επιφάνειας του πλανήτη καλύπτεται από θαλάσσιες μάζες, οι οποίες δημιουργούν ένα κολοσσιαίο ενεργειακό απόθεμα. Το δυναμικό της θάλασσας μπορεί να έχει αξιοσημείωτη συνεισφορά στην παραγωγή ηλεκτρισμού σε διεθνές επίπεδο. Αν καταφέραμε να μετατρέψουμε σε ηλεκτρισμό μόλις το 1% της ενέργειας των κυμάτων και των παλιρροιών, θα καλύπταμε τουλάχιστον στο πενταπλάσιο τις ανάγκες του πλανήτη σε ρεύμα.

Η ιδέα για την εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας χρονολογείται περίπου στα 1799, αν και η αιτία για την έναρξη συντονισμένης έρευνας στον τομέα αυτό, ήταν η πετρελαϊκή κρίση του 1970. Έκτοτε έχουν επινοηθεί πολλά συστήματα που στοχεύουν στην απόσπαση και εκμετάλλευση της ενέργειας των θαλασσών, αλλά μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτών έχει δοκιμαστεί και αξιολογεί για την αξιοπιστία του.

Το αντίξοο περιβάλλον των θαλασσών στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι διάφορες τεχνολογίες, επέδρασε ανασταλτικά στην πρόοδο τους μιας και τα περισσότερα συστήματα απόσπασης θαλάσσιας ενέργειας αξιολογούνταν σε εργαστηριακές δεξαμενές και όχι στο περιβάλλον για το οποίο προορίζονται. Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μηχανική αντοχή αλλά και μη διακοπτόμενη λειτουργία κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, ακόμη και στις πιο ακραίες.

1.1.Βασικοί ορισμοί

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να παραθέσουμε κάποιους ορισμούς μεγεθών της κυματικής ενέργειας, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην πορεία αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Σαν κύμα γενικά ορίζουμε μια διαταραχή ή ταλάντωση, περιοδική ή μη, που ταξιδεύει μέσα στο χωροχρόνο, συνοδευόμενη από την μεταφορά ενέργειας. Το θαλάσσιο κύμα είναι μια ειδική κατηγορία αυτού.

Από τον κλάδο της Φυσικής που μελετάει τα κύματα, την κυματική, έχουν οριστεί τα ακόλουθα μεγέθη:

Κορυφή κύματος: Ονομάζεται το υψηλότερο σημείο του κύματος

Κοίλο κύματος: Ονομάζεται το χαμηλότερο σημείο του κύματος

Μήκος κύματος: Ονομάζεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων της αυτής φάσης (δηλαδή μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή δύο διαδοχικών κοίλων). Συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα λ ή L .

Ύψος κύματος: Ονομάζεται η κάθετη απόσταση μεταξύ της κορυφής και του κοίλου του κύματος, είναι το αντίστοιχο πλάτος στη κυματική. Ισχύει $H=2a$.

Εύρος κύματος: Ονομάζεται η απόσταση της κορυφής του κύματος και της στάθμης ηρεμίας της θάλασσας.

Ταχύτητα κύματος: Ονομάζεται ο λόγος της προχώρησης του κύματος στο χρόνο που διέρρευσε, συμβολίζεται κυρίως με το γράμμα u ή V .

Περίοδος κύματος: Ονομάζεται ο απαιτούμενος χρόνος για να διέλθουν από ένα (σταθερό) σημείο δύο διαδοχικά σημεία ίδιων φάσεων, (δύο κορυφές, ή δύο κοίλα), συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα τ ή T .

Συχνότητα κύματος: Ονομάζεται ο αριθμός των μηκών κύματος που διέρχονται από ένα (σταθερό) σημείο, στη μονάδα του χρόνου. Συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα ν ή N .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.Ενέργεια από την θάλασσα

Η ενέργεια της θάλασσας συναντάται σε 3 μορφές:

1. Στην ενέργεια που δημιουργείται από τις παλίρροιες(παλιρροϊκή ενέργεια)
2. Στην ενέργεια που δημιουργείται από τα κύματα(κυματική ενέργεια)
3. Και στην ενέργεια που δημιουργείται από τους ωκεανούς(ωκεάνια ενέργεια)

2.1. Παλιρροϊκή ενέργεια

Η παλίρροια οφείλεται στην επίδραση των 3 βασικών πλανητών του ηλιακού συστήματος, της Γης, της Σελήνης και του Ήλιου. Αποτελεί το φυσικό φαινόμενο της ανόδου και της καθόδου της στάθμης του νερού. Η παλιρροϊκή ανύψωση και πτώση της στάθμης του νερού συνοδεύεται από οριζόντιες κινήσεις του θαλασσινού νερού που ονομάζονται παλιρροϊκά ρεύματα.

Τα παλιρροϊκά ρεύματα που δημιουργούνται εξαρτώνται άμεσα από την γεωγραφική θέση του τόπου, την βαθυμετρία και την μορφή της ακτογραμμής. Στα πολύ βαθιά νερά των ωκεανών τα παλιρροϊκά ρεύματα είναι μικρά .Γενικά η δύναμη των παλιρροϊκών ρευμάτων σχετίζεται άμεσα με το παλιρροϊκό ύψος της περιοχής.

2.2. Κυματική ενέργεια

Η κυματική ενέργεια είναι η ενέργεια που φέρουν τα θαλάσσια κύματα καθώς κινούνται στην επιφάνεια της θάλασσας. Εκμεταλλεύεται διάφορους τύπους θαλάσσιας ροής όπως ρεύματα, παλίρροιες κ.α., οπότε μπορούμε να πούμε ότι είναι μια γενικότερη κατηγορία της θαλάσσιας ενέργειας και περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα.

2.3. Ωκεάνια ενέργεια

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Ενεργειακή προσέγγιση των κυμάτων

3.1. Γενικά

Η επιφάνεια της θάλασσας, βρίσκεται σε συνεχή κίνηση με διαρκείς αναταράξεις. Η πιο προφανής αιτία είναι τα ανεμογενή κύματα τα οποία διαδίδονται στον ωκεανό ώσπου η ενέργεια που μεταφέρουν να εκτονωθεί σε κάποια ακτή μέσω της θραύσης τους. Ο άνεμος, οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, η αλληλεπίδραση μεταξύ δυνάμεων από την περιστροφή της γης (δυνάμεις Coriolis) με άλλες δυνάμεις, μεταφέρουν ενέργεια δημιουργώντας περιοδικές κινήσεις των μορίων του νερού.

Σαν κύματα θεωρούνται και οι παλίρροιες, των οποίων η γενεσιουργός δύναμη βρίσκεται εκτός της γης και έχει αστρονομικά αίτια.

Πριν προχωρήσουμε στην ταξινόμηση των κυμάτων της θάλασσας, θα αναφερθούμε στα είδη των κυμάτων που διαδίδονται στα υγρά μέσα. Αυτά είναι τα επιμήκη και τα τροχιακά.

Στα επιμήκη η ταλάντωση των μορίων γίνεται κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης, δημιουργώντας μεταβαλλόμενες ζώνες συμπίεσης και αραιώσης. Τα τροχιακά, αναπτύσσονται μεταξύ δυο μέσων διαφορετικής πυκνότητας πχ. η θάλασσα και ο αέρας αλλά και μέσα στην θάλασσα μεταξύ επιφανειακού και βαθύτερου νερού. Αυτά τα κύματα ακολουθούν κυκλική ή ελλειπτική τροχιά και περιορίζονται στην περιοχή δημιουργίας τους.

3.2. Ταξινόμηση κυμάτων θάλασσας

Τα κύματα της θάλασσας διακρίνονται σε επιφανειακά και σε εσωτερικά κύματα. Τα εσωτερικά είναι ένα είδος τροχιακών κυμάτων και δημιουργούνται στο εσωτερικό της θάλασσας λόγω της διαφοράς της πυκνότητας.

Τα επιφανειακά κύματα που είναι και τα πιο σημαντικά, έχουν πολλές γενεσιουργές αιτίες. Ο άνεμος, οι σεισμοί, οι καταιγίδες, ο ήλιος και η σελήνη είναι κάποια από αυτά. Όταν όμως δημιουργείται κάποια ανατάραξη στην επιφάνεια της θάλασσας, τείνουν να αναπτυχθούν δυνάμεις για να εξισορροπήσουν αυτή την αλλαγή. Αυτές οι δυνάμεις λέγονται δυνάμεις αποκατάστασης και διαφοροποιούνται ανάλογα με το αίτιο δημιουργίας.

Όταν λοιπόν αίτιο πρόκλησης της αναταραχής είναι ο άνεμος, οι δυνάμεις που τείνουν να το αποκαταστήσουν είναι η επιφανειακή τάση για ρυτιδώσεις μικρής περιόδου και η βαρύτητα για συνήθη ανεμογενή κύματα. Για αυτόν τον λόγο τα ανεμογενή κύματα αναφέρονται και σαν κύματα βαρύτητας.

Σε κάθε άλλη περίπτωση που οι ρυτιδώσεις είναι μεγάλης περιόδου, πρωτεύοντα ρόλο έχει η δύναμη Coriolis.

Σημαντικό ρόλο στην δημιουργία των κυμάτων παίζει και το βάθος στο οποίο αυτά δημιουργούνται. Έτσι μπορούμε να ταξινομήσουμε τα κύματα και ανάλογα με το βάθος, σε: κύματα ρηχών νερών, σε ενδιάμεσα κύματα και σε κύματα βαθιών νερών.

Στα κύματα ρηχών νερών, που ισχύει $D < \frac{L}{20}$, όπου D το βάθος του νερού και L το μήκος κύματος, η ταχύτητα και το μήκος κύματος εξαρτώνται μόνο από το βάθος και το ύψος. Η ταχύτητα αυξάνει μέχρις ότου γίνει θραύση των κυμάτων.

Στα ενδιάμεσα κύματα, η ταχύτητα και το μήκος κύματος μειώνονται καθώς μειώνεται το βάθος και το ύψος H αυξάνει όσο πλησιάζει προς την ακτή.

Στα κύματα βαθιών νερών, που ισχύει $D > \frac{L}{2}$, η ταχύτητα και το μήκος κύματος παραμένουν σταθερά, ενώ εξαρτώνται μόνο από την περίοδο. Το ύψος κύματος παραμένει και αυτό σταθερό και δεν επηρεάζεται από κανέναν παράγοντα.

3.3. Ενέργεια των κυμάτων

Αν υποθέσουμε πως το κύμα εκτελεί μια ημιτονοειδή περιοδική κίνηση, η μηχανική ενέργεια που μεταφέρεται, μετατρέπεται περιοδικά σε δυο διαφορετικά είδη ενέργειας, την κινητική και την δυναμική.

$$E = E_K + E_\Delta$$

Όπου E η ολική ενέργεια

E_K η κινητική ενέργεια και

E_Δ η δυναμική ενέργεια

Σ' αυτή την ιδανική περίπτωση, θεωρούμε ότι $E_K = E_\Delta$.

Οπότε έχουμε [1]:

$$E_K = E_\Delta = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{16} \quad (3.1)$$

Άρα η ολική ενέργεια θα είναι ίση με:

$$E = 2 \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{16} = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{8} = \frac{\rho \cdot g \cdot (2 \cdot a)^2}{8} = \frac{4 \cdot \rho \cdot g \cdot a^2}{8} = \frac{\rho \cdot g \cdot a^2}{2} \quad (3.2)$$

Όπου ρ : η πυκνότητα του θαλασσινού νερού

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας

H : το ύψος κύματος και

a : το εύρος του κύματος

Για την περαιτέρω αξιολόγηση του κυματικού δυναμικού, χρησιμοποιούμε δυο δείκτες:

Την πυκνότητα της κυματικής ενέργειας και την κυματική ισχύ.

Η πυκνότητα της κυματικής ενέργειας εκφράζει τη μέση ροή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας διαμέσου ενός επιπέδου κάθετου στη διεύθυνση της κίνησης του κύματος. Στην ουσία, αντιπροσωπεύει το ενεργειακό περιεχόμενο των πραγματικών κυματισμών. Συμβολίζεται με E_{dens} , μετράται σε $W \cdot h/m^2$ και είναι ίση με:

$$E_{\text{dens}} = \frac{E}{L} = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (3.3)$$

Όπου E: η ολική ενέργεια

L: το μήκος κύματος
ρ: η πυκνότητα του θαλασσινού νερού
g: η επιτάχυνση της βαρύτητας και
H: το ύψος κύματος

Σε βαθιά νερά, εκεί όπου $D > \frac{L}{2}$, όπου D το βάθος του νερού και L το μήκος κύματος, δηλαδή το βάθος είναι μεγαλύτερο από το ήμισυ του μήκους του κύματος, η κυματική ισχύς ή ροή ενέργειας που μεταδίδεται ανά μήκος μετώπου του κύματος διαμέσου ενός κατακόρυφου επιπέδου κάθετου στη διεύθυνση της κίνησης του κύματος, είναι ίση με:

$$P = \frac{1}{32\pi} \rho g^2 H^2 T \quad (3.4)$$

Όπου ρ: η πυκνότητα του θαλασσινού νερού
g: η επιτάχυνση της βαρύτητας
H: το ύψος κύματος και
T: η περίοδος

3.4. Θεωρίες για την μετάδοση κυματισμών

Εξαιτίας της ποικιλίας των μορφών των κυμάτων καθώς και των μεταβολών που λαμβάνουν χώρα όταν μειώνεται το βάθος, δεν αρκεί μόνο μια θεωρία για να περιγράψει την μετάδοσή τους.

Κατά καιρούς έχουν παρατεθεί διάφορες θεωρίες από διακεκριμένους επιστήμονες. Για την δημιουργία της κάθε μιας λήφθηκαν σαν δεδομένες κάποιες παραδοχές.

Κάποιες από αυτές τις θεωρίες είναι:

Η θεωρία του Airy, η θεωρία του Stokes, η θεωρία των μεμονωμένων κυματισμών κ.α.

3.4.1.Γραμμική θεωρία

3.4.1.1.Γενικά

Η γραμμική θεωρία αναπτύχθηκε από τον Airy, ο οποίος θεώρησε ότι τα κύματα μικρού μήκους κύματος ακολουθούν ημιτονοειδή τροχιά.

Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τυχαία κύματα, τις λεγόμενες αναταράξεις, και ισχύει όταν το ύψος του κύματος H είναι πολύ μικρό σε σχέση με το βάθος του νερού D και το μήκος κύματος L . Δηλαδή η θεωρία δεν επιβεβαιώνεται σε πολύ μικρές αποστάσεις και σε πολύ ρηχά νερά.

Ο Airy για την διατύπωση της θεωρίας του βασίστηκε στην συνεκτική, ασυμπύεστη και αστρόβιλη ροή του ρευστού μέσου.

Μ'αυτή του την θεωρία, διαπίστωσε ότι κατά την διάδοση του κύματος στην επιφάνεια, τα σωματίδια του ρευστού ταλαντώνονται γύρω από την μέση θέση τους και ακολουθούν κυκλική τροχιά. Η διάμετρος των τροχιών μειώνεται στα βαθύτερα νερά και η τροχιά γίνεται πιο ελλειπτική.

3.4.1.2.Εξίσωση γραμμικής θεωρίας

Σύμφωνα με τον Airy, η ανύψωση της επιφάνειας ενός κύματος είναι συνάρτηση της μετατόπισης x και του χρόνου t , και έχει ημιτονοειδή μορφή:

$$\eta(x,t) = a \cos (kx - \omega t) \quad (3.5)$$

όπου:

a :το πλάτος κύματος σε m για το οποίο ισχύει:

$$a = \frac{H}{2}$$

H : το ύψος κύματος

k :ο κυματαριθμός σε cm^{-1} για το οποίο ισχύει:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

και δείχνει πόσα μήκη κύματος ξεδιπλώνονται στον χώρο όταν το κύμα έχει διανύσει απόσταση ενός μέτρου.

ω :γωνιακή συχνότητα σε rad/sec για το οποίο ισχύει:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f, \text{ όπου:}$$

$$\pi = 3.14$$

T: η περίοδος

f: η συχνότητα

Όμως τα κύματα διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας της θάλασσας με ταχύτητα φάσης c_p για την οποία ισχύει:

$$c_p = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T}$$

που σημαίνει ότι η γωνιακή συχνότητα ω και ο κυματαριθμός k εξαρτώνται το ένα από το άλλο όπως και το μήκος κύματος με την περίοδο T.

Οι γενικές εξισώσεις της ταχύτητας και του μήκους κύματος είναι [2]:

$$c(h) = \frac{gL}{2\pi} \varepsilon \varphi h + 2\pi \frac{D}{L} \quad (3.6)$$

$$L(h) = \frac{gT}{2\pi} \varepsilon \varphi h + 2\pi \frac{D}{L} \quad (3.7)$$

3.4.2.Θεωρία του Stokes

3.4.2.1.Γενικά

Ο Stokes παρατήρησε ότι η θεωρία του Airy ήταν ανεπαρκής στο να εξηγήσει την μεταφορά ύλης κατά την διεύθυνση μετάδοσης των κυματισμών.

Θεώρησε ότι για να γίνει μεταφορά μάζας, θα έπρεπε τα μόρια του νερού να μην κάνουν πλήρεις κύκλους σε μια περίοδο αλλά τόξα λίγο μικρότερα από 360° .

Μ'αυτόν τον τρόπο τα μόρια σταματούν πιο μπροστά από την θέση που ξεκίνησαν και γίνεται σταδιακή μεταφορά μάζας. Η προϋπόθεση που έθεσε για να ισχύει η θεωρία του ήταν ότι το βάθος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος.

3.4.2.2.Εξίσωση του Stokes

Κύματα 2^{ης} τάξης Stokes

Σύμφωνα με τον Stokes, σε αυθαίρετο βάθος, η ανύψωση της επιφάνειας ενός κύματος είναι συνάρτηση της μετατόπισης x και του χρόνου t :

$$\eta(x,t) = \alpha \left\{ \cos\theta + ka \frac{3\sigma^2}{4\sigma^3} \cos 2\theta \right\} \quad (3.8)$$

όπου:

α : το πλάτος κύματος σε m για το οποίο ισχύει:

$\alpha = \frac{H}{2}$ όπου H : το ύψος κύματος

k : ο κυματαριθμός σε cm^{-1} για το οποίο

ισχύει: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ και δείχνει πόσα μήκη κύματος

ξεδιπλώνονται στον χώρο όταν το κύμα έχει διανύσει απόσταση ενός μέτρου.

$\sigma = \tanh(kh)$ όπου k ο κυματαριθμός και h το βάθος του νερού

Η ταχύτητα φάσης δίνεται από τον τύπο:

$$c_p = \frac{\omega}{k} = \left(1 + \frac{1}{2}(ka)^2\right) \sqrt{\frac{g}{k}} \quad (3.9)$$

όπου:

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας

Κύματα 3^{ης} τάξης Stokes

Για κύματα που δημιουργούνται σε βαθιά νερά ο Stokes διατύπωσε τη θεωρία 3^{ης} τάξης για την οποία ισχύουν τα παρακάτω:

η ανύψωση της επιφάνειας ενός κύματος είναι συνάρτηση της μετατόπισης x και του χρόνου t :

$$\eta(x,t) = \alpha \left\{ \cos\theta + ka \frac{1}{2} \cos 2\theta + (ka)^2 \frac{3}{8} \cos 3\theta \right\} \quad (3.10)$$

η ταχύτητα φάσης δίνεται από τον τύπο:

$$c_p = \frac{\omega}{k} = \left(1 + \frac{1}{2}(ka)^2\right) \sqrt{\frac{g}{k}} \quad (3.11)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.Εκμετάλλευση και μετατροπή της θαλάσσιας ενέργειας

4.1 Γενικά

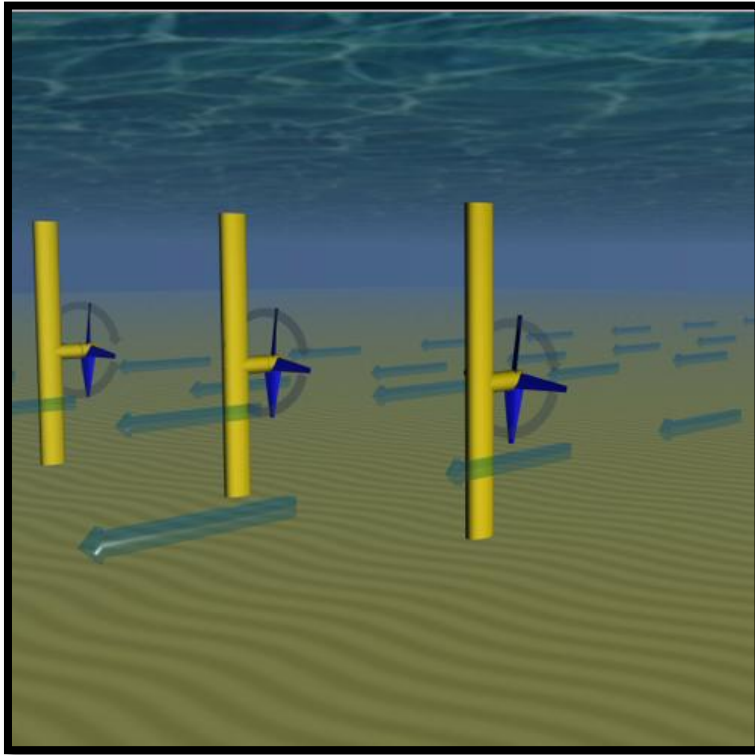
Η ανάγκη για την απόσπαση και εκμετάλλευση της κυματικής ισχύος, οδήγησε σε έτη έρευνας και κατασκευής διαφόρων συσκευών. Το ζητούμενο ήταν η κατασκευή συσκευών που θα μπορούσαν να μετατρέψουν την κυματική σε μια άλλη αξιοποιήσιμη μορφή ενέργειας.

Η μελέτη και η κατασκευή αυτών των μετατροπέων έπρεπε να γίνει σύμφωνα με τον τρόπο που επρόκειτο να αποσπαστεί η θαλάσσια ενέργεια καθώς επίσης και με την ικανότητα να αντέχουν στο αντίξοο και αφιλόξενο θαλάσσιο περιβάλλον.

4.2 Συσκευές παλιρροϊκής ενέργειας

Η μετατροπή της παλιρροϊκής ενέργειας παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με αυτή της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Οι μετατροπείς που κατασκευάστηκαν μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με τις ανεμογεννήτριες με την μόνη διαφορά ότι για την μετατροπή της παλιρροϊκής ενέργειας χρησιμοποιούνται εκτός από συστήματα οριζοντίου άξονα, που συναντώνται πιο συχνά στα αιολικά συστήματα, και συστήματα κατακόρυφου άξονα καθώς επίσης και παλινδρομικές διατάξεις.

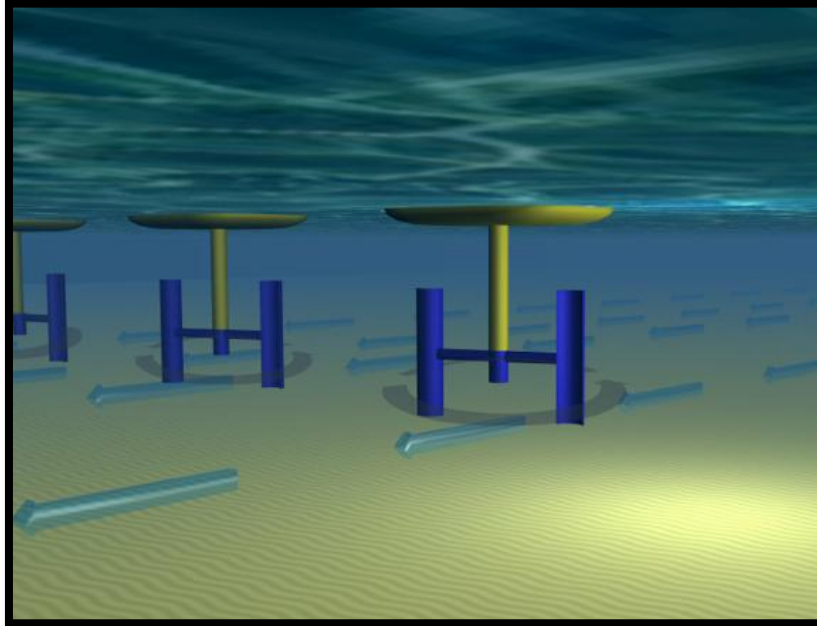
4.2.1 Στρόβιλος οριζοντίου άξονα



Εικόνα 1:Στρόβιλος οριζοντίου άξονα

Ο στρόβιλος οριζοντίου άξονα λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που λειτουργεί μια ανεμογεννήτρια και μοιάζει πάρα πολύ στον σχεδιασμό της. Ο στρόβιλος αυτός τοποθετείται σε παλιρροϊκό ρεύμα το οποίο αναγκάζει τα πτερύγια του σε περιστροφή και συνεπώς την παραγωγή ηλεκτρισμού. Σ' αυτήν την κατηγορία στροβίλων μπορεί να συναντήσουμε και στρόβιλους που εσωκλείονται σε περίβλημα για την δημιουργία αποτελεσμάτων δευτερεύουσας ροής.

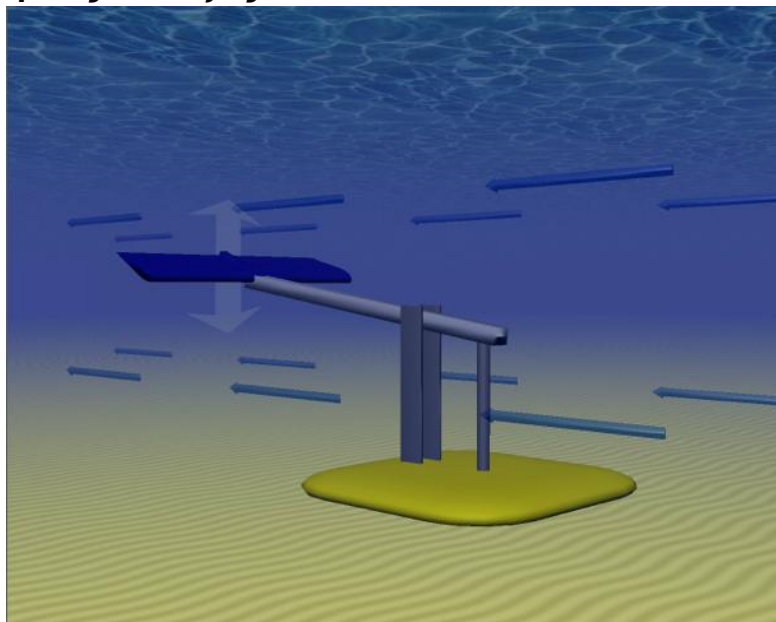
4.2.2 Στρόβιλος κατακόρυφου άξονα



Εικόνα 2:Στρόβιλος κατακόρυφου άξονα

Ο στρόβιλος κατακόρυφου άξονα μοιάζει πολύ με αυτόν του οριζοντίου άξονα και διέπεται από την ίδια αρχή λειτουργίας. Η διαφορά τους είναι στην φορά περιστροφής.

4.2.3 Παλινδρομικές διατάξεις



Εικόνα 3:Παλινδρομικές διατάξεις

Κύριο χαρακτηριστικό των παλινδρομικών διατάξεων είναι τα υδροπτερύγια που, λόγω της άνωσης που δημιουργείται από το παλιρροϊκό ρεύμα που ρέει και από τις δυο πλευρές των πτερυγίων, τα αναγκάζει να κινούνται μπρος και πίσω. Η ταλάντωση αυτή επιφέρει την παραγωγή ηλεκτρισμού.

4.3 Συσσκευές κυματικής ενέργειας

Διάφορες συσκευές έχουν κατασκευαστεί για την απόσπαση της κυματικής ενέργειας. Η κατηγοριοποίηση τους γίνεται βάσει της θέσης και του βάθους στα οποία καλούνται να λειτουργήσουν και βάσει της μεθόδου που χρησιμοποιείται για την απόσπαση της ενέργειας από τα κύματα.

4.3.1 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την θέση και το βάθος

Οι κυματικές συσκευές μπορούν να τοποθετηθούν σε επάκτια (χερσαία), παράκτια ή υπεράκτια θέση.

4.3.1.1 Επάκτια (χερσαία) θέση

Σημαντικό ρόλο για την τοποθέτηση των συσκευών κυματικής ενέργειας σε χερσαία θέση, είναι η μορφολογία της περιοχής που πρόκειται να εγκατασταθούν. Τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής μπορούν να έχουν θετικά ή επιζήμια αποτελέσματα στην δέσμευση της κυματικής ενέργειας.

Η εγκατάσταση γίνεται σε βάθος μικρότερο των 15 μέτρων και το σύστημα προσδένεται με κάποιο τρόπο στο έδαφος. Η πρόσβαση στην συσκευή δεν απαιτεί την χρήση πλοίου και για την τοποθέτηση τους μπορεί να γίνει χρήση ήδη υπάρχουσών κατασκευών όπως προβλήτες, κυματοθραύστες κτλ.

Η καλωδίωση και η σύνδεση στο δίκτυο δεν απαιτεί εύκαμπτες γραμμές τροφοδοσίας και υποθαλάσσιους συνδέσμους που μειώνει σημαντικά το κόστος εγκατάστασης.

Επίσης οι συσκευές σε αυτή την θέση, έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τις συσκευές που τοποθετούνται σε άλλες θέσεις καθώς δεν έχουν να αντιμετωπίσουν το αντίξοο θαλάσσιο περιβάλλον.

4.3.1.2 Παράκτια θέση

Τα συστήματα που προορίζονται για εγκατάσταση σε παράκτια θέση είναι ειδικά σχεδιασμένα έτσι ώστε να λειτουργούν αυτόνομα. Το βάθος στο οποίο γίνεται η εγκατάσταση είναι συνήθως μικρότερο των 25 μέτρων και τα συστήματα που τοποθετούνται σε αυτή την θέση εδράζονται στον πυθμένα, είτε με κάποιες κατασκευές, είτε με δομές βαρύτητας.

Και σε αυτή την θέση, πρωταρχικό παράγοντα έχει η μορφολογία του πυθμένα καθώς πρέπει να είναι επίπεδος ή να έχει μικρή κλίση έτσι ώστε να μην διαταράσσεται το κυματικό πεδίο.

Η πρόσβαση λόγω βάθους γίνεται με πλοία και είναι μια θέση η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη και από τα συστήματα αιολικής ενέργειας, γεγονός που μπορεί

να συμβάλει στην δημιουργία συνδυαστικών πάρκων κυματικής και αιολικής ενέργειας.

4.3.1.3 Υπεράκτια θέση

Λόγω μεγάλου βάθους (μεγαλύτερο των 25 μέτρων) της θέσης αυτής, η έδραση των συστημάτων στον πυθμένα θεωρείται ανέφικτη. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η μέθοδος της αγκυροβόλησης πλωτών συστημάτων τα οποία απαιτούν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και συντήρησης από τα προηγούμενα λόγω των συνθηκών που καλούνται να αντιμετωπίσουν καθημερινά.

4.3.2 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τη μέθοδο απόσπασης της ενέργειας

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι απόσπασης της κυματικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται από τις συσκευές για να την μετατρέψουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Βέβαια, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι μέθοδοι σε όλες τις θέσεις (επάκτια, παράκτια, υπεράκτια), γι' αυτόν τον λόγο η κατηγοριοποίηση γίνεται βάσει αυτού του κριτηρίου.

4.3.2.1 Μέθοδος αρθρώσεων

Πρόκειται για αρθρωτές πλωτές συσκευές μεγάλου μήκους οι οποίες στις αρθρώσεις φέρουν αντλίες. Καθώς τα κύματα «χτυπούν» πάνω στα συστήματα αυτά, οι αντλίες συμπιέζουν υδραυλικό υγρό και δίνουν κίνηση σε υδραυλικούς κινητήρες.

4.3.2.2 Μέθοδος οριζόντιας κίνησης

Τα συστήματα που διέπονται από αυτή την μέθοδο, εκμεταλλεύονται την οριζόντια ταχύτητα των θαλάσσιων κυμάτων για να εκτρέψουν κατάλληλα σώματα ή να συμπιέσουν και να αποσυμπιέσουν εύκαμπτους αεροθαλάμους που είναι παράλληλοι στο μέτωπο του κύματος.

4.3.2.3 Μέθοδος κατακόρυφης ταλάντωσης

Οι μετατροπείς που χαρακτηρίζονται από αυτή την μέθοδο είναι πλωτοί και πολλές φορές αγκυροβολημένοι στον πυθμένα της θάλασσας. Ακολουθούν την κατακόρυφη κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας μετατρέποντας (μέσω μηχανικών και υδραυλικών συστημάτων) την παλινδρομική κίνηση των πλωτήρων σε περιστροφική ή άλλη κίνηση για την έναρξη λειτουργίας μιας ηλεκτρογεννήτριας.

4.3.2.4 Μέθοδος ταλαντευόμενης στήλης ύδατος

Πρόκειται για κατακόρυφες συσκευές που στο εσωτερικό τους διαθέτουν ένα θάλαμο αέρα, ανοιχτό από την πλευρά του πυθμένα. Καθώς η επιφάνεια της θάλασσας κινείται, η αέρια μάζα μέσα στο θάλαμο συμπιέζεται και αποσυμπιέζεται δημιουργώντας έτσι τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την έναρξη λειτουργίας ενός αεροστρόβιλου.

4.3.2.5 Μέθοδος υπερύψωσης

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από δεξαμενές, είτε πλωτές είτε σταθερές οι οποίες συλλέγουν νερό και το αποθηκεύουν σε υψηλότερη στάθμη από αυτήν της επιφάνειας της θάλασσας. Η διαφορά που υπάρχει στην στάθμη χρησιμοποιείται για να κινηθούν υδροστρόβιλοι και να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Συσκευές κυματικής ενέργειας ανάλογα με την θέση και την μέθοδο απόσπασης

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι συσκευές κυματικής ενέργειας κατηγοριοποιούνται με δύο κριτήρια: την θέση και την μέθοδο απόσπασης της θαλάσσιας ενέργειας.

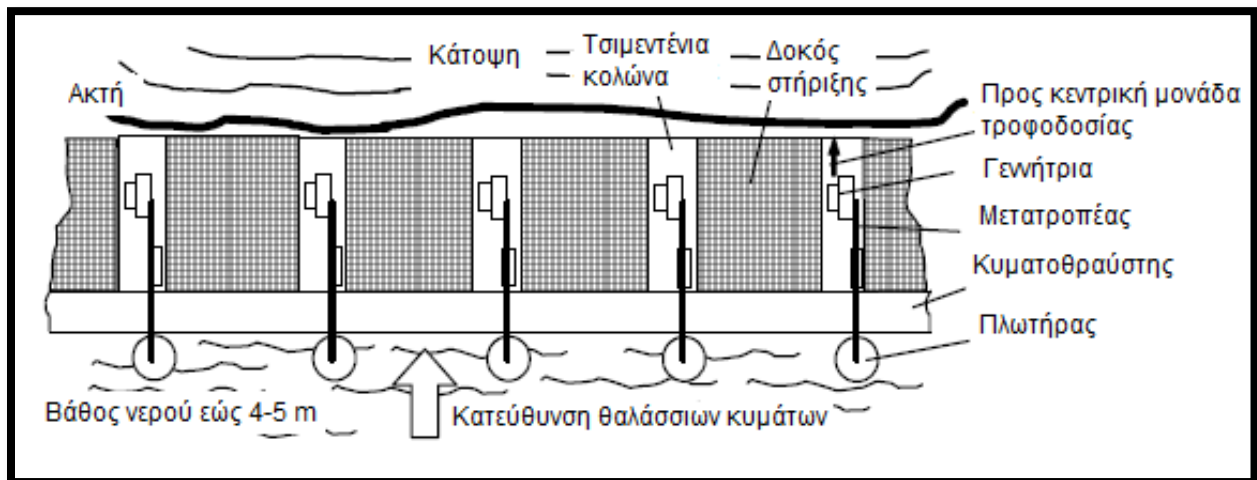
Σ'αυτή την ενότητα θα εντάξουμε σε κάθε θέση την μέθοδο απόσπασης και θα δούμε παραδείγματα μετατροπών ενέργειας.

5.1. Επάκτια θέση

5.1.1. Μετατροπείς με την μέθοδο κατακόρυφης ταλάντωσης

5.1.1.1. Labbuoy

Το Labbuoy είναι ένας μετατροπέας κυματικής ενέργειας που εγκαθίσταται κοντά σε ακτές. Μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε αποβάθρες, είτε σε κυματοθραύστες και λόγω της σταθερότητας της θέσης του παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα ως προς την συντήρηση του συστήματος.



Εικόνα 4: Παράδειγμα κυματοθραυστικής εγκατάστασης Labbuoy

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Μια εγκατάσταση Labbuoy αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα: Τους μετατροπείς Labbuoy, τα συστήματα μετάδοσης, τα συστήματα μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας ή αλλιώς γεννήτριες και τέλος το μέσο τοποθέτησης.

Οι μετατροπείς Labbuoy είναι πλωτοί και τοποθετούνται παράλληλα ο ένας στον άλλο στο επιλεγμένο μέσο τοποθέτησης (αποβάθρα ή κυματοθραύστη). Καθώς τα κύματα πλησιάζουν, οι συσκευές ακολουθούν την κατακόρυφη κίνηση της επιφάνειας της θάλασσας και μέσω ενός μηχανικού συστήματος μετάδοσης (αλυσίδα ή γραναζιών), μεταφέρουν την αποσπασμένη κυματική ενέργεια στην γεννήτρια (η οποία κινείται είτε μέσω γραναζιών, είτε μέσω εναλλάκτη άμεσης κίνησης) και την μετατρέπει σε ηλεκτρική.

5.1.1.2. SDE



Εικόνα 5:Συσκευή SDE σε κυματοθραύστη

Η συσκευή SDE αποτελείται από πλωτήρες που εγκαθίστανται σε κυματοθραύστες ή άλλες επάκτιες δομές, και εκμεταλλεύεται την κάθετη κίνηση που δημιουργείται από τις εγκαταστάσεις αυτές.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Καθώς τα κύματα κινούνται προς την δομή στην οποία βρίσκονται τοποθετημένοι οι πλωτήρες, τους αναγκάζουν σε κίνηση. Η κίνηση αυτή πιέζει, μέσω ενός εμβόλου, το υδραυλικό υγρό το οποίο ρυθμίζεται από συστήματα που θέτουν σε λειτουργία μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Όλη αυτή η διαδικασία καταλήγει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Καινοτομία του συστήματος αυτού είναι ο μηχανισμός αυτοδιόρθωσης που διαθέτει η συσκευή. Ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει στην συσκευή να εκμεταλλεύεται ακόμα και τα μεγάλα κύματα τα οποία τείνουν να υπερπηδήσουν τους πλωτήρες, απορροφώντας τα και γυρνώντας πίσω το μέρος του κύματος που είναι αξιοποιήσιμο. Η διάρκεια ζωής τους είναι αρκετά μεγάλη καθώς μόνο το 10% της συσκευής είναι βυθισμένο στο νερό.

5.1.2. Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος

5.1.2.1. WECA



Εικόνα 6: Συσκευή WECA σε κυματοθραύστη

Ο μετατροπέας WECA μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε παραθαλάσσια εγκατάσταση (προβλήτα, κυματοθραύστη) αλλά και σε παράκτιες ή υπεράκτιες θέσεις .

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Η συσκευή WECA αποτελείται από ένα κοίλο κομμάτι πάνω στο οποίο προσπίπτουν τα κύματα. Με την πρόσπτωση των κυμάτων, ο μετατροπέας εκμεταλλεύεται την ορμή τους και μέσω μιας ανεστραμμένης κωνοειδούς χοάνης, η οποία λειτουργεί σαν θάλαμος συμπίεσης, την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Το αξιοσημείωτο αυτού του μετατροπέα είναι ότι η σχεδίαση του, του επιτρέπει να απορροφά μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ενέργειας χωρίς επεμβάσεις τρίτων.

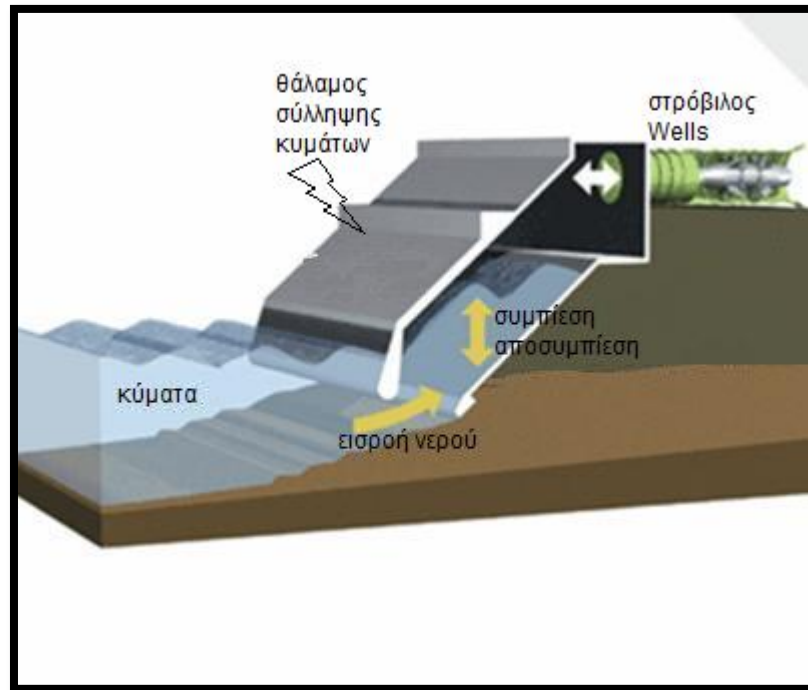
5.1.2.2. Limpet



Εικόνα 7:Συσκευή Limpet στην νήσο Islay της Σκωτίας

Η συσκευή Limpet μετρά 13 χρόνια παραγωγικής λειτουργίας μιας και το 2000 εγκαταστάθηκε στις ακτές της Σκωτίας και έκτοτε συνεισφέρει στην τροφοδοσία του δικτύου της. Η εγκατάσταση αυτή μπορεί να τοποθετηθεί ακόμα και σε κατάλληλα προσαρμοσμένους βράχους έχοντας χαμηλό κόστος συντήρησης.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας



Εικόνα 8:Λειτουργία Limpet:

Ο μετατροπέας Limpet χρησιμοποιεί μια ταλαντευόμενη στήλη ύδατος για να οδηγήσει τον αέρα εντός και εκτός ενός θαλάμου πίεσεως, με την βοήθεια ενός στροβίλου. Ο θάλαμος σύλληψης είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα και έχει κλίση 40° . Στο κάτω μέρος του έχει ένα άνοιγμα που επιτρέπει στο νερό να εισέρχεται και λόγω της κατακόρυφης παλινδρομικής του κίνησης να λειτουργεί σαν έμβολο συμπιέζοντας και αποσυμπιέζοντας τον αέρα που υπάρχει στον θάλαμο. Λόγω αυτής της συμπύεσης- αποσυμπύεσης, ο αέρας ρέει και εξαναγκάζει σε περιστροφή έναν στρόβιλο.

5.1.3. Μετατροπείς με την μέθοδο υπερύψωσης

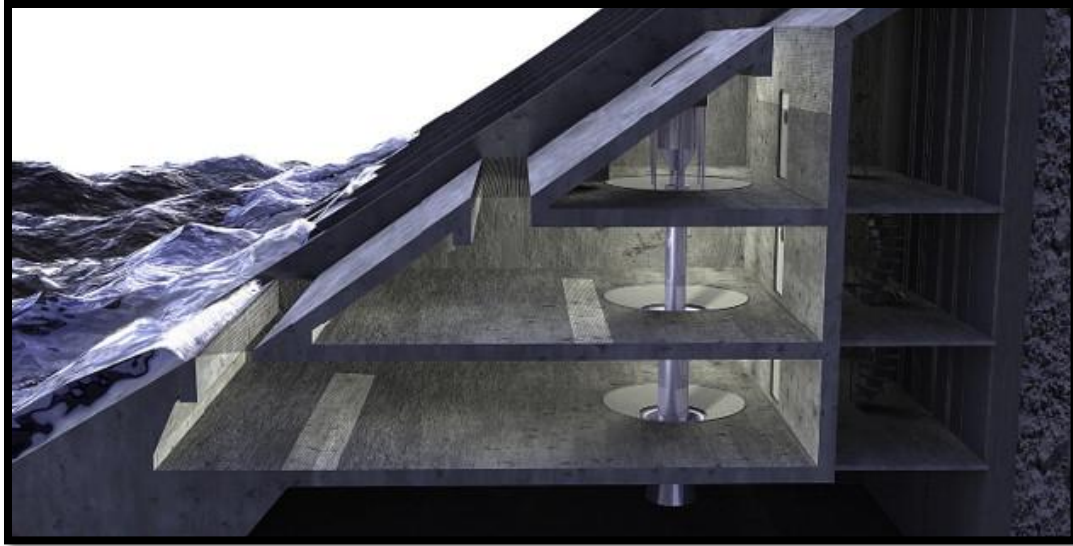
5.1.3.1. SSG



Εικόνα 9: Σύστημα SSG με τρεις δεξαμενές

Οι συσκευές αυτές μπορούν να τοποθετηθούν σε επάκτιες θέσεις (κυματοθραύστη, αποβάθρα) και σε παράκτιες ή υπεράκτιες θέσεις είτε σαν πλωτές είτε σαν σταθερές.

Το σύστημα SSG αποτελείται από έναν αριθμό δεξαμενών, τοποθετημένων η μία πάνω στην άλλη, οι οποίες αποθηκεύουν την ενέργεια των εισερχόμενων κυμάτων. Ο αριθμός των δεξαμενών επηρεάζει την συνολική απόδοση του συστήματος καθώς η ενέργεια που αποθηκεύεται από δύο ή και τρεις δεξαμενές είναι μεγαλύτερη από αυτή της μίας.



Εικόνα 10:Εσωτερικό συσκευής SSG

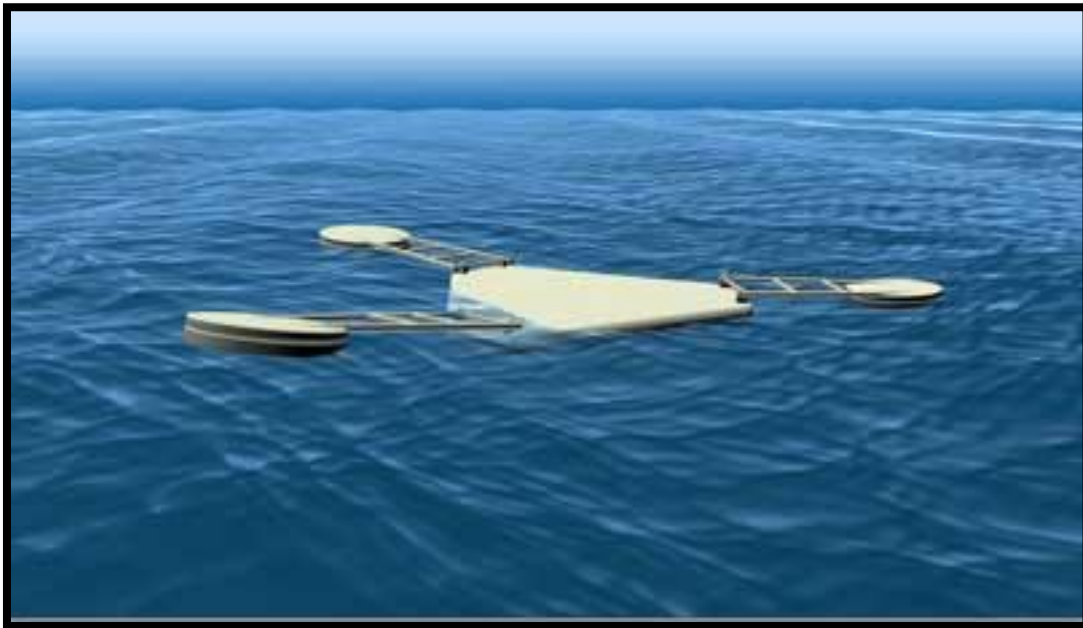
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Όπως προείπαμε το σύστημα SSG αποτελείται εσωτερικά απο έναν αριθμό δεξαμενών οι οποίες είναι τοποθετημένες η μία πάνω στην άλλη. Εξωτερικά όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα υπάρχουν οι πύλες οι οποίες κατά την πρόσκρουση των κυμάτων πάνω στο σύστημα, αφήνουν μια ποσότητα νερού να περνά και να αποθηκεύεται στις δεξαμενές. Το παγιδευμένο νερό διέρχεται απο έναν πολυ-τμηματικό στρόβιλο ο οποίος έχει την ιδιότητα να εκμεταλλεύεται οποιοδήποτε ύψος κυματικών μετώπων και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Το μεγαλύτερο μέρος της συσκευής είναι κατασκευασμένο απο σπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ τα μοναδικά κινητά μέρη της είναι οι πύλες και ο στρόβιλος.

5.2. Παράκτια θέση

5.2.1. Μετατροπείς με την μέθοδο αρθρώσεων

5.2.1.1. Waveberg



Εικόνα 11:Συσκευή Waveberg

Ο μετατροπέας Waveberg είναι μια πλωτή συσκευή με αποδεδειγμένα μεγάλη αντοχή σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Κατασκευάστηκε στις αρχές του 1970 από τον John Berg στην προσπάθειά του να δημιουργήσει μια χαμηλού κόστους λύση βασισμένη στις εξής αρχές:

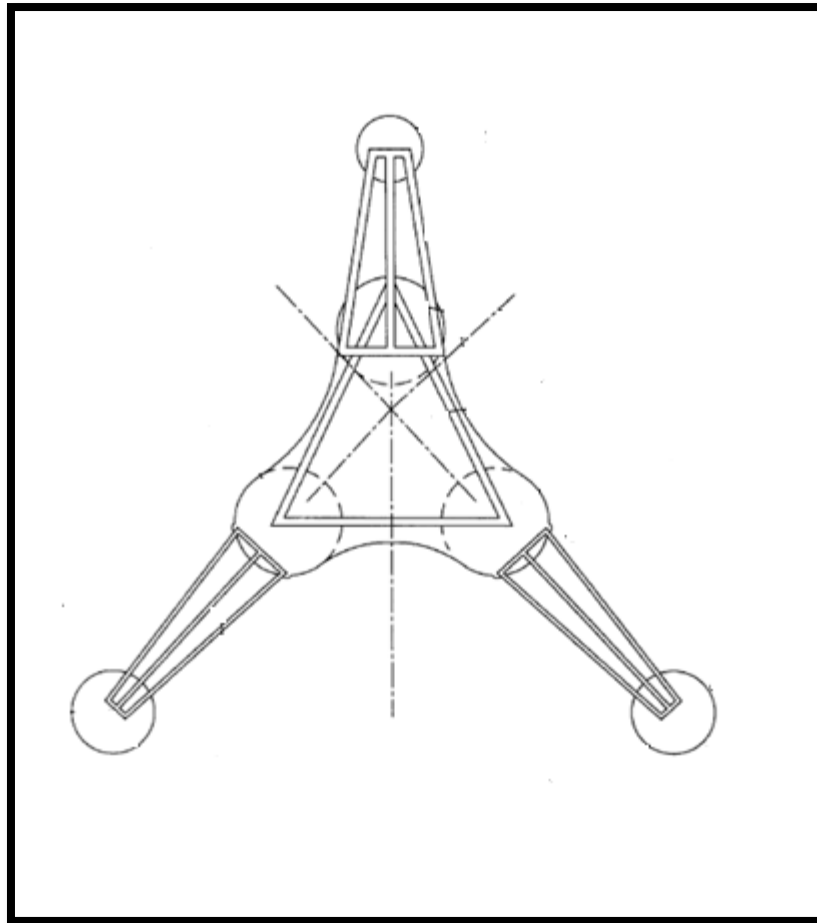
- Η συσκευή να υπερπηδά τα κύματα και να μην αντιστέκεται σε αυτά
- Τα υλικά κατασκευής της να είναι φθηνά, ανθεκτικά στη διάβρωση και φιλικά στο περιβάλλον
- Η κατασκευή της να είναι απλή και η εγκατάσταση και συντήρηση της να είναι οικονομική

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί πως η συσκευή Waveberg επιβίωσε κατά τη διάρκεια μιας καταστροφικής καταιγίδας το 1997 στις ακτές της Φλόριντας.

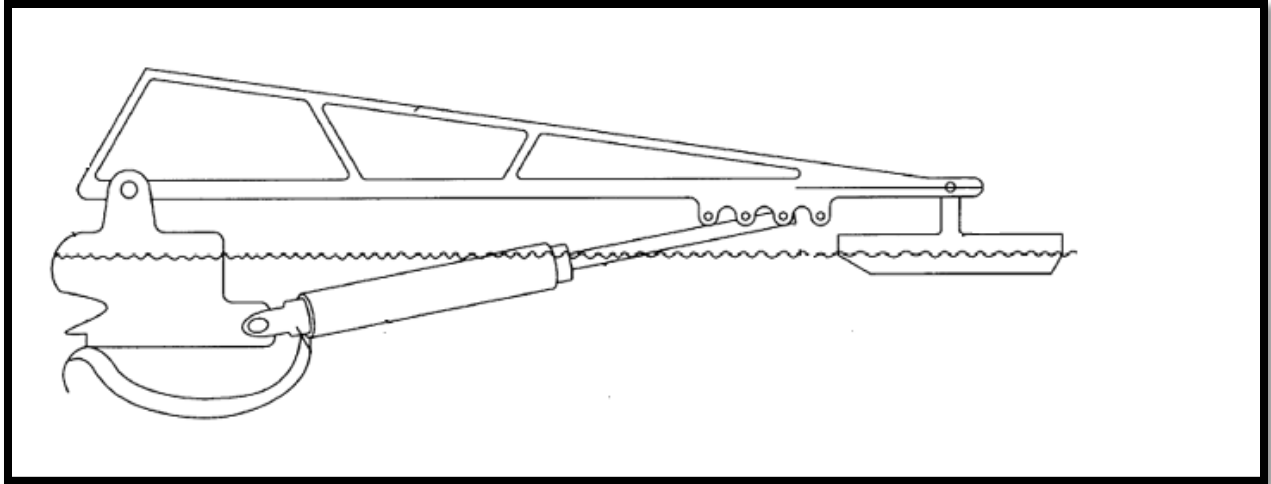
Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας Waveberg αποτελείται από πλωτούς βραχίονες οι οποίοι λυγίζουν καθώς τα κύματα διέρχονται από το κάτω μέρος τους. Κάνοντας αυτή

την κίνηση, αντλείται θαλασσινό νερό το οποίο μεταφέρεται υπο υψηλή πίεση μέσω σωληνώσεων στην στεριά και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 12:Κάτοψη συσκευής Waveberg



Εικόνα 13: Πλάγια όψη πλωτού βραχίονα

5.2.2. Μετατροπείς με την μέθοδο οριζόντιας κίνησης

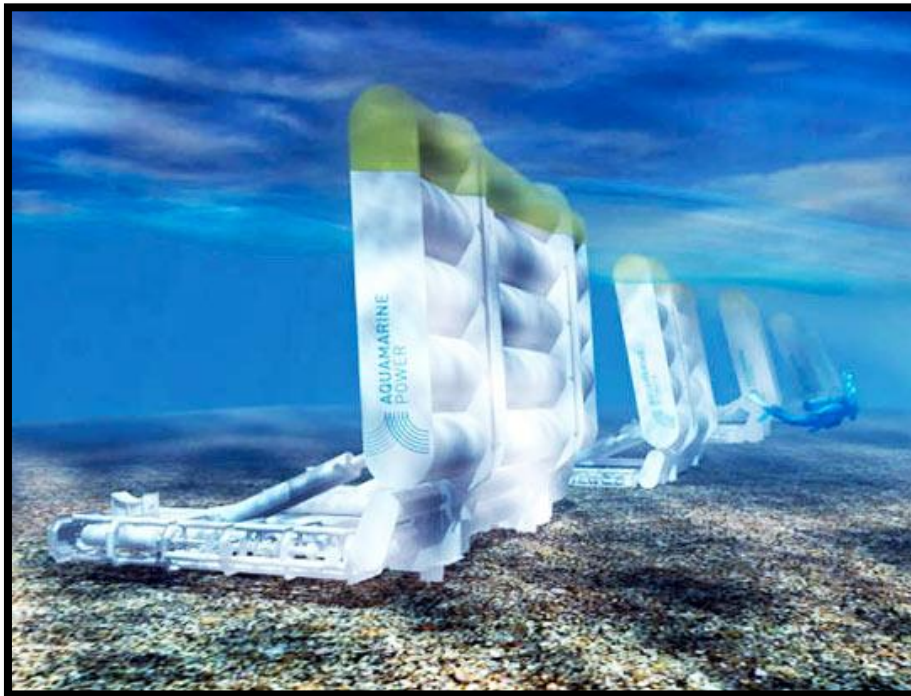
5.2.2.1. Oyster



Εικόνα 14: Συσκευή Oyster σε λειτουργία

Η συσκευή Oyster είναι μια συσκευή που τοποθετείται μόνο σε παράκτιες θέσεις λόγω της αρχής λειτουργίας της. Εκμεταλλεύεται στο μέγιστο τα κύματα που δημιουργούνται σε αυτή την θέση και η διάρκεια ζωής της είναι μεγάλη μιας και δεν έρχεται αντιμέτωπη με μεγάλα κύματα όπως αυτά που συναντάμε σε πιο βαθιά νερά.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας



Εικόνα 15:Συσκευή Oyster εγκατεστημένη στον πυθμένα

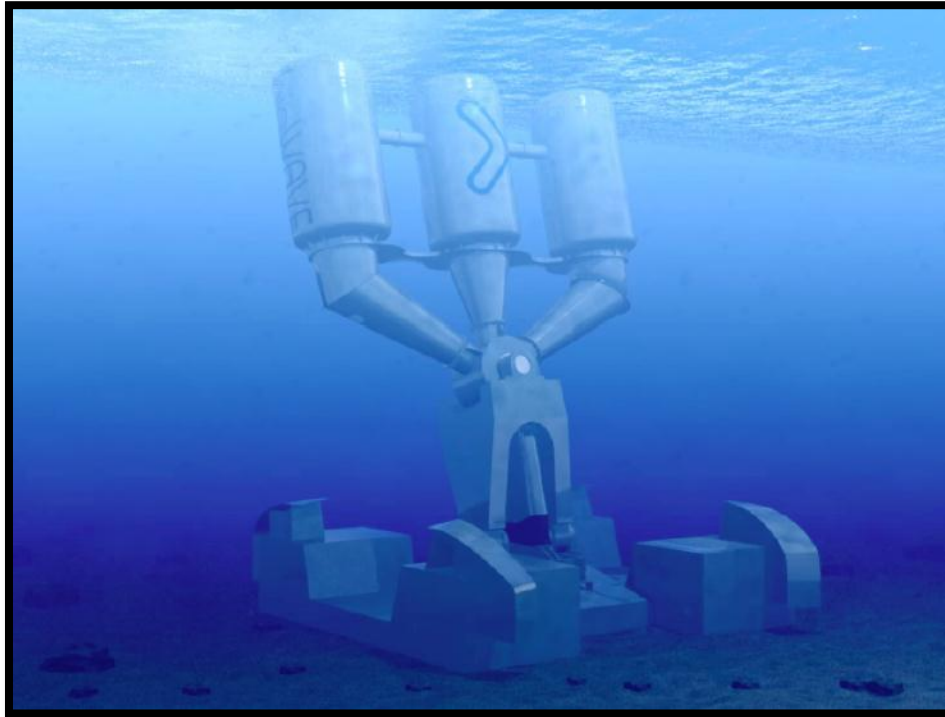
Ο μετατροπέας Oyster αποτελείται από έναν ταλαντωτή τοποθετημένο πάνω σε μια βάση που σταθεροποιείται στον βύθο. Ο ταλαντωτής κινείται μπρος-πίσω ακολουθώντας την κίνηση των διερχόμενων κυμάτων και μέσω ενός διπλού υδραυλικού εμβόλου διαβιβάζει την ισχύ σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό στην ακτή.

Οι απαιτήσεις συντήρησης του είναι ελάχιστες και κρίνεται οικονομικά αποδοτικό μιας και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με το μέγεθός της.

Η συσκευή αυτή εκτός από την μετατροπή ενέργειας, χρησιμοποιείται και για άλλες εφαρμογές όπως η αφαλάτωση του νερού. Αυτή την διαδικασία μπορεί να

την ακολουθήσει παράλληλα με την παραγωγή ενέργειας, καθώς η μονάδα που εγκαθίσταται για την αφαλάτωση είναι μια ανεξάρτητη μονάδα.

5.2.2.2. Biowave



Εικόνα 16: Συσσκευή Biowave

Η BioPower Systems, μια αυστραλιανή εταιρεία εμπνεύστηκε την συσκευή Biowave από κάποια θαλάσσια φυτά που επιβιώνουν στον ωκεανό και έχουν προσαρμοστεί στην συνθήκες που επικρατούν. Αντί να αντιστέκεται στα διερχόμενα κύματα, κινείται μαζί με αυτά εκμεταλλευόμενη την ενέργειά τους χωρίς να χρειάζεται κάποια ακριβή κατασκευή.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας Biowave αγκυροβολείται στον πυθμένα μέσω ενός συστήματος αγκυροβολήσης το οποίο φέρει μια αυτοπροσανοτολιζόμενη βάση στήριξης. Αυτή η βάση έχει την ιδιότητα να ακολουθεί την κίνηση των κυμάτων κάνοντας έτσι αξιοποιήσιμη κάθε ομάδα διερχόμενων κυμάτων.

Πάνω στην βάση είναι τοποθετημένη μια αρθρωτή γεννήτρια που αποσπάται εύκολα αν χρειαστεί να απομακρυνθεί από την συσκευή. Η ηλεκτρική αυτή γεννήτρια σχεδιάστηκε για να συνδυάζει μια γεννήτρια μόνιμων μαγνητών

με έναν παλινδρομικό μηχανισμό δίνοντας έτσι μια εξομαλυσμένη παραγωγή AC ισχύος.

Τέλος, τα πτερύγια της συσκευής είναι υδροδυναμικά και κατασκευασμένα από υλικά φιλικά προς το περιβάλλον και αλληλεπιδρούν συνεχώς με το πεδίο ροής της κυματικής ενέργειας απορροφώντας την μέγιστη δυνατή ενέργεια.

5.2.3.Μετατροπείς με την μέθοδο της κατακόρυφης ταλάντωσης

5.2.3.1.Wet EnGen



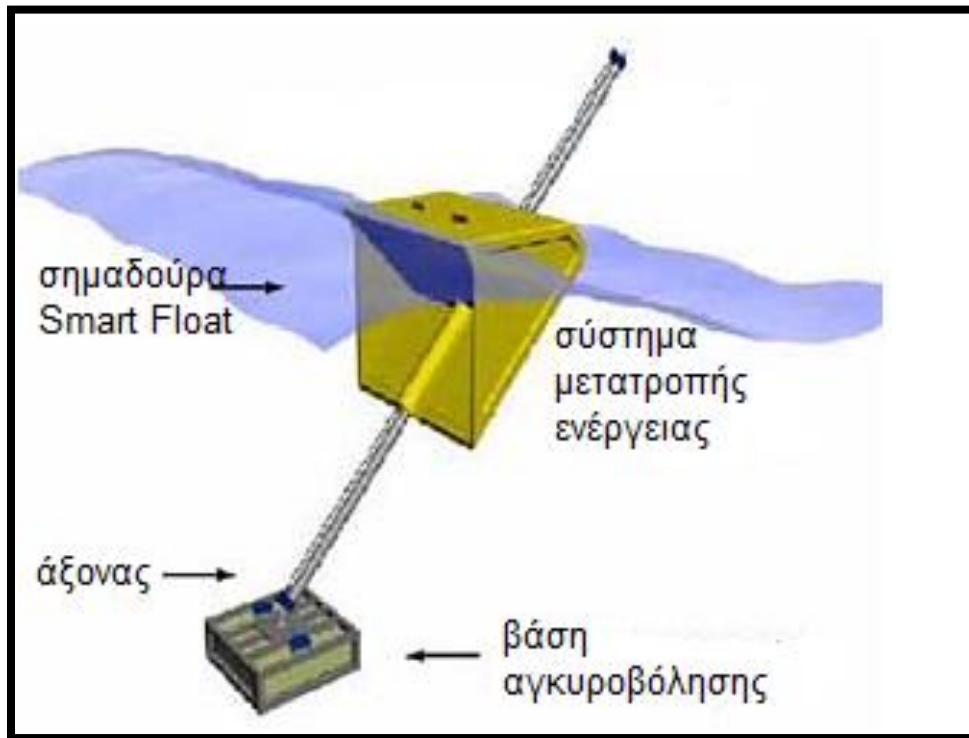
Εικόνα 17:Συσκευή Wet EnGen

Ο μετατροπέας Wet EnGen είναι μια συσκευή που κατασκευάστηκε από μια канаδική εταιρεία, την Wave Energy Technologies όχι μόνο για την παραγωγή ηλεκτρισμού αλλά και για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Η συσκευή Wet EnGen αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη:

1. την βάση αγκυροβόλησης
2. τον άξονα
3. την σημαδούρα Smart Float
4. και το σύστημα μετατροπής της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική



Εικόνα 18:Μέρη συσκευής Wet EnGen

Ο άξονας είναι άκαμπτος και προσδένεται στην βάση αγκυροβόλησης με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να επιτρέπει στην συσκευή να περιστρέφεται και να ακολουθεί την κατεύθυνση των θαλάσσιων κυμάτων.

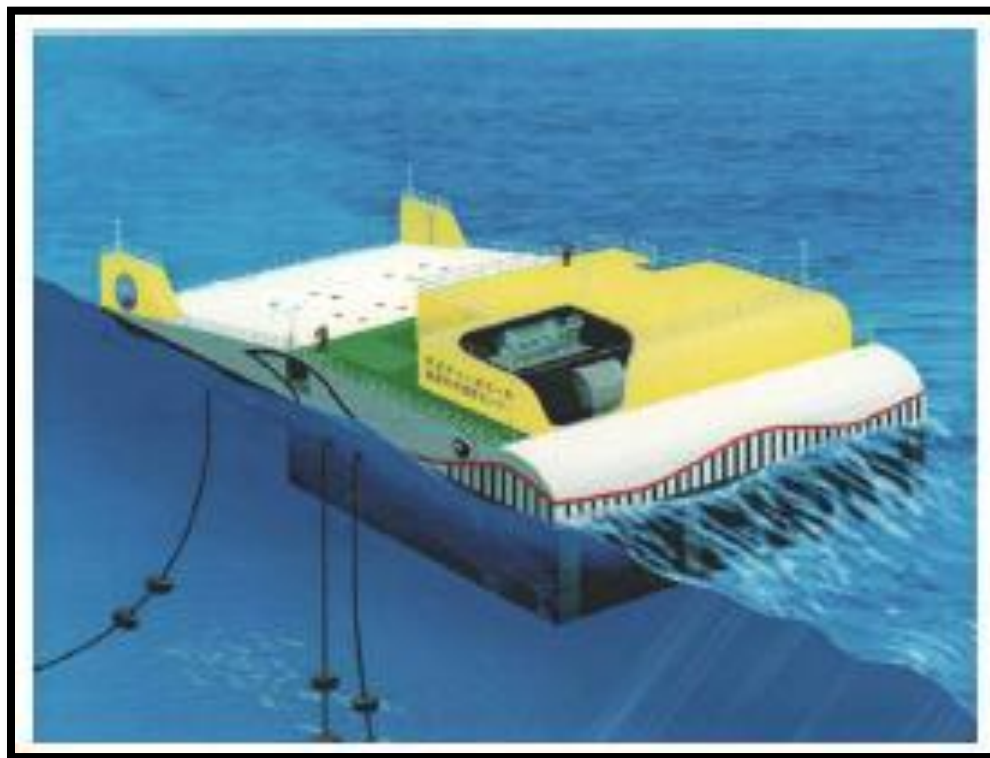
Στην κορυφή του άξονα, είναι τοποθετημένη υπό γωνία 45° η σημαδούρα Smart float που κινείται κατά μήκος του άξονα.

Καθώς η θάλασσα αναταράσσεται λόγω των κυματισμών, ο μετατροπέας παράγει συνεχώς ενέργεια όχι μόνο από την ανύψωση των κυμάτων αλλά και από την πτώση τους.

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας αυτής της συσκευής έχει κριθεί αρκετά οικονομικό και αποδίδει το βέλτιστο. Η συντήρηση της είναι χαμηλών απαιτήσεων λόγω των απλής κατασκευής μερών που την απαρτίζουν.

5.2.4.Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος

5.2.4.1.Mighty Whale



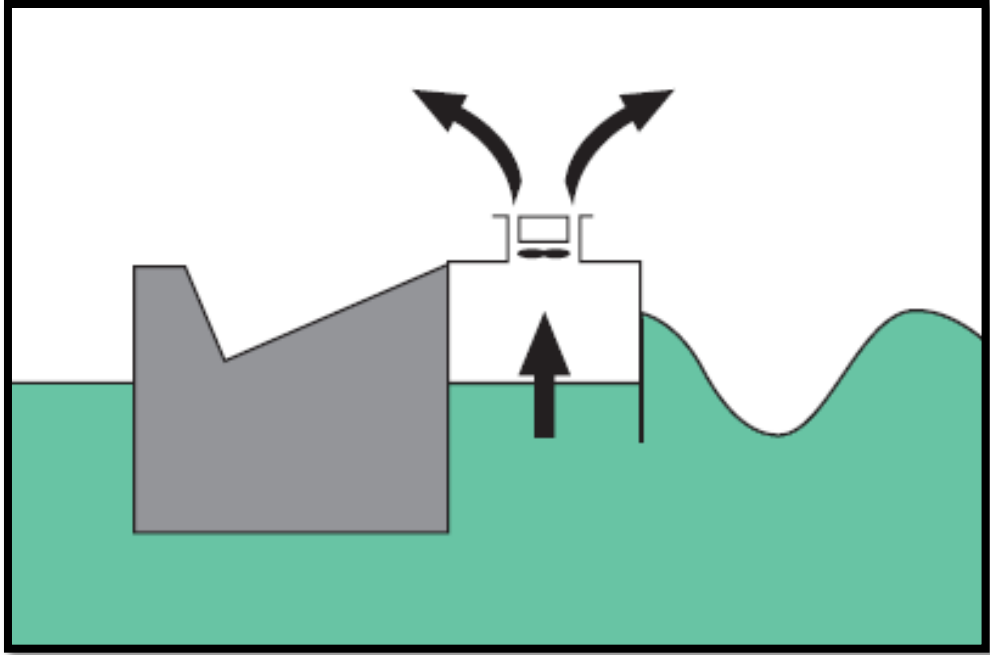
Εικόνα 19:Συσκευή Mighty Whale

Η συσκευή Mighty Whale ξεκίνησε σαν ιδέα το 1987 στην Ιαπωνία από το Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC). Ένα δοκιμαστικό μοντέλο έκανε την εμφάνιση του τον Ιούλιο του 1998 στον κόλπο του Gokasho και θεωρήθηκε σαν μια συσκευή που μπορεί να βοηθήσει όχι μόνο στην παραγωγή ηλεκτρισμού αλλά και στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

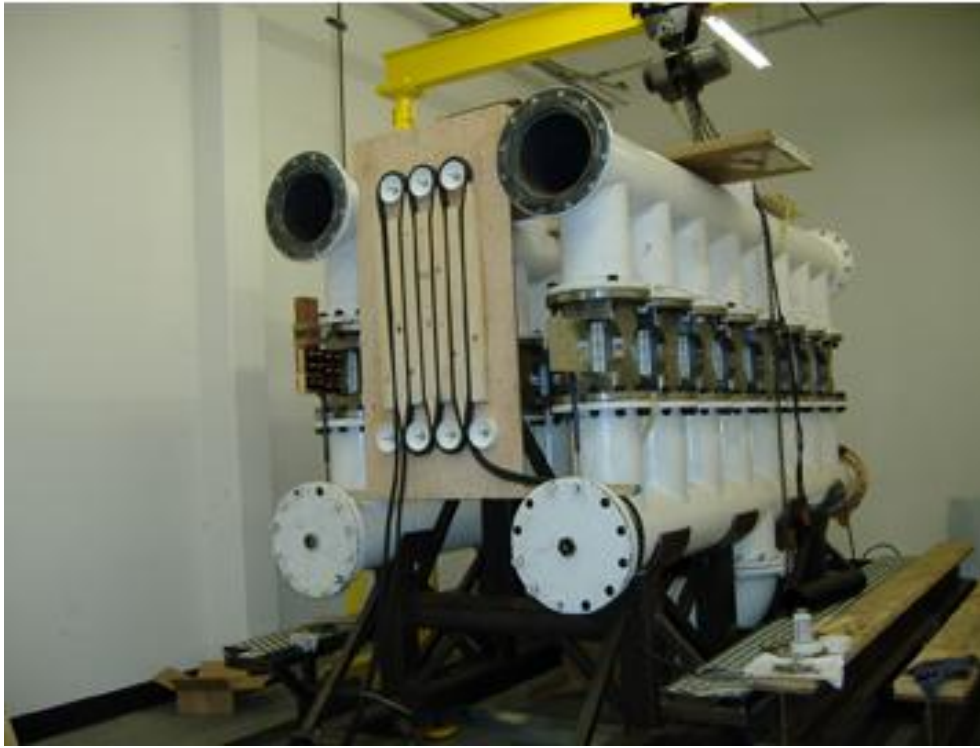
Το Mighty Whale μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική με την μέθοδο των ταλαντευόμενων στηλών ύδατος που χρησιμεύουν για να κινήσουν αεροστρόβιλους.

Η συσκευή έχει τρεις θαλάμους αέρα, ο καθένας από τους οποίους δημιουργεί στο εσωτερικό του ροή αέρα διπλής κατεύθυνσης. Αυτό συμβαίνει λόγω της ανόδου και καθόδου της στάθμης του νερού που υπάρχει μέσα στον θάλαμο, το οποίο επηρεάζεται άμεσα από την θαλάσσια κίνηση.



Εικόνα 20: Άνοδος στάθμης του νερού στο εσωτερικό του θαλάμου λόγω κίνησης των κυμάτων και ροή αέρα

5.2.4.2.MWEC



Εικόνα 21:Συσκευή MWEC

Η αμερικανική εταιρεία Sara κατόρθωσε να αναπτύξει έναν κυματικό μετατροπέα που χρησιμοποιεί μια μαγνητο-υδροδυναμική γεννήτρια για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις θαλάσσιες θέσεις (χερσαία, παράκτια, υπεράκτια) και είναι ένα οικονομικό αλλά και εξαιρετικά αποδοτικό σύστημα.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας MWEC είναι συμβατός με συστήματα που βασίζονται στην ταλάντωση.

Δεν χρησιμοποιεί μια συμβατική ηλεκτρική γεννήτρια για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική αλλά μια αποτελεσματική, χαμηλού κόστους μαγνητο-υδροδυναμική γεννήτρια η οποία βρίσκεται στον πυθμένα της εγκατάστασης.

Ένας άξονας μεταφέρει την κίνηση των κυμάτων της επιφανείας στην γεννήτρια, η οποία στην θέση που βρίσκεται, δεν επηρεάζεται από αυτά. Ο άξονας αυτός εξαναγκάζει το διεξαγόμενο υγρό να περάσει μέσα από ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Το χαμηλής τάσης, συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργείται είναι λόγω της αλληλεπίδρασης της μαγνητο-υδροδυναμικής γεννήτριας.

Ένας ηλεκτρικός μετατροπέας, μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε εκμεταλλεύσιμη μορφή και την στέλνει στην ακτή μέσω πολλαπλών σταθμών παραγωγής και συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο.

5.3.Υπεράκτια θέση

5.3.1.Μετατροπείς με την μέθοδο αρθρώσεων

5.3.1.1.Pelamis

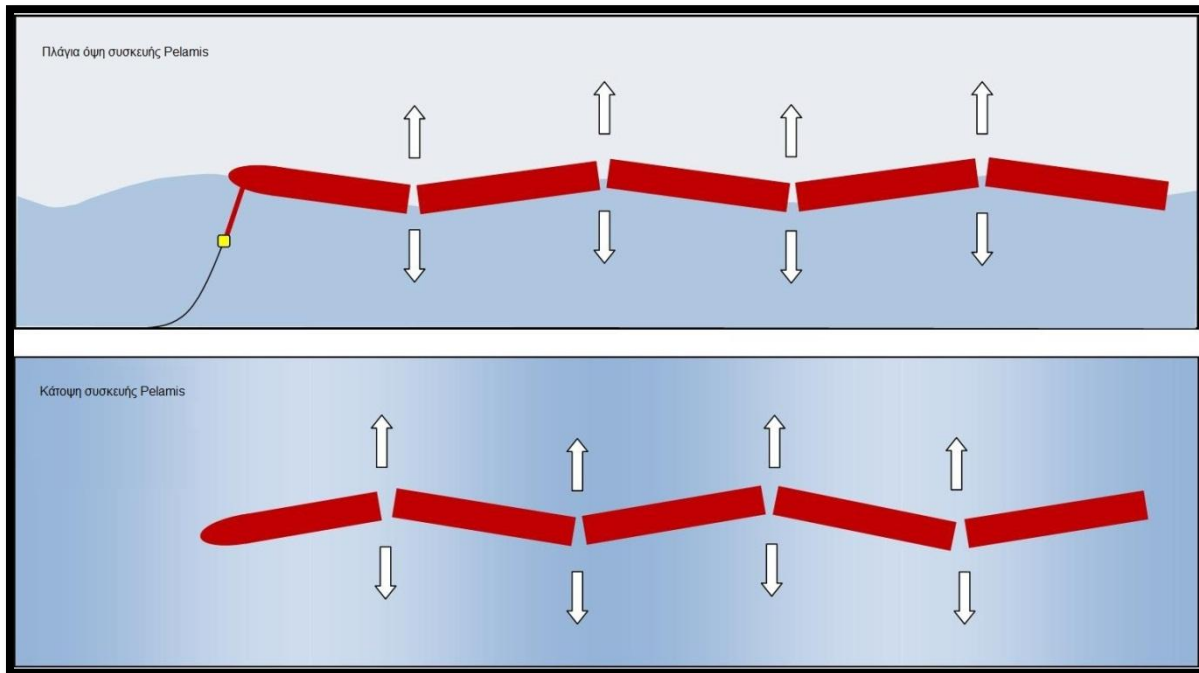


Εικόνα 22:Συσκευή Pelamis

Ο μετατροπέας Pelamis κατασκευάστηκε από την σκωτσέζικη εταιρεία Pelamis Wave Power (πρώην Ocean Power Delivery) και πήρε το όνομά της από το θαλάσσιο φίδι Pelamis Platura. Έγινε η πρώτη υπεράκτια συσκευή που βοήθησε στην παραγωγή ηλεκτρισμού στο δίκτυο όταν για πρώτη φορά συνδέθηκε το 2004 στα νερά του Ηνωμένου Βασιλείου και συνέσφερε στην ηλεκτροδότησή του.

Έκτοτε η κατασκευαστική εταιρεία προσπάθησε να δημιουργήσει πέντε επιπλέον συσκευές Pelamis εκ των οποίων οι τρεις πρώτες εξετάστηκαν στα ανοιχτά νερά της Πορτογαλίας το 2009 και οι άλλες δυο στα νησιά Όρκνεϊ της Σκωτίας το 2010.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας



Εικόνα 23: Πλάγια όψη και κάτοψη συσκευής Pelamis

Η συσκευή Pelamis αποτελείται από μια σειρά ημιβυθισμένων κυλινδρικών τμημάτων που συνδέονται με αρθρωτούς συνδέσμους. Η κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων προκαλεί την κίνηση των αρθρωτών αυτών συνδέσμων, βρίσκοντας αντίσταση στους υδραυλικούς κυλίνδρους οι οποίοι με τη σειρά τους αντλούν λάδι υψηλής πίεσης σε υδραυλικούς κινητήρες μέσω συσσωρευτών εξομάλυνσης.

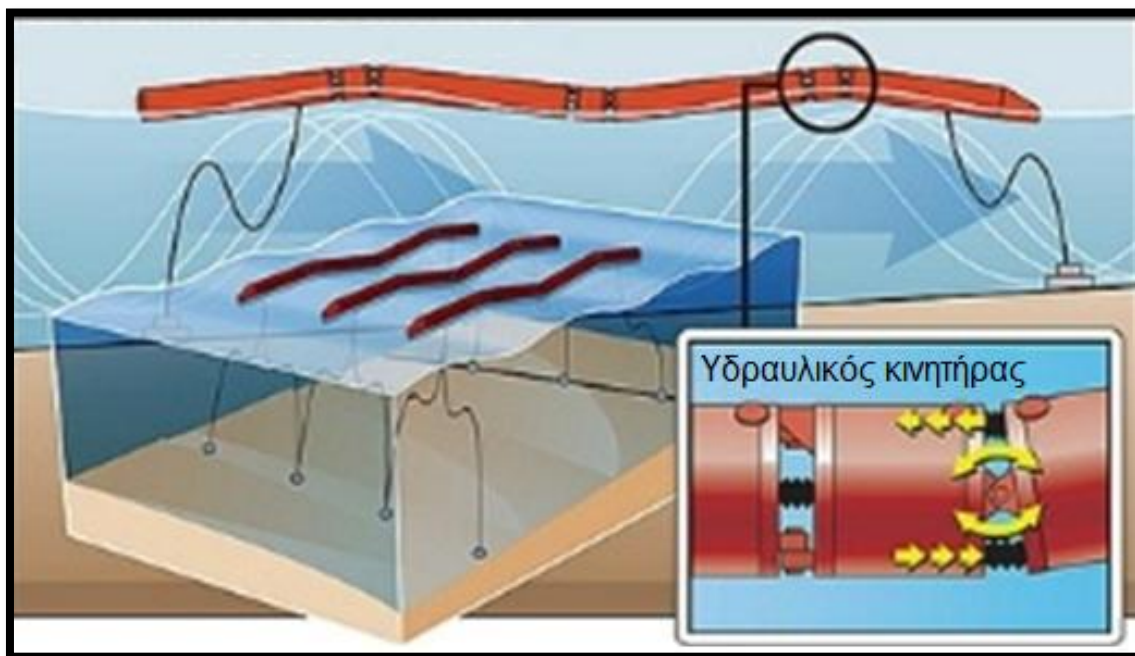
Ηλεκτρικές γεννήτριες θέτονται σε λειτουργία από τους κινητήρες και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια από όλες τις αρθρώσεις μεταφέρεται μέσω ενός και μόνο καλωδίου στην ξηρά.

Αυτός ο μετατροπέας αποτελεί μια ελαφριά τύπου συσκευή που έχει σχεδιαστεί να επιβιώνει στο αντίξοο θαλάσσιο περιβάλλον.

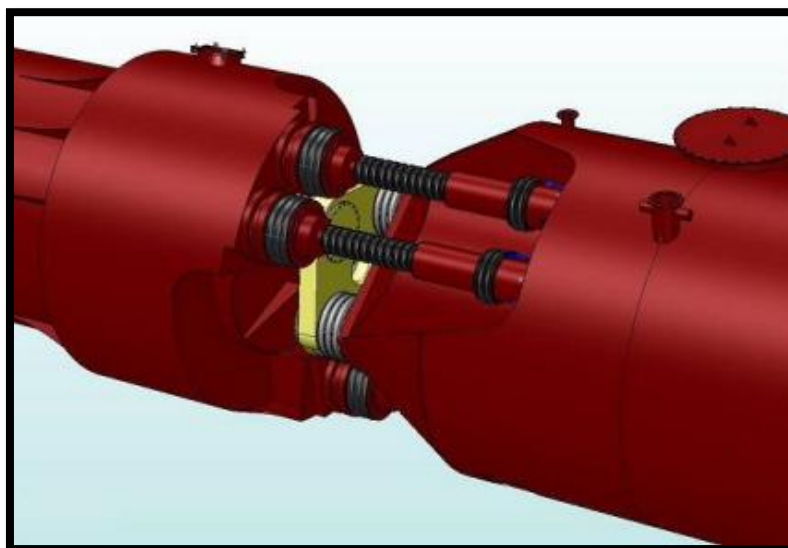
Το μακρύ λεπτό σχήμα του μηχανήματος και η χαμηλή αντίσταση που επιφέρει, ελαχιστοποιούν τις υδροδυναμικές δυνάμεις (αδράνεια, αντίσταση) που σε μεγάλα κύματα, δημιουργούν μεγάλα φορτία.

Το μηχάνημα ανταποκρίνεται στην καμπυλότητα των κυμάτων παρά στο ύψος κύματος. Τα κύματα πριν θραύσουν μπορούν να έχουν μια συγκεκριμένη καμπυλότητα και αυτό περιορίζει το εύρος της κίνησης με το οποίο το μηχάνημα μπορεί να κινηθεί, αλλά διατηρεί την ικανότητα να παρέχει μεγάλη κίνηση στις αρθρώσεις όταν υπάρχουν μικρά κύματα.

Η συγκράτηση της μηχανής στο επιθυμητό σημείο γίνεται από ένα συνδυασμό σημαδούρων και βαριδιών έτσι ώστε να αποφεύγεται το τέντωμα και το κόψιμο των καλωδίων πρόσδεσης. Αν και το Pelamis συγκρατείται στην θέση που πρέπει, μέσω αυτού του συστήματος πρόσδεσης επιτρέπεται στο μηχάνημα να προσανατολίζει την κεφαλή του ως προς το μέτωπο των διερχόμενων κυμάτων.



Εικόνα 24:Εγκατάσταση Pelamis και ο υδραυλικός κινητήρας στις αρθρώσεις



Εικόνα 25:Άρθρωση και υδραυλικός κινητήρας

5.3.1.2.Crestwing



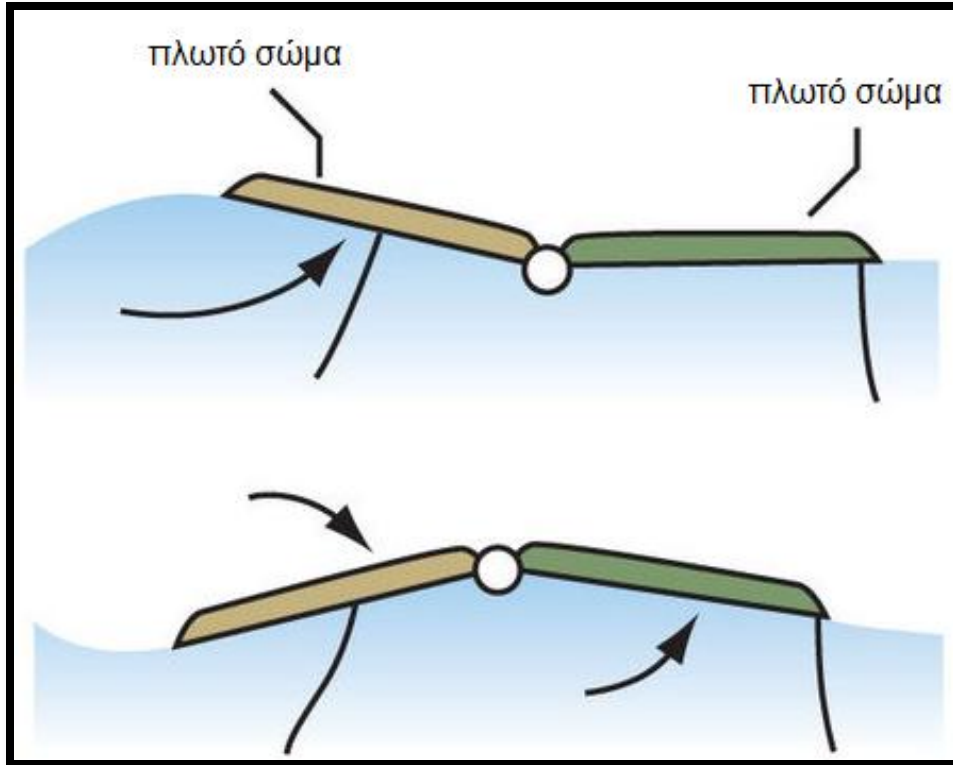
Εικόνα 26:Συσκευή Crestwing

Το Crestwing είναι μια συσκευή που βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο. Από τον Οκτώβριο του 2011 έως τον Ιούνιο του 2012 υποβλήθηκε σε δοκιμές για να ελεγχθεί η αξιοπιστία της.

Είναι μια πλωτή γέφυρα, που βασίζεται στην αξιοποίηση της υδροδυναμικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο υδροδυναμικός σχεδιασμός της την κάνει μοναδική στον χώρο των κυματικών συσκευών και επιβεβαιώνει τους θεωρητικούς ισχυρισμούς περί χαμηλού κόστους και μέγιστης απόδοσης.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Το Crestwing αποτελείται από πλωτά σώματα συνδεδεμένα σε σειρά δημιουργώντας έτσι μια πλωτή γέφυρα. Το πρώτο από αυτά είναι προσδεμένο στο βυθό της θάλασσας ενώ συνήθως υπάρχει και δεύτερο δέσιμο υποστήριξης σε κάποιο άλλο πλωτό σώμα της συσκευής.

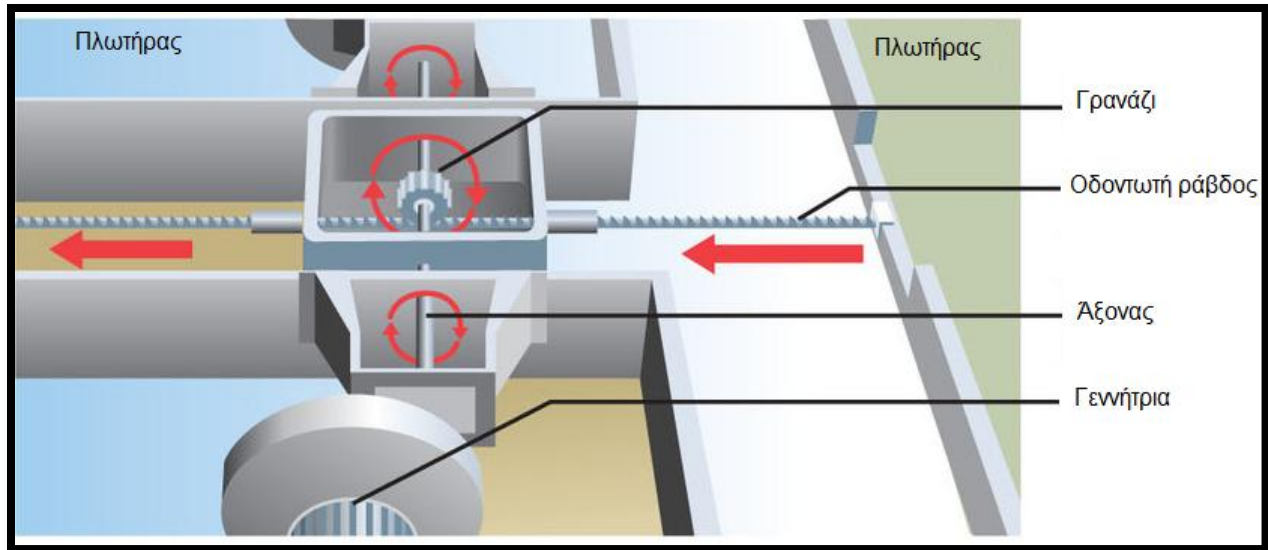


Εικόνα 27:Κινήσεις συσκευής Crestwing

Ο μετατροπέας αυτός δεν χρησιμοποιεί μόνο την πάνω-κάτω κίνηση αλλά εκμεταλλεύεται και το «φούσκωμα» της θάλασσας.

Καθώς τα κύματα περνούν, η πάνω-κάτω κίνηση προκαλεί σε περιστροφή το γρανάζι με την βοήθεια μιας οδοντωτής ράβδου. Ο άξονας του γραναζιού θέτει σε λειτουργία την γεννήτρια η οποία μετατρέπει την ενέργεια σε ηλεκτρική.

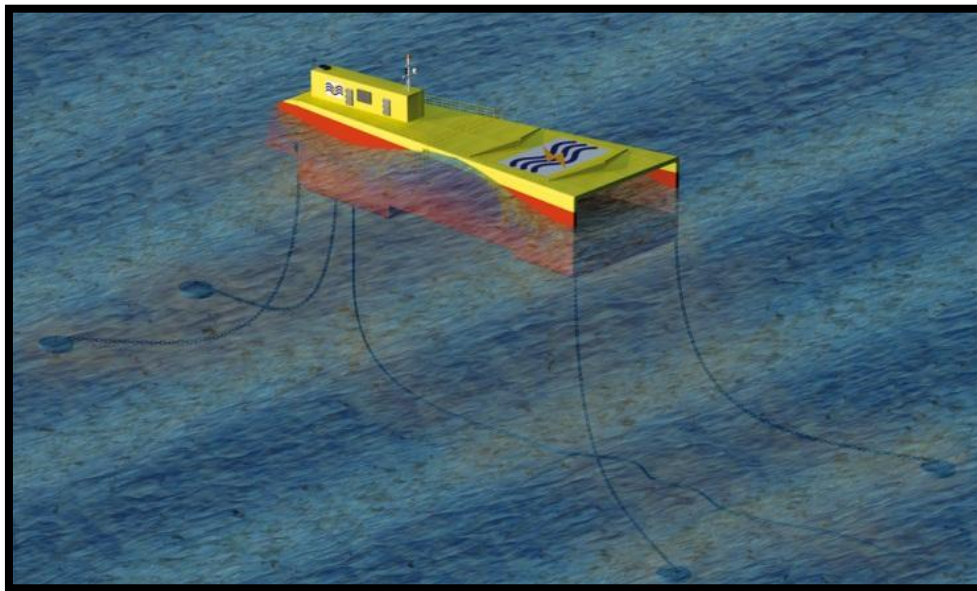
Οι δοκιμασίες που υποβλήθηκε η συσκευή έδειξαν ότι το φούσκωμα των διερχομένων κυμάτων μπορούν να «τραβήξουν» το πλωτό σώμα κάτω με μια δύναμη της κλίμακας του ενός τόνου ανά τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 28:Εσωτερικό συσκευής Crestwing

5.3.2.Μετατροπείς με την μέθοδο της οριζόντιας κίνησης

5.3.2.1.Owel Wec



Εικόνα 29:Συσκευή Owel Wec

Η συσκευή Owel Wec κατασκευάστηκε από την αγγλική εταιρεία Owel με σκοπό την δημιουργία ενός μετατροπέα που θα είναι αποδοτικός, ανθεκτικός στις καιρικές συνθήκες και δεν θα κοστίζει η κατασκευή του.

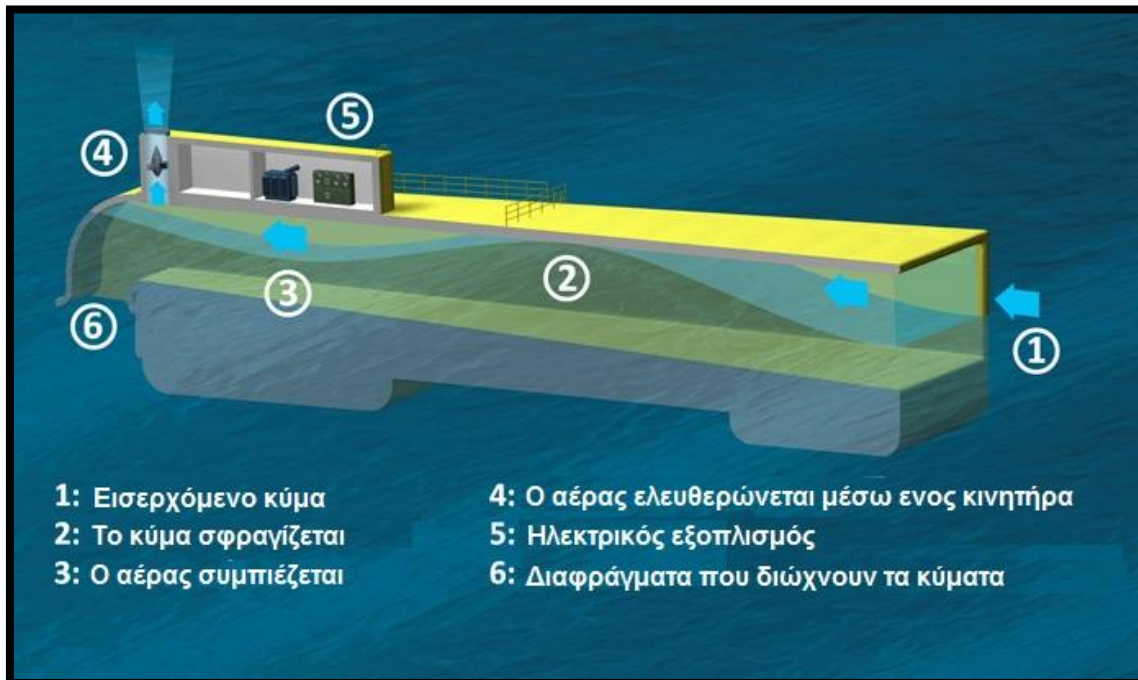
Διέπεται από την αρχή της αποθήκευσης και συμπίεσης του αέρα που δημιουργείται από τις κοιλότητες των θαλάσσιων κυμάτων καθώς αυτά διέρχονται. Ο συμπιεσμένος αυτός αέρας χρησιμοποιείται για να θέσει σε κίνηση έναν στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας Wec εγκαθίσταται πάνω σε μια πλωτή μονάδα, εμποδίζοντας τα κινούμενα τμήματα της συσκευής να βυθιστούν στο νερό. Η πλωτή αυτή μονάδα είναι στην ουσία ένας οριζόντιος αεραγωγός και η κατασκευή του είναι τέτοια έτσι ώστε όταν χρειαστεί να γίνει σύνδεση με άλλες πλωτές μονάδες, η πλατφόρμα που θα σχηματιστεί να επιπλέει στο νερό χωρίς προβλήματα.

Ο αεραγωγός είναι ανοιχτός στο ένα του άκρο και κατά την πρόσδεσή του, εξασφαλίζεται ότι αυτό θα είναι το άκρο που θα συναντήσουν τα ερχόμενα κύματα. Τα πλευρικά του τοιχώματα είναι τοποθετημένα υπό γωνία και αυτό βοηθά στην συμπίεση του αέρα που εγκλωβίζεται καθώς διέρχονται τα κύματα.

Στο πίσω μέρος του αεραγωγού, υπάρχει ένα σύστημα διαφραγμάτων που διώχνει τα κύματα που χρησιμοποιήθηκαν και αφήνει χώρο για την είσοδο και εκμετάλλευση των ακόλουθων διερχόμενων κυμάτων. Ο αέρας που ελευθερώνεται κινεί έναν αεροστρόβιλο και με αυτόν τον τρόπο έχουμε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



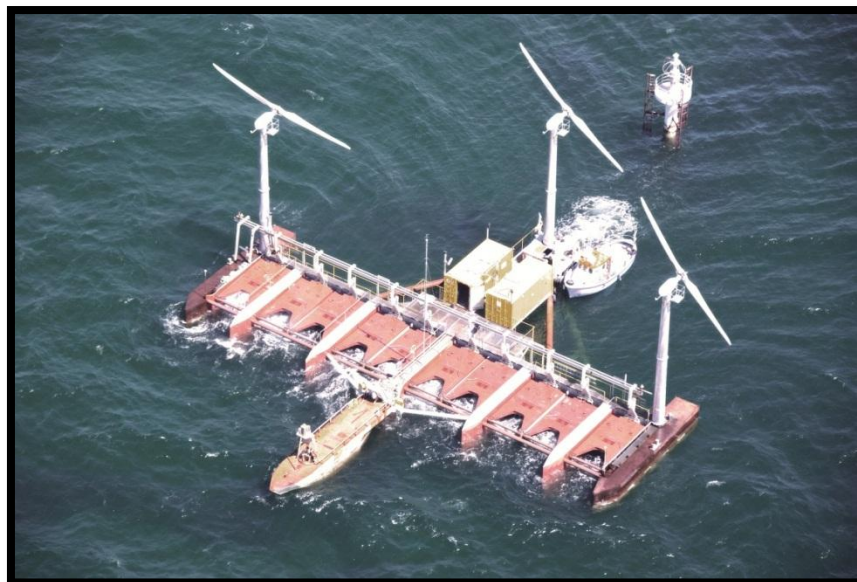
Εικόνα 30:Λειτουργία συσκευής Wec

5.3.2.2.Poseidon's Organ



Εικόνα 31:Συσκευή Poseidon's Organ

Το Poseidon's Organ είναι δημιούργημα της δανέζικης εταιρείας Floating Power Plant και είναι μια πλωτή συσκευή η οποία μπορεί να φιλοξενήσει πάνω της ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδυάζοντας έτσι όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Εικόνα 32:Συσκευή Poseidon's Organ με ανεμογεννήτριες

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας Poseidon's Organ διαθέτει πλωτά πτερύγια, ένα εκ των οποίων απορροφάει την κυματική ενέργεια και την μετατρέπει σε ηλεκτρισμό. Η παραγωγή του ηλεκτρισμού γίνεται από μια γεννήτρια που τροφοδοτείται μέσω ενός στροβίλου, χάρη στο υπό πίεση νερό που ωθείται προς αυτόν από μια αντλία διπλής λειτουργίας.

5.3.3. Μετατροπείς με την μέθοδο κατακόρυφης ταλάντωσης

5.3.3.1. AquaBuoy



Εικόνα 33:Συσκευή AquaBuoy

Το AquaBuoy είναι μια συσκευή της εταιρίας Firaneva Rerewables και βασίζεται στην μετατροπή της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές τις μηχανές κυμαίνεται από εκατοντάδες KWh έως και μερικά εκατοντάδες MWh. Είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να λειτουργεί μαζί και με άλλες συστοιχίες, και είναι κατάλληλη για την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας σε παράκτιες κοινότητες.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Η μετατροπή της ενέργειας γίνεται μέσω της εκμετάλλευσης της κάθετης κίνησης των θαλάσσιων κυμάτων για να θέσουν σε λειτουργία τις αντλίες διπλής δράσης .Νερό υπό πίεση οδηγείται σε έναν στρόβιλο Pelton ο οποίος είναι

συνδεδεμένος με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η ισχύ μεταφέρεται μέσω υποθαλάσσιας γραμμής στην ακτή.

Τα μέρη της μηχανής AquaBuOY είναι τέσσερα:

- Πλωτή Σημαδούρα
- Σωλήνας Επιτάχυνσης
- Έμβολο
- Αντλία Τύπου Μάνικας



Εικόνα 34: Τρόπος λειτουργίας AquaBuoy

5.3.3.2.PowerBuoy



Εικόνα 35:Συσκευή PowerBuoy

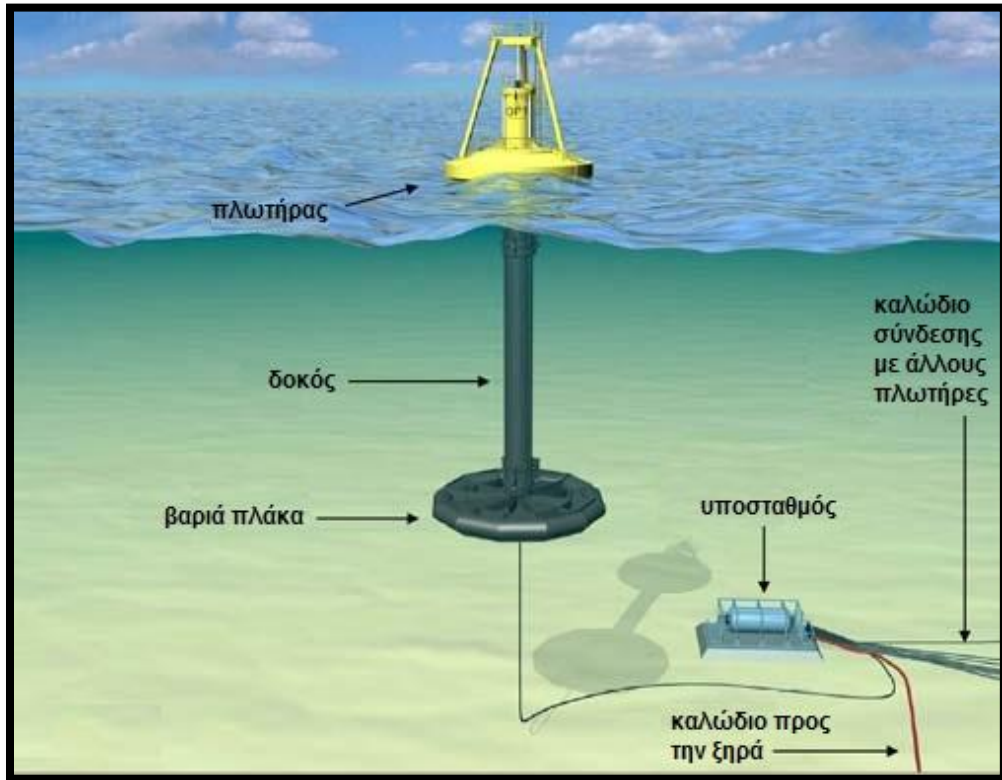
Είναι ένα σύστημα μετατροπής της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων δημιουργήμα της αμερικανικής εταιρίας Ocean Power Technologies.Ένα σύστημα αποδοτικό και δοκιμασμένο ώστε να αποκρίνεται σε διάφορες συνθήκες κυμάτων

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Το σύστημα PowerBuoy αποτελείται από μια πλωτή μονάδα, η οποία με το ανεβοκατέβασμα των κυμάτων στην ανοιχτή θάλασσα προκαλεί την κατακόρυφη ταλάντωση της μονάδας και μέσω ενός συστήματος (Power take off) γίνεται μετατροπή αυτής της μηχανικής ταλάντωσης για να δώσει κίνηση σε μια ηλεκτρική γεννήτρια.

Η συσκευή εγκαθίσταται σε απόσταση 1 έως 3 μίλια μακριά από την ακτή και η ενέργεια που παράγεται από αυτά τα συστήματα μεταφέρεται στην στεριά μέσω υποθαλάσσιας γραμμής.

Προσαρμοσμένοι αισθητήρες πάνω στην πλωτή μονάδα δίνουν πληροφορίες για την απόδοση των υποσυστημάτων αλλά για τον ύψος των κυμάτων. Όταν το ύψος των κυμάτων υπερβεί τα φυσιολογικά επίπεδα, το σύστημα ασφαλίζεται και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αναστέλλεται μέχρι να επανέλθουν σε φυσιολογικά επίπεδα.



Εικόνα 36:Μέρη PowerBuoy

5.3.4 .Μετατροπείς με την μέθοδο ταλαντευόμενης στήλης ύδατος

5.3.4.1. Oceanlinx



Εικόνα 37:Συσκευή Oceanlinx

Ο μετατροπέας Oceanlix είναι μια συσκευή η οποία εκμεταλλεύεται την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια ,ή την χρησιμοποιεί για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερό. Η συσκευή είναι δημιούργημα της Αυστραλιανής εταιρίας Oceanlix Limited.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Καθώς η ενέργεια των κυμάτων περνά στην συσκευή, μέσω ενός θαλάμου (OWC) που είναι ανοιχτός κάτω από την θάλασσα το νερό συμπιέζει και μετατοπίζει τον αέρα που υπάρχει στον θάλαμο οδηγώντας το σε ένα στρόβιλο (Denniss-Auld), που είναι τοποθετημένος στο πάνω μέρος του θαλάμου. Το σχήμα του OWC είναι κωνοειδές και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μέγιστη αύξηση της ταχύτητας του αέρα όταν περνά μέσα από τον στρόβιλο, και με αυτό τον τρόπο προσλαμβάνουμε την μέγιστη ποσότητα ενέργειας. Η ενέργεια ταλάντωσης των κυμάτων, δημιουργεί ακολούθως ταλάντωση του νερού και του αέρα μέσα στο θάλαμο, και έτσι ο στρόβιλος μετατρέπει ενέργεια και πάνω και κάτω. Ο στρόβιλος στη συνέχεια λόγω της ροής του αέρα μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

5.3.4.2.SPERBOY



Εικόνα 38:Συσκευή Sperboy

Ο μετατροπέας Sperbooy είναι μια πλωτή συσκευή που μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων με την μέθοδο της ταλαντευόμενης στήλης ύδατος. Είναι δημιούργημα της εταιρίας Embley Energy. Η εγκατάσταση τους γίνεται σε σειρές και με απόσταση από την ακτή 13 με 18 χιλιόμετρα.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Ο μετατροπέας Sperbooy είναι μια πλωτή συσκευή με ένα κυκλικό δακτύλιο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Πάνω στην πλωτή αυτή κατασκευή είναι τοποθετημένα όλα τα μηχανικά μέρη του συστήματος.

Λειτουργεί πανομοιότυπα με τους OWC (παραγ. 5.3.4.1) που αναφέρθηκαν πιο πάνω αλλά με την διαφορά ότι η πλωτή αυτή συσκευή λειτουργεί σε μεγάλα βάθη, και αλληλεπιδρά με τα κύματα με τον βέλτιστο τρόπο, δίνοντας μεγάλα ποσά ενέργειας.

5.3.5 Μετατροπείς με την Μέθοδο υπερύψωσης

5.3.5.1 Wave dragon



Εικόνα 39:Συσκευή Wave Dragon

Το Wave dragon είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων. Οι συσκευές αυτές επιπλέουν στη θάλασσα και είναι δεμένες στον βυθό. Συνδέονται πολλές μαζί σε ομάδες και δίνουν μεγάλα υπολογίσιμα ποσά παραγόμενης ενέργειας. Είναι δημιούργημα της Δανέζικης εταιρίας Wave Dragon Ltd.

Τεχνολογία-Αρχή λειτουργίας

Η συσκευή αυτή λειτουργεί ως εξής: Το Wave dragon ανυψώνει τα θαλασσινά κύματα μέσα σε μια δεξαμενή πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στη συνέχεια το ρευστό γυρνά πίσω στη θάλασσα περνώντας από στροβίλους οι οποίοι περιστρέφονται και λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον και λόγω της διαφοράς ύψους παράγουν ενέργεια ηλεκτρική.

Το Wave dragon παρόλο που είναι μια συσκευή η οποία επιπλέει στη θάλασσα, πρέπει να παραμένει όσο το δυνατόν πιο σταθερή, διότι δεν είναι μετατροπέας της ενεργείας των κυμάτων με αναπήδηση πάνω –κάτω.

Είναι κατασκευασμένο με μια κυρτή ράμπα ώστε να επιτυγχάνεται η υπέρβαση μεγάλου όγκου νερού και ανακλαστήρες που κατευθύνουν τα κύματα στην κυρτή ράμπα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.Κυματικά Δεδομένα

Τα κυματικά δεδομένα είναι ζωτικής σημασίας μιας και μέσω αυτών μπορούμε να έχουμε μια συνολική εικόνα του κυματικού δυναμικού της εκάστοτε περιοχής.

Η ανατολική Μεσόγειος, στην οποία εντάσσονται και οι Ελληνικές θάλασσες, διαφοροποιείται από την δυτική. Η ανεπαρκής εισροή σε συνδυασμό με την υψηλή εξάτμιση, κάνει τη Μεσόγειο να έχει πολύ μεγαλύτερη αλατότητα από τον Ατλαντικό.

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι πολύ ευαίσθητη στις κλιματικές αλλαγές, έχει υψηλό ρυθμό εξάτμισης (γύρω στα 1000 mm/έτος) και οι εισροές από κατακρημνίσεις είναι πολύ αραιές (γύρω στα 500 mm/έτος), με αποτέλεσμα να εμφανίζει αρνητικό υδρολογικό ισοζύγιο.

Το φαινόμενο της παλίρροιας αν και είναι σπάνιο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, στην Ελλάδα παρατηρείται σε πολλά στενά και δίαυλους. Βέβαια το φαινόμενο αυτό δεν είναι τόσο αισθητό στην Ελλάδα, όσο είναι στα παράλια του Ατλαντικού, όπου η θάλασσα ανεβαίνει και κατεβαίνει 14 περίπου μέτρα.

Το ρεύμα είναι ισχυρότατο, και ικανό να πετάξει στην ακτή το καράβι που θα πλέει αντίθετα στη φορά του. Η ταχύτητα του ρεύματος είναι κατά μέσο όρο 3-5 μίλια την ώρα.

Οι μετατοπίσεις μεγάλων μαζών θαλάσσιων νερών από μία περιοχή σε μία άλλη, ονομάζονται ρεύματα. Αυτά οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως στις κινήσεις της ατμόσφαιρας, στη διαφορά αλμυρότητας, η οποία υπάρχει μεταξύ δύο θαλάσσιων περιοχών κ.ά.

Στην Ελλάδα υπάρχει ένα μεγάλο ρεύμα που σχηματίζεται στο Αιγαίο με διεύθυνση από Βορρά προς Νότο και που προέρχεται από τον Ελλήσποντο. Κατά τη διαδρομή του επιδρά στο κλίμα των ανατολικών ακτών, της ηπειρωτικής Ελλάδας και το καθιστά ψυχρό και ξηρό. Γίνεται αντιληπτό πιο αισθητά στα καράβια, στο κανάλι του Κάβο - Ντόρο και στο κανάλι Μυκόνου - Ικαρίας.

Ένα άλλο επίσης μεγάλο ρεύμα υπάρχει και στο Ιόνιο πέλαγος από τα Β. προς τα Ν. Προέρχεται από τη Μεσόγειο θάλασσα και είναι θερμό. Κάτω από την Κρήτη το ρεύμα αυτό χωρίζεται σε δύο τμήματα, από τα οποία το ένα προχωρεί προς το Αιγαίο και το άλλο, όπως είπαμε, στο Ιόνιο πέλαγος.

Αν και όπως αναφέραμε παραπάνω, υπάρχουν παλίρροιες στην Ελλάδα, η πιο συνήθης αιτία δημιουργίας θαλάσσιας ενέργειας στις ελληνικές θάλασσες, είναι ο άνεμος, ο οποίος έχει μεγαλύτερη ένταση στις παράκτιες περιοχές. Όσο

μεγαλύτερος λοιπόν είναι ο άνεμος α όσο μεγαλύτερα είναι τα κύματα που δημιουργούνται και συνεπώς έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας.

Σ' αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν συσκευές που καταγράφουν το ύψος των κυμάτων που δημιουργούνται στις παράκτιες περιοχές και τα δεδομένα τους είναι διαθέσιμα για περαιτέρω μελέτη.

6.1. Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποτελεί μια πρωτοποριακή υποδομή όχι μόνο σε ελληνικό αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Με την εγκατάσταση ενός δικτύου πλωτών ωκεανογραφικών μετρητικών σταθμών (buoys) και τη δημιουργία ενός ειδικού επιχειρησιακού κέντρου για την πρόγνωση και την επεξεργασία των δεδομένων, το ΠΟΣΕΙΔΩΝ έχει αποκτήσει μια πολύ σημαντική θέση στην επιστημονική κοινότητα.

Το δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών καταγράφει τις φυσικές, βιολογικές και χημικές παραμέτρους των Ελληνικών θαλασσών και μέσω μιας βάσης δεδομένων δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στο χρήστη αφού πρώτα γίνει η σχετική αίτηση που περιγράφει τον σκοπό και τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθούν τα ζητούμενα δεδομένα..Για την παρούσα πτυχιακή εργασία, η παραχώρηση κωδικών πρόσβασης για την είσοδο στη βάση δεδομένων, έγινε μετά από επίσημη αίτηση του επιβλέποντος καθηγητή κ. Καλαράκη που εξηγούσε τον σκοπό και τον τρόπο που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα. Η σχετική αίτηση βρίσκεται στο παράρτημα IV.

Από το 2000 διεξάγονται συστηματικά κυματικές μετρήσεις σε διάφορα σημεία του Αιγαίου Πελάγους.

Ακολουθως παρατίθενται οι θέσεις στις οποίες υπάρχουν μετρήσεις.

ΑΘΩΣ
ΜΥΚΟΝΟΣ
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ
ΠΗΛΟΣ
ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ
ΛΕΣΒΟΣ
ΣΚΥΡΟΣ
ΖΑΚΥΝΘΟΣ

Τα κυματικά δεδομένα των μετρητικών σταθμών είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας ενός υδροδυναμικού μοντέλου που βασίζεται στο ωκεανογραφικό μοντέλο του Princeton (Princeton Ocean model-POM)[31]. Το POM είναι ένα

τρισδιάστατο μοντέλο πρωτογενών εξισώσεων του οποίου οι βασικές παραδοχές είναι η υδροστατική ισορροπία και η προσέγγιση κατά Boussinesq που περιγράφει τυχαία μη γραμμικά κύματα [32].

Οι εξισώσεις, οι οποίες αποτελούν τη βάση του, περιγράφουν τις μεταβολές στην ταχύτητα και την ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας.

Το σύστημα των εξισώσεων αυτών είναι γραμμένο σε σ-συντεταγμένες και επιλύονται με την χρήση κεντρικών πεπερασμένων διαφορών δευτέρου βαθμού σε ένα πλέγμα Arakawa C. Το πλέγμα αυτό είναι ένα οριζόντιο πλέγμα εναλλασσόμενων σημείων το οποίο είναι διατεταγμένο πάνω σε ένα ευθύγραμμο σύστημα συντεταγμένων και χρησιμοποιείται για οικονομία χώρου και χρόνου μιας και η παρακολούθηση του κυματισμού, δεν μπορεί να βασίζεται σε μετρήσεις αραιών χρονικών διαστημάτων. Το αριθμητικό σχήμα που δημιουργείται μέσω αυτής της διεργασίας, διατηρεί την μάζα και την ενέργεια.

Να σημειώσουμε ότι το πλέγμα επίλυσης του μοντέλου καλύπτει την γεωγραφική περιοχή μεταξύ $19.5^{\circ}\text{A}-30^{\circ}\text{A}$ και $30.4^{\circ}\text{B}-41^{\circ}\text{B}$, η οριζόντια ανάλυση του είναι $1/30^{\circ}$ ενώ στην κατακόρυφο υπάρχουν 24 σ-επίπεδα με λογαριθμική κατανομή κοντά στην επιφάνεια και τον πυθμένα.

Τα κυματικά δεδομένα των μετρητικών σταθμών είναι ουσιαστικά σύνολο παραμέτρων που υπολογίζονται με την βοήθεια στατιστικής ανάλυσης. Οι μεταβλητές των κυματισμών υπολογίζονται επιτόπου στον πλωτό σταθμό από τις χρονοσειρές των κινήσεων του πλωτήρα (εξαιτίας της ταλάντωσης της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας), με την βοήθεια του λογισμικού που είναι εγκατεστημένο στο υπολογιστικό σύστημα του σταθμού.

Οι κυματικές μετρήσεις λαμβάνουν χώρα ανά 3 ώρες (διάστημα παύσης μετρήσεων) σε ένα χρονικό διάστημα 1024 sec (διάστημα καταγραφής). Οι ώρες στις οποίες λαμβάνονται ημερησίως οι μετρήσεις είναι οι 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, και 21:00 UTC.

Οι βασικότερες παράμετροι που υπολογίζονται επιτόπου στους σταθμούς είναι:

- Το σημαντικό ύψος κύματος H_s
- Η περίοδος κορυφής φάσματος T_p
- Η μέση κατεύθυνση διάδοσης των κυματισμών
- Η κατεύθυνση διάδοσης των κυματισμών που αντιστοιχεί στην κορυφή του φάσματος.
- Το σημαντικό ύψος κύματος $H_{s,H}$ που αντιστοιχεί στο υψηλόσυχο τμήμα του φάσματος. Το μέγεθος $H_{s,H}$ μπορεί να θεωρηθεί ότι αναπαριστά το σημαντικό ύψος κύματος των τοπικών ανεμογενών κυματισμών (αντιστοιχεί σε εύρος συχνότητας από 0.4 έως 0.44Hz).

- Το σημαντικό ύψος κύματος $H_{s,L}$ που αντιστοιχεί στο χαμηλόσυχο τμήμα του φάσματος. Το μέγεθος $H_{s,L}$ μπορεί να θεωρηθεί ότι αναπαριστά το σημαντικό ύψος κύματος της αποθάλασσας στη συγκεκριμένη περιοχή (αντιστοιχεί σε εύρος συχνότητας από 0.05 έως 0.07Hz).

6.2.Επεξεργασία Δεδομένων

Παίρνοντας τα δεδομένα του ύψους κύματος H και της περιόδου T , από τη βάση του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ για τη Μύκονο, μπορέσαμε να υπολογίσουμε το κυματικό δυναμικό της περιοχής καθώς επίσης και την αποδιδόμενη ισχύ που θα είχαμε αν τοποθετούσαμε κυματικές συσκευές στο σημείο αυτό.

6.2.1.Υπολογισμός κυματικού δυναμικού της Μυκόνου

Για τον υπολογισμό του κυματικού δυναμικού της περιοχής της Μυκόνου σαν παραμέτρους χρησιμοποιήσαμε το H_s που είναι το μέσο σημαντικό ύψος κύματος και το βρίσκουμε στα παρεχόμενα από το ΠΟΣΕΙΔΩΝ δεδομένα, και το T_z που είναι η περίοδος μηδενικής διέλευσης και μπορεί να υπολογιστεί μέσω μιας άλλης παραμέτρου, αυτή της περιόδου κορυφής φάσματος T_p που επίσης μας παρέχεται.

Άξιο αναφοράς είναι ότι η περίοδος T_z εξαρτάται άμεσα από το σημαντικό ύψος κύματος και συνδέεται με αυτό με την σχέση:

$$T_z = \frac{2\pi}{0,4} \sqrt{\frac{H_s^2}{g}} \quad (6.1)$$

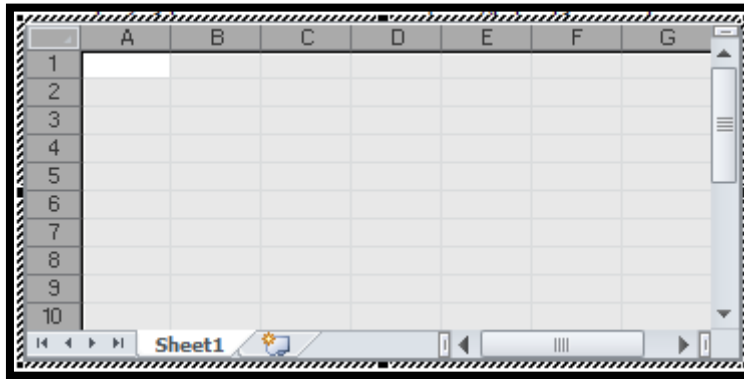
Στην παρούσα πτυχιακή το T_z υπολογίστηκε από τον τύπο [3]:

$$T_p = 1.4 T_z \quad (6.2)$$

ο οποίος είναι μια συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών περιόδων έπειτα από έτη έρευνας του προγράμματος Waverlam, ένα πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την μελέτη εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

Το κυματικό δυναμικό της περιοχής της Μυκόνου μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας στον τύπο (3.4) τα δεδομένα από τις μετρήσεις των πλωτήρων, αφού πρώτα έχουμε υπολογίσει την περίοδο T_z .

Για την επίτευξη αυτού του υπολογισμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Excel. Το Microsoft Excel είναι ένα πρόγραμμα που εκτελεί μαθηματικές και λογικές πράξεις μέσω εντολών που εισάγει ο χρήστης και παραθέτει τα αποτελέσματα αυτών.



Εικόνα 40:Μορφή Microsoft Excel

Αποτελείται από γραμμές και στήλες, τα ζεύγη των οποίων δημιουργούν τα λεγόμενα κελιά. Κάθε στήλη περιέχει δεδομένα του ίδιου μεγέθους και στην δική μας περίπτωση, η αντιστοίχιση έγινε ως εξής:

Στην στήλη A τοποθετήθηκαν οι ημερομηνίες και ώρες των μετρήσεων. Πρέπει να αναφέρουμε ότι οι μετρήσεις που λήφθηκαν από την βάση δεδομένων του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ ήταν 3ωρες ανά ημέρα και χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για ένα ημερολογιακό έτος, αυτό του 2011.

Στην στήλη B τοποθετήθηκαν οι μετρήσεις για το σημαντικό ύψος κύματος H_s . Και στην στήλη C οι μετρήσεις της περιόδου κορυφής φάσματος T_p . Στην στήλη D τοποθετήθηκε η παράμετρος T_z η οποία είναι η περίοδος μηδενικής διέλευσης και υπολογίστηκε από το πρόγραμμα μέσω της παρακάτω εντολής:

$D=C/1.4$ που είναι απόρροια του τύπου (6.2)

Λόγω του ότι οι μετρήσεις από το ΠΟΣΕΙΔΩΝ έφεραν αρνητικές τιμές(απουσία μέτρησης από πλωτήρες) για το μέγεθος της περιόδου,χρειάστηκε να γίνει έλεγχος στην στήλη H έτσι ώστε να αποκλείσουμε αυτές τις τιμές.

Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι:

$H=IF(D<0,"0",D)$.

Για να υπολογιστεί η κυματική ισχύς της Μυκόνου, στην στήλη K τοποθετήθηκε η παράμετρος P η οποία υπολογίζεται μέσω της εντολής:

$K=0.47*B^2*H$ που είναι απόρροια του τύπου (3.4).

Τέλος για να υπολογιστεί το κυματικό δυναμικό της περιοχής,εισάγουμε στην στήλη J και στην γραμμή 2928, την παράμετρο E που υπολογίζεται από την εντολή:

$J=H*sum(H1:H2923)$ και είναι απόρροια του τύπου $E=P*t$

Όπου: P η ισχύς

και t ο χρόνος.

Σαν χρόνος t χρησιμοποιήθηκε το άθροισμα των περιόδων T_z για το διάστημα του ενός χρόνου(2923 μετρήσεις).

Με αυτόν τον τρόπο, το ενεργειακό δυναμικό που βρήκαμε για την συγκεκριμένη περιοχή αγγίζει τις 34,55 MWh.

Ενδεικτικά αποτελέσματα παρατίθενται στο Παράρτημα Ι της παρούσας πτυχιακής.

6.2.2.Υπολογισμός αποδιδόμενης ισχύος από κυματική συσκευή

Αφού υπολογίσαμε το κυματικό δυναμικό της περιοχής, προχωράμε στην επιλογή ενός κυματικού μετατροπέα έτσι ώστε να βρούμε την ενεργειακή κάλυψη που μπορεί να μας παρέχει.

Η κυματική συσκευή που επιλέγουμε για το νησί της Μυκόνου είναι η συσκευή Pelamis. Μια πλωτή συσκευή υπεράκτιας θέσης που έχει δοκιμαστεί τα τελευταία χρόνια έχοντας αξιόλογα αποτελέσματα τόσο στην αντοχή που παρουσιάζει στο αντίξοο θαλάσσιο περιβάλλον, όσο και στην απόδοση ενέργειας, έναντι άλλων συσκευών κυματικής ενέργειας.

Ο υπολογισμός της αποδιδόμενης ισχύος της συσκευής γίνεται βάσει πινάκων ισχύος που παρέχονται από την κατασκευάστρια εταιρεία.

		Energy period T_e (s)																				
		4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75	12.25	12.75	13.25	13.75	14.25	14.75
Significant wave height H_s (m)	0.5	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle
	1	idle	29	44	56	64	66	65	62	57	52	47	42	37	33	29	25	22	20	18	16	14
	1.5	idle	66	99	126	143	149	147	140	129	117	105	93	83	73	65	57	51	45	40	35	31
	2	idle	117	175	224	254	266	262	248	229	208	187	166	147	130	115	102	90	80	71	63	56
	2.5	idle	183	274	350	397	415	409	388	358	325	291	260	230	204	180	159	141	124	110	98	87
	3	idle	263	395	504	572	598	589	558	515	468	420	374	332	293	259	229	202	179	159	141	125
	3.5	-	358	537	686	779	813	802	760	701	637	571	509	451	399	353	312	276	244	216	192	170
	4	-	468	702	895	1017	1062	1047	992	916	832	746	665	590	522	461	407	360	318	282	250	222
	4.5	-	-	888	1133	1287	1345	1325	1256	1160	1052	944	841	746	660	584	516	456	403	357	317	281
	5	-	-	-	1399	1589	1660	1636	1550	1432	1299	1166	1039	921	815	720	636	562	498	441	391	347
	5.5	-	-	-	1693	1923	2008	1980	1876	1732	1572	1411	1257	1115	986	872	770	681	602	533	473	420
	6	-	-	-	-	2289	2390	2356	2233	2061	1871	1679	1496	1327	1174	1037	916	810	716	635	563	500
	6.5	-	-	-	-	2686	2805	2765	2620	2419	2196	1970	1756	1557	1378	1218	1076	951	841	745	661	587
	7	-	-	-	-	-	3253	3207	3039	2806	2547	2285	2036	1806	1598	1412	1247	1102	975	864	766	681
	7.5	-	-	-	-	-	-	3500	3488	3221	2923	2623	2337	2073	1834	1621	1432	1266	1119	991	879	781
	8	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3328	2985	2659	2359	2087	1844	1629	1440	1274	1128	1001	889	
	8.5	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3370	3002	2663	2356	2082	1839	1625	1438	1273	1130	1004
	9	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3368	2985	2641	2334	2062	1822	1612	1428	1266	1125
	9.5	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3326	2943	2601	2298	2030	1796	1591	1411	1254	
	10	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3261	2882	2546	2250	1990	1763	1563	1389	
10.5	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3177	2807	2480	2194	1943	1724	1532		
11	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3487	3080	2722	2408	2133	1892	1681		
11.5	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3367	2975	2632	2331	2068	1837		
12	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3240	2866	2538	2251	2001	
12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3109	2754	2443	2171	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3363	2979	2642	2348
13.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3212	2849	2532	
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3456	3064	2723	
14.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3287	2921

Εικόνα 41: Πίνακας ισχύος Pelamis 1,5 Mw

Μέσω των πινάκων αυτών είναι εφικτό να βρούμε την αποδιδόμενη ισχύ μιας συσκευής Pelamis, αν γνωρίζουμε το σημαντικό ύψος κύματος καθώς επίσης και την περίοδο T_e που αντιστοιχεί στην περίοδο ενός απλού ημιτονοειδούς κύματος το οποίο θα μετέφερε την ίδια ενέργεια στην θάλασσα.

Η περίοδος T_e είναι μια παράμετρος που εισάγεται στα δεδομένα λόγω της συσκευής Pelamis. Κάθε κυματική συσκευή που εξετάζεται εισάγει την δική της περίοδο που συνδέεται άμεσα μέσω μιας σχέσης με την περίοδο μηδενικής υπέρβασης T_z . Στην προκειμένη περίπτωση, για την T_e ισχύει [3]:

$$T_e = 1.2 T_z \quad (6.3)$$

Έχοντας λοιπόν γνωστές αυτές τις δύο παραμέτρους, ανατρέχουμε στον πίνακα ισχύος και για τα T_e και H_s που έχουμε βρούμε την αντίστοιχη αποδιδόμενη ισχύ.

Τα χρώματα (κόκκινο, κίτρινο και γαλάζιο) που βλέπουμε να εμφανίζονται στον παραπάνω πίνακα, μας δείχνουν για ποιά ζεύγη H_s και T_e έχουμε μέγιστη (κόκκινο χρώμα), μεσαία (κίτρινο χρώμα) και ελάχιστη (γαλάζιο χρώμα) αποδιδόμενη ισχύ. Επίσης σε κάποια κελιά του πίνακα βλέπουμε να παρουσιάζεται η λέξη idle (αδρανής), που σημαίνει ότι η συσκευή μας δεν αποφέρει κάποια ισχύ την δεδομένη στιγμή ($P=0$).

Για την επίτευξη των αποτελεσμάτων της αποδιδόμενης ισχύος ανατρέχουμε πάλι στο πρόγραμμα Excel και στον πίνακα που δημιουργήσαμε πριν.

Αυτή τη φορά θα εισάγουμε μια νέα παράμετρο, αυτή της περιόδου T_e που είναι χαρακτηριστικό της συσκευής Pelamis.

Η περίοδος αυτή εισάγεται στην στήλη E και υπολογίζεται απο την εντολή:

$E=1.2*D$ που είναι απόρροια της σχέσης (6.3).

Αφού λοιπόν είναι γνωστές οι παράμετροι για να ανατρέξουμε στον πίνακα της συσκευής, μένει να ελέγξουμε τα σημαντικά ύψη κύματος και τις περιόδους T_e κατά τις οποίες η συσκευή Pelamis, όπως φαίνεται από τον πίνακα, δεν δίνει κάποια ισχύ.

Οι τιμές του σημαντικού ύψους κύματος πρέπει να είναι $H_s > 0.5$ και της περιόδου $T_e > 4.75$. και αυτό προκύπτει από τον πίνακα (Παράρτημα II) της κατασκευάστριας εταιρείας που δείχνει τις ελάχιστες τιμές ύψους κύματος και περιόδου που πρέπει να έχει η περιοχή για να λειτουργήσει το μηχάνημα.

Τον έλεγχο αυτό τον επιτυγχάνουμε μέσω της εντολής:

$F=IF(OR(E2<4.75,B2<0.5),"not working", "working")$

η οποία ελέγχει τις τιμές της στήλης B αν είναι μικρότερες του 0.5 και της στήλης E αν είναι μικρότερες του 4.75 και επιστρέφει το μήνυμα “not working” (δεν δουλεύει) αν ισχύουν οι συνθήκες(έστω η μια) και “working” (δουλεύει) αν δεν ισχύουν και τις αποθηκεύει σε μια νέα στήλη την F.

Αφού λοιπόν γίνει αυτός ο έλεγχος προχωράμε στην εύρεση της ισχύος από τον πίνακα του Pelamis ο οποίος παρατίθεται στο παράρτημα II και καταγράφουμε τα αποτελέσματα στην στήλη G του Excel.

6.2.2.1.Εύρεση αποδιδόμενης ενέργειας απο την συσκευή Pelamis για κάλυψη των αναγκών της μελετώμενης περιοχής

Ως γνωστόν η ενέργεια E δίνεται απο τον τύπο:

$$E=P*t \tag{6.4}$$

Όπου: P η ισχύς

και t ο χρόνος

Για να υπολογίσουμε την αποδιδόμενη ενέργεια από την κυματική συσκευή Pelamis, ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

Δημιουργήσαμε μια νέα στήλη στο Excel που μέσω της ισχύος και του χρόνου θα υπολογίζει την ενέργεια που αποδίδεται. Για να γίνει αυτό έπρεπε να εκτιμηθεί ο χρόνος κατά τον οποίο έχουμε την συγκεκριμένη ισχύ.

Θεωρητικά, η 1Kwh είναι η ενέργεια που δίνει ένα σύστημα ισχύος 1 Kw κατά τη διάρκεια μιας ώρας.

Η ισχύς όμως που έχουμε υπολογίσει εμείς για το σύστημα Pelamis, είναι η ισχύς μιας καταγραφής ίσης με 1024 sec στο διάστημα ενός 3ωρου.

Αυτό λοιπόν που έπρεπε να εξετάσουμε ήταν η χρονική διάρκεια αυτής η ισχύος. Τη λύση σε αυτόν τον προβληματισμό δίνει η διασπορά των ωρών, δηλαδή πόσες καταγραφές διάρκειας 1024 sec είχαμε στην διάρκεια των 3 ωρών η οποία υπολογίστηκε στην στήλη I του προγράμματος Excel.

Υπολογίσαμε λοιπόν την ενέργεια δεχόμενοι την τιμή της ισχύος σαν μια μέση τιμή του 3ωρου που έχει διάρκεια ίση με Tz·n φορές μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Η ετήσια ενέργεια που βρέθηκε από τους υπολογισμούς είναι ίση με 2.95 GWh. Ενδεικτικοί υπολογισμοί παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας πτυχιακής.

6.3.Ενεργειακές ανάγκες μελετώμενου νησιού και κάλυψη ενέργειας από την κυματική συσκευή

Όπως είπαμε παραπάνω το νησί που μελετάμε είναι η Μύκονος. Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας(ΡΑΕ) [4], κατά το έτος 2008, η ετήσια ζήτηση ενέργειας ανέρχεται στις 112,13 GWh για το νησί της Μυκόνου. Αξιοσημείωτο είναι να πούμε πως η ζήτηση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών είναι υψηλότερη χρόνο με το χρόνο με συντελεστή προσαύξησης 1,05 που προκύπτει από συγκρίσεις των καταναλώσεων χρόνο με το χρόνο.

Άρα για το 2011 η ετήσια ζήτηση ενέργειας ανέρχεται στις 129,80 GWh. Η ενέργεια που μπορεί να μας προσφέρει ο κυματικός μετατροπέας Pelamis των 1.5 Mw ανέρχεται στις 2,95 GWh. Ενέργεια που είναι ικανή να καλύψει περίπου το $\frac{1}{40}$ της ετήσιας ζήτησης του νησιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.Υπολογισμός δαπάνης για την τοποθέτηση ενός κυματικού συστήματος

Μελετώντας τα αποτελέσματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η κυματική ενέργεια που παράγει μια συσκευή Pelamis, κρίνεται ανεπαρκής για την κάλυψη της ζητούμενης ενέργειας της Μυκόνου.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε πως η ενεργειακή ζήτηση της Μυκόνου είναι 129,80 GWh, ενώ η ενέργεια που μπορεί να προσφέρει η συσκευή Pelamis των 1,5 MW αγγίζει τις 2,95 GWh.

Αυτό σημαίνει είτε ότι πρέπει να τοποθετηθούν πάνω από μια συσκευές για να έχουμε την αναγκαία ενεργειακή κάλυψη, είτε ότι με την εγκατάσταση μιας τέτοιας συσκευής θα συνεισφέρουμε κατά ένα μικρό ποσοστό στο δίκτυο για την ενεργειακή κάλυψη που απαιτείται.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας δεν λήφθηκαν υπόψη σημαντικές παράμετροι όπως αυτή της συμβολής των κυμάτων που δίνει αξιοσημείωτα δυναμικά στις περιοχές που λαμβάνει χώρα, καθώς επίσης και η μορφολογία των θαλάσσιων αυτών περιοχών.

Επίσης η ανυπαρξία περισσότερων μετρητικών σταθμών μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα μιας και οι μετρήσεις που χρησιμοποιήσαμε ήταν σημειακές. Βέβαια υπάρχουν σημεία στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο που χρήζουν περαιτέρω έρευνας λόγω των μεγάλων υψών κύματος.

7.1.Κεφαλαιουχικές δαπάνες

Για να εγκατασταθεί ένας κυματικός μετατροπέας στην θαλάσσια περιοχή της Μυκόνου, απαιτείται ένα αρχικό κόστος το οποίο περιλαμβάνει την αγορά της συσκευής καθώς επίσης και κάποιες άλλες αρχικές δαπάνες που είναι απαραίτητες για την λειτουργία του συστήματος.

Αυτές μπορεί να είναι: η αγκύρωση, η καλωδίωση, η σύνδεση στο δίκτυο κ.α. Επίσης εκτός από τις δαπάνες που απαιτούνται κατά την εγκατάσταση της συσκευής, υπάρχουν και οι λειτουργικές δαπάνες που περιλαμβάνουν την λειτουργία, την συντήρηση, τη μίσθωση υπαλλήλων κ.α. Στην οικονομική ανάλυση που πρόκειται να ακολουθήσει θα χρησιμοποιήσουμε αυτές τις δαπάνες σαν ένα ποσοστό του αρχικού κεφαλαίου σύμφωνα με την μέθοδο που χρησιμοποίησε ο Dalton το 2009 [3].

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ DALTON ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Δαπάνες	Ποσοστό % επί του αρχικού κόστους
Αγκύρωση	10%
Καλωδίωση	10%
Επιλογή θέσης και άδεια εγκατάστασης	2%
Διαχείριση	10%
Σύνδεση στο δίκτυο	5%

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ DALTON ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Δαπάνες	Ποσοστό % επί του αρχικού κόστους
Λειτουργία και συντήρηση	3%
Ασφάλιστρα	3%
Κόστος επισκευής και χρόνος μη διαθεσιμότητας	10%
Μισθώματα	2,5%

7.2.Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας συσκευής Pelamis στη Μύκονο

Σ' αυτή την ενότητα θα υπολογίσουμε το απαιτούμενο κεφάλαιο για την εγκατάσταση μιας συσκευής Pelamis ισχύος 1.5 Mw στο νησί της Μυκόνου. Η παραγόμενη ενέργεια από την συσκευή θα συνεισφέρει σημαντικά στο δίκτυο ηλεκτροδότησης μιας και πρόκειται να καλύψει το 1/40 των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Σύστημα Relamis	Ποσοστό % επί του αρχικού κόστους	Κόστος(€)
Συσκευή ισχύος 1.5 Mw		4.500.000 ^[29]
Αγκύρωση	10%*4.500.000	450.000
Καλωδίωση	10%*4.500.000	450.000
Επιλογή θέσης και άδεια εγκατάστασης	2%*4.500.000	90.000
Διαχείριση	10%*4.500.000	450.000
Σύνδεση στο δίκτυο	5%*4.500.000	225.000
Λειτουργία και συντήρηση	3%*4.500.000	135.000
Ασφάλιστρα	3%*4.500.000	135.000
Κόστος επισκευής και χρόνος μη διαθεσιμότητας	10%*4.500.000	450.000
Μισθώματα	2.5%*4.500.000	112.500
	ΣΥΝΟΛΟ	6.997.500

7.3. Απόσβεση χρέους

Η τιμή της κιλοβατώρας το 2011 ανερχόταν στο ποσό των 0.09 € [30]. Αυτό σημαίνει ότι για τις 2,95 GWh το ποσό που αποταμιεύουμε από την ΔΕΗ είναι ίσο με 265,500€ ετησίως.

Δηλαδή η απόσβεση της εγκατάστασης μας θα γίνει σε:

$$t = \frac{6.997.500}{265.500} = 26 \text{ έτη}$$

Δηλαδή ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης που θα καλύπτει σε ενέργεια το $\frac{1}{40}$ των ετήσιων αναγκών, είναι περίπου ίσος με 26 χρόνια.

Αυτό σημαίνει πως αν αποφασίζαμε να καλύψουμε με συσκευές Relamis το σύνολο των ενεργειακών αναγκών του νησιού, το κόστος εγκατάστασης θα ανερχόταν περίπου στα 280.000.000€ με μια ετήσια αποταμίευση των 10.620.000€ και τον ίδιο χρόνο απόσβεσης με παραπάνω (26 χρόνια)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. Συμπεράσματα

Η κυματική ενέργεια είναι μια ενέργεια ανεξάντλητη και καθαρής μορφής που δεν έχει ακόμα αξιοποιηθεί όσο οι άλλες (αιολική, ηλιακή).

Όμως τα πολλά της πλεονεκτήματα κινούν το ενδιαφέρον επιστημόνων για περαιτέρω μελέτη και ανάπτυξη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήσαμε αν το κυματικό δυναμικό της περιοχής της Μυκόνου είναι ικανό να φιλοξενήσει έναν κυματικό μετατροπέα, ο οποίος θα συνεισφέρει στην παραγωγή ενέργειας.

Βάσει των υπολογισμών μας καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση μιας κυματικής συσκευής στην τοποθεσία της Μυκόνου κρίνεται ριψοκίνδυνη λόγω του κόστους εγκατάστασης για την κάλυψη του 1/40 του νησιού και λόγω της υπέρβασης της 17ετίας που είναι ο μέσος όρος ζωής μιας κυματικής μηχανής Pelamis .

Αν και οι κυματικοί μετατροπείς φέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η ανάπτυξη απομακρυσμένων περιοχών, η ελάχιστη ή καθόλου δέσμευση γης, η μηδαμινή οπτική και ακουστική ενόχληση, σε κάποιες περιοχές η εγκατάσταση τους δεν ενδείκνυται. Όμως οι συνεχείς έρευνες και εφευρέσεις αφήνουν ελπίδες για μετατροπείς που θα αποδίδουν ακόμη και στις περιοχές με χαμηλό κυματικό δυναμικό.

Βέβαια αξίζει να σημειώσουμε ότι μια τέτοια επένδυση επιφέρει σημαντικούς κινδύνους αφού η συσκευή μπορεί να καταστραφεί κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες και το υψηλό κόστος εγκατάστασης της να επιβαρύνει τους επενδυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφία-Πηγές

- [1] www.oas.org/cdcm_train/courses
- [2] www.tvrl.lth.se
- [3] www.waveplam.eu
- [4] www.rae.gr
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Wave_power
- [6] Σύστημα Επιχειρησιακής Ωκεανογραφίας ΠΟΣΕΙΔΩΝ, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών <http://poseidon.hcmr.gr>
- [7] www.ca-oe.org
- [8] www.pelamiswave.com
- [9] www.wavedragon.net
- [10] www.waveenergy.dk
- [11] www.waveenergytech.com
- [12] www.cwavepower.com
- [13] www.aw-energy.com
- [14] www.biopowersystems.com
- [15] www.oceanlinx.com
- [16] www.jamstec.go.jp
- [17] www.sara.com
- [18] www.owec.com
- [19] www.sperboy.com
- [20] www.waveenergy.no
- [21] www.waveberg.com
- [22] www.aquamarinepower.com
- [23] www.daedalus.gr
- [24] www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2004/murray.pdf
- [25] <http://nldr.library.ucar.edu/repository/assets/soars/SOARS-000-000-000-408.pdf>
- [26] <http://www.plosone.org/article/info%253Adoi%252F10.1371%252Fjournal.pone.0047598#s2>
- [27] http://www.oas.org/cdcm_train/courses/course21/chap_05.pdf
- [28] <http://www.tvrl.lth.se>
- [29] <http://www.reuk.co.uk/Pelamis-Wave-Energy-Project.htm>
- [30] <http://www.dei.gr/Images/final%20NEA%20ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ%20συνεντευξη%20%2011-1-2011%20M.pdf>
- [31] <http://www.aos.princeton.edu/WWWPUBLIC/htdocs.pom/>
- [32] [http://en.wikipedia.org/wiki/Boussinesq_approximation_\(water_waves\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Boussinesq_approximation_(water_waves))

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι

Date/time	Hs(m)	Tp (sec)	Tz (sec)	Te(sec)	check if pelamis works	Pelamis Power (Kw)	Tz new (sec)	Tz διασποράς (sec)	Epelamis (Kw*sec)
01/01/2011 00:00:00	0.86	-9999.99	0.00	0.00	not working		0.00	0.00	0.00
01/01/2011 03:00:00	0.70	4.86	3.47	4.16	not working		3.47	36.58	0.00
01/01/2011 06:00:00	0.63	4.21	3.01	3.61	not working		3.01	31.73	0.00
01/01/2011 09:00:00	0.51	4.27	3.05	3.66	not working		3.05	32.17	0.00
01/01/2011 12:00:00	0.45	3.72	2.66	3.19	not working		2.66	28.03	0.00
01/01/2011 15:00:00	0.40	3.91	2.79	3.35	not working		2.79	29.46	0.00
01/01/2011 18:00:00	0.34	4.00	2.86	3.43	not working		2.86	30.13	0.00
01/01/2011 21:00:00	0.28	3.52	2.51	3.01	not working		2.51	26.48	0.00
02/01/2011 00:00:00	0.23	3.65	2.61	3.13	not working		2.61	27.53	0.00
02/01/2011 03:00:00	0.16	3.08	2.20	2.64	not working		2.20	23.17	0.00
02/01/2011 06:00:00	0.20	2.07	1.48	1.78	not working		1.48	15.62	0.00
02/01/2011 09:00:00	0.52	3.07	2.19	2.63	not working		2.19	23.12	0.00
02/01/2011 12:00:00	0.83	4.36	3.11	3.74	not working		3.11	32.83	0.00
02/01/2011 15:00:00	0.65	4.05	2.89	3.47	not working		2.89	30.51	0.00
02/01/2011 18:00:00	0.67	4.18	2.99	3.58	not working		2.99	31.51	0.00
02/01/2011 21:00:00	0.76	5.00	3.57	4.28	not working		3.57	37.63	0.00
03/01/2011 00:00:00	0.77	5.36	3.83	4.60	not working		3.83	40.39	0.00
03/01/2011 03:00:00	0.67	5.45	3.89	4.67	not working		3.89	41.05	0.00
03/01/2011 06:00:00	0.51	5.65	4.04	4.85	working	0.00	4.04	42.60	0.00

03/01/2011									
09:00:00	0.53	4.97	3.55	4.26	not working		3.55	37.47	0.00
03/01/2011									
12:00:00	0.46	5.05	3.60	4.33	not working		3.60	38.02	0.00
03/01/2011									
15:00:00	0.45	4.61	3.30	3.96	not working		3.30	34.76	0.00
03/01/2011									
18:00:00	0.54	4.20	3.00	3.60	not working		3.00	31.62	0.00
03/01/2011									
21:00:00	0.73	5.20	3.71	4.46	not working		3.71	39.18	0.00
04/01/2011									
00:00:00	1.88	6.36	4.54	5.45	working	117.00	4.54	47.89	5603.54
04/01/2011									
03:00:00	1.95	6.13	4.38	5.25	working	117.00	4.38	46.18	5403.41
04/01/2011									
06:00:00	2.53	7.02	5.01	6.01	working	350.00	5.01	52.86	18500.80
04/01/2011									
09:00:00	2.04	6.65	4.75	5.70	working	175.00	4.75	50.10	8767.60
04/01/2011									
12:00:00	1.77	7.27	5.19	6.23	working	224.00	5.19	54.74	12260.75
04/01/2011									
15:00:00	1.64	5.63	4.02	4.82	working	0.00	4.02	42.38	0.00
04/01/2011									
18:00:00	1.51	4.32	3.09	3.70	not working		3.09	32.55	0.00
04/01/2011									
21:00:00	1.37	5.65	4.04	4.85	working	0.00	4.04	42.60	0.00
05/01/2011									
00:00:00	1.26	5.89	4.21	5.05	working	66.00	4.21	44.36	2927.90
05/01/2011									
03:00:00	1.45	6.02	4.30	5.16	working	66.00	4.30	45.36	2993.46
05/01/2011									
06:00:00	1.20	5.22	3.73	4.48	not working		3.73	39.34	0.00
05/01/2011									
09:00:00	1.16	4.74	3.38	4.06	not working		3.38	35.70	0.00
05/01/2011									
12:00:00	1.05	4.88	3.48	4.18	not working		3.48	36.75	0.00
05/01/2011									
15:00:00	0.87	4.90	3.50	4.20	not working		3.50	36.91	0.00
05/01/2011									
18:00:00	0.78	4.94	3.53	4.24	not working		3.53	37.24	0.00
05/01/2011									
21:00:00	0.73	5.05	3.60	4.33	not working		3.60	38.02	0.00
06/01/2011									
00:00:00	0.66	3.98	2.85	3.42	not working		2.85	30.02	0.00
06/01/2011									
03:00:00	0.62	4.30	3.07	3.69	not working		3.07	32.39	0.00
06/01/2011									
06:00:00	0.71	4.43	3.17	3.80	not working		3.17	33.38	0.00

06:00:00									
06/01/2011									
09:00:00	0.76	4.30	3.07	3.69	not working		3.07	32.39	0.00
06/01/2011									
12:00:00	0.74	4.97	3.55	4.26	not working		3.55	37.47	0.00
06/01/2011									
15:00:00	0.65	4.57	3.26	3.92	not working		3.26	34.43	0.00
06/01/2011									
18:00:00	0.73	4.49	3.21	3.85	not working		3.21	33.82	0.00
06/01/2011									
21:00:00	0.80	4.20	3.00	3.60	not working		3.00	31.62	0.00
07/01/2011									
00:00:00	0.82	4.57	3.26	3.92	not working		3.26	34.43	0.00
07/01/2011									
03:00:00	1.04	4.86	3.47	4.16	not working		3.47	36.58	0.00
07/01/2011									
06:00:00	1.04	5.33	3.81	4.57	not working		3.81	40.17	0.00
07/01/2011									
09:00:00	1.12	5.17	3.69	4.43	not working		3.69	38.95	0.00
07/01/2011									
12:00:00	1.03	5.28	3.77	4.53	not working		3.77	39.78	0.00
07/01/2011									
15:00:00	1.10	5.48	3.91	4.70	not working		3.91	41.27	0.00
07/01/2011									
18:00:00	1.30	4.92	3.52	4.22	not working		3.52	37.08	0.00
07/01/2011									
21:00:00	1.39	5.00	3.57	4.28	not working		3.57	37.63	0.00
08/01/2011									
00:00:00	1.25	5.57	3.98	4.77	working	0.00	3.98	41.93	0.00
08/01/2011									
03:00:00	1.24	5.54	3.96	4.75	not working		3.96	41.71	0.00
08/01/2011									
06:00:00	1.31	4.83	3.45	4.14	not working		3.45	36.36	0.00
08/01/2011									
09:00:00	1.41	5.02	3.58	4.30	not working		3.58	37.80	0.00
08/01/2011									
12:00:00	1.25	4.74	3.38	4.06	not working		3.38	35.70	0.00
08/01/2011									
15:00:00	1.13	4.90	3.50	4.20	not working		3.50	36.91	0.00
08/01/2011									
18:00:00	1.01	4.37	3.12	3.75	not working		3.12	32.94	0.00
08/01/2011									
21:00:00	0.81	4.67	3.34	4.01	not working		3.34	35.20	0.00
09/01/2011									
00:00:00	0.57	4.43	3.17	3.80	not working		3.17	33.38	0.00
09/01/2011									
03:00:00	0.43	3.79	2.71	3.25	not working		2.71	28.58	0.00

09/01/2011									
06:00:00	0.36	4.16	2.97	3.57	not working	2.97	31.34	0.00	
09/01/2011									
09:00:00	0.30	3.81	2.72	3.26	not working	2.72	28.69	0.00	
09/01/2011									
12:00:00	0.23	3.67	2.62	3.15	not working	2.62	27.64	0.00	
09/01/2011									
15:00:00	0.24	3.41	2.44	2.93	not working	2.44	25.71	0.00	
09/01/2011									
18:00:00	0.28	8.13	5.81	6.97	not working	5.81	61.25	0.00	
09/01/2011									
21:00:00	0.28	2.36	1.68	2.02	not working	1.68	17.77	0.00	
10/01/2011									
00:00:00	0.37	2.68	1.91	2.30	not working	1.91	20.19	0.00	
10/01/2011									
03:00:00	0.41	2.80	2.00	2.40	not working	2.00	21.08	0.00	
10/01/2011									
06:00:00	0.45	3.21	2.29	2.75	not working	2.29	24.17	0.00	
10/01/2011									
09:00:00	0.42	2.85	2.04	2.44	not working	2.04	21.46	0.00	
10/01/2011									
12:00:00	0.40	3.07	2.19	2.63	not working	2.19	23.12	0.00	
10/01/2011									
15:00:00	0.42	2.97	2.12	2.54	not working	2.12	22.35	0.00	
10/01/2011									
18:00:00	0.51	3.46	2.47	2.96	not working	2.47	26.04	0.00	
10/01/2011									
21:00:00	0.47	3.53	2.52	3.03	not working	2.52	26.60	0.00	
11/01/2011									
00:00:00	0.42	3.58	2.56	3.07	not working	2.56	26.98	0.00	
11/01/2011									
03:00:00	0.38	3.35	2.40	2.88	not working	2.40	25.27	0.00	
11/01/2011									
06:00:00	0.36	2.80	2.00	2.40	not working	2.00	21.08	0.00	
11/01/2011									
09:00:00	0.28	3.05	2.18	2.62	not working	2.18	23.01	0.00	
11/01/2011									
12:00:00	0.28	2.99	2.13	2.56	not working	2.13	22.51	0.00	
11/01/2011									
15:00:00	0.21	3.15	2.25	2.70	not working	2.25	23.73	0.00	
11/01/2011									
18:00:00	0.21	8.19	5.85	7.02	not working	5.85	61.69	0.00	
11/01/2011									
21:00:00	0.18	3.38	2.41	2.89	not working	2.41	25.44	0.00	
12/01/2011									
00:00:00	0.14	3.08	2.20	2.64	not working	2.20	23.17	0.00	
12/01/2011									
00:00:00	0.10	3.19	2.28	2.74	not working	2.28	24.06	0.00	

03:00:00									
12/01/2011									
06:00:00	0.10	3.31	2.36	2.84	not working		2.36	24.94	0.00
12/01/2011									
09:00:00	0.12	5.72	4.09	4.90	not working		4.09	43.09	0.00
12/01/2011									
12:00:00	0.13	3.97	2.84	3.40	not working		2.84	29.91	0.00
12/01/2011									
15:00:00	0.87	4.64	3.31	3.97	not working		3.31	34.93	0.00
12/01/2011									
18:00:00	0.98	5.15	3.68	4.41	not working		3.68	38.79	0.00
12/01/2011									
21:00:00	0.98	5.33	3.81	4.57	not working		3.81	40.17	0.00
13/01/2011									
00:00:00	1.12	5.75	4.11	4.93	working	29.00	4.11	43.31	1256.10
13/01/2011									
03:00:00	0.88	5.42	3.87	4.65	not working		3.87	40.83	0.00
13/01/2011									
06:00:00	0.69	4.49	3.21	3.85	not working		3.21	33.82	0.00
13/01/2011									
09:00:00	0.83	4.30	3.07	3.69	not working		3.07	32.39	0.00
13/01/2011									
12:00:00	0.75	4.66	3.33	3.99	not working		3.33	35.09	0.00
13/01/2011									
15:00:00	0.90	4.25	3.03	3.64	not working		3.03	32.00	0.00
13/01/2011									
18:00:00	1.01	4.59	3.28	3.94	not working		3.28	34.60	0.00
13/01/2011									
21:00:00	0.92	4.32	3.09	3.70	not working		3.09	32.55	0.00
14/01/2011									
00:00:00	0.77	5.75	4.11	4.93	working	29.00	4.11	43.31	1256.10
14/01/2011									
03:00:00	0.74	5.36	3.83	4.60	not working		3.83	40.39	0.00
14/01/2011									
06:00:00	0.65	4.88	3.48	4.18	not working		3.48	36.75	0.00
14/01/2011									
09:00:00	1.02	4.37	3.12	3.75	not working		3.12	32.94	0.00
14/01/2011									
12:00:00	1.23	5.20	3.71	4.46	not working		3.71	39.18	0.00
14/01/2011									
15:00:00	1.21	5.20	3.71	4.46	not working		3.71	39.18	0.00
14/01/2011									
18:00:00	1.07	5.25	3.75	4.50	not working		3.75	39.56	0.00
14/01/2011									
21:00:00	1.24	5.28	3.77	4.53	not working		3.77	39.78	0.00
15/01/2011									
00:00:00	1.43	5.75	4.11	4.93	working	66.00	4.11	43.31	2858.71

15/01/2011									
03:00:00	1.58	5.57	3.98	4.77	working	0.00	3.98	41.93	0.00
15/01/2011									
06:00:00	1.58	5.99	4.28	5.14	working	66.00	4.28	45.13	2978.89
15/01/2011									
09:00:00	1.53	5.79	4.13	4.96	working	66.00	4.13	43.59	2876.92
15/01/2011									
12:00:00	1.08	5.51	3.93	4.72	not working		3.93	41.49	0.00
15/01/2011									
15:00:00	0.83	4.39	3.14	3.77	not working		3.14	33.11	0.00
15/01/2011									
18:00:00	0.58	4.03	2.88	3.45	not working		2.88	30.35	0.00
15/01/2011									
21:00:00	0.35	3.81	2.72	3.26	not working		2.72	28.69	0.00
16/01/2011									
00:00:00	0.28	4.00	2.86	3.43	not working		2.86	30.13	0.00
16/01/2011									
03:00:00	0.25	7.81	5.58	6.70	not working		5.58	58.87	0.00
16/01/2011									
06:00:00	0.61	3.25	2.32	2.79	not working		2.32	24.50	0.00
16/01/2011									
09:00:00	1.13	5.45	3.89	4.67	not working		3.89	41.05	0.00
16/01/2011									
12:00:00	1.59	4.90	3.50	4.20	not working		3.50	36.91	0.00
16/01/2011									
15:00:00	2.85	8.19	5.85	7.02	working	598.00	5.85	61.69	36889.29
16/01/2011									
18:00:00	2.99	7.87	5.62	6.75	working	572.00	5.62	59.32	33928.28
16/01/2011									
21:00:00	3.02	7.32	5.23	6.27	working	504.00	5.23	55.12	27781.32
17/01/2011									
00:00:00	3.56	9.66	6.90	8.28	working	760.00	6.90	72.78	55311.48
17/01/2011									
03:00:00	3.39	7.11	5.08	6.10	working	686.00	5.08	53.58	36753.66
17/01/2011									
06:00:00	3.52	8.06	5.76	6.91	working	813.00	5.76	60.75	49389.51
17/01/2011									
09:00:00	3.02	7.76	5.54	6.65	working	572.00	5.54	58.43	33423.29
17/01/2011									
12:00:00	2.89	8.06	5.76	6.91	working	598.00	5.76	60.75	36328.32
17/01/2011									
15:00:00	2.71	7.37	5.26	6.32	working	504.00	5.26	55.51	27975.98
17/01/2011									
18:00:00	2.49	7.53	5.38	6.45	working	397.00	5.38	56.72	22518.57
17/01/2011									
21:00:00	2.56	7.32	5.23	6.27	working	350.00	5.23	55.12	19292.58
18/01/2011									
	2.28	7.70	5.50	6.60	working	397.00	5.50	57.99	23022.37

00:00:00									
18/01/2011									
03:00:00	2.09	7.53	5.38	6.45	working	254.00	5.38	56.72	14407.35
18/01/2011									
06:00:00	2.23	5.75	4.11	4.93	working	117.00	4.11	43.31	5067.72
18/01/2011									
09:00:00	1.95	7.02	5.01	6.01	working	224.00	5.01	52.86	11840.51
18/01/2011									
12:00:00	2.17	7.02	5.01	6.01	working	224.00	5.01	52.86	11840.51
18/01/2011									
15:00:00	2.23	6.69	4.78	5.74	working	175.00	4.78	50.43	8825.55
18/01/2011									
18:00:00	2.09	6.74	4.81	5.78	working	175.00	4.81	50.76	8883.47
18/01/2011									
21:00:00	1.78	6.32	4.51	5.42	working	117.00	4.51	47.62	5571.26
19/01/2011									
00:00:00	1.64	5.92	4.23	5.07	working	66.00	4.23	44.58	2942.47
19/01/2011									
03:00:00	1.45	5.48	3.91	4.70	not working		3.91	41.27	0.00
19/01/2011									
06:00:00	1.46	5.12	3.66	4.39	not working		3.66	38.57	0.00
19/01/2011									
09:00:00	1.22	5.20	3.71	4.46	not working		3.71	39.18	0.00
19/01/2011									
12:00:00	1.11	5.10	3.64	4.37	not working		3.64	38.40	0.00
19/01/2011									
15:00:00	1.04	4.94	3.53	4.24	not working		3.53	37.24	0.00
19/01/2011									
18:00:00	0.76	4.78	3.42	4.10	not working		3.42	36.03	0.00
19/01/2011									
21:00:00	0.69	4.49	3.21	3.85	not working		3.21	33.82	0.00
20/01/2011									
00:00:00	0.46	4.43	3.17	3.80	not working		3.17	33.38	0.00
20/01/2011									
03:00:00	0.37	4.39	3.14	3.77	not working		3.14	33.11	0.00
20/01/2011									
06:00:00	0.29	3.88	2.77	3.33	not working		2.77	29.24	0.00
20/01/2011									
09:00:00	0.23	7.87	5.62	6.75	not working		5.62	59.32	0.00
20/01/2011									
12:00:00	0.19	2.53	1.80	2.17	not working		1.80	19.04	0.00
20/01/2011									
15:00:00	0.21	2.24	1.60	1.92	not working		1.60	16.88	0.00
20/01/2011									
18:00:00	0.25	3.35	2.39	2.87	not working		2.39	25.22	0.00
20/01/2011									
21:00:00	0.41	2.15	1.53	1.84	not working		1.53	16.17	0.00

21/01/2011	00:00:00	0.44	3.93	2.80	3.36	not working		2.80	29.57	0.00
21/01/2011	03:00:00	0.42	2.00	1.43	1.71	not working		1.43	15.06	0.00
21/01/2011	06:00:00	0.49	3.74	2.67	3.20	not working		2.67	28.14	0.00
21/01/2011	09:00:00	0.32	3.18	2.27	2.72	not working		2.27	23.95	0.00
21/01/2011	12:00:00	0.33	4.76	3.40	4.08	not working		3.40	35.86	0.00
21/01/2011	15:00:00	0.46	4.83	3.45	4.14	not working		3.45	36.36	0.00
21/01/2011	18:00:00	0.36	4.78	3.42	4.10	not working		3.42	36.03	0.00
21/01/2011	21:00:00	0.49	4.88	3.48	4.18	not working		3.48	36.75	0.00
22/01/2011	00:00:00	0.44	4.49	3.21	3.85	not working		3.21	33.82	0.00
22/01/2011	03:00:00	0.44	4.43	3.17	3.80	not working		3.17	33.38	0.00
22/01/2011	06:00:00	0.45	5.05	3.60	4.33	not working		3.60	38.02	0.00
22/01/2011	09:00:00	0.48	4.78	3.42	4.10	not working		3.42	36.03	0.00
22/01/2011	12:00:00	0.51	4.90	3.50	4.20	not working		3.50	36.91	0.00
22/01/2011	15:00:00	0.48	4.61	3.30	3.96	not working		3.30	34.76	0.00
22/01/2011	18:00:00	0.56	4.05	2.89	3.47	not working		2.89	30.51	0.00
22/01/2011	21:00:00	0.54	3.87	2.76	3.31	not working		2.76	29.13	0.00
23/01/2011	00:00:00	0.60	2.03	1.45	1.74	not working		1.45	15.28	0.00
23/01/2011	03:00:00	0.73	4.51	3.22	3.87	not working		3.22	33.99	0.00
23/01/2011	06:00:00	0.73	5.75	4.11	4.93	working	29.00	4.11	43.31	1256.10
23/01/2011	09:00:00	0.59	3.52	2.51	3.01	not working		2.51	26.48	0.00
23/01/2011	12:00:00	0.62	3.17	2.27	2.72	not working		2.27	23.89	0.00
23/01/2011	15:00:00	0.69	2.83	2.02	2.43	not working		2.02	21.35	0.00
23/01/2011	18:00:00	0.80	6.56	4.69	5.63	working	44.00	4.69	49.44	2175.29
23/01/2011		0.60	4.83	3.45	4.14	not working		3.45	36.36	0.00

21:00:00									
24/01/2011									
00:00:00	0.64	2.78	1.99	2.39	not working		1.99	20.97	0.00
24/01/2011									
03:00:00	0.43	5.42	3.87	4.65	not working		3.87	40.83	0.00
24/01/2011									
06:00:00	0.46	5.39	3.85	4.62	not working		3.85	40.61	0.00
24/01/2011									
09:00:00	0.45	5.89	4.21	5.05	not working		4.21	44.36	0.00
24/01/2011									
12:00:00	0.39	5.63	4.02	4.82	not working		4.02	42.38	0.00
24/01/2011									
15:00:00	0.40	2.00	1.43	1.71	not working		1.43	15.06	0.00
24/01/2011									
18:00:00	0.72	2.71	1.94	2.32	not working		1.94	20.42	0.00
24/01/2011									
21:00:00	0.86	4.30	3.07	3.69	not working		3.07	32.39	0.00
25/01/2011									
00:00:00	0.60	4.21	3.01	3.61	not working		3.01	31.73	0.00
25/01/2011									
03:00:00	0.64	4.57	3.26	3.92	not working		3.26	34.43	0.00
25/01/2011									
06:00:00	0.71	4.36	3.11	3.74	not working		3.11	32.83	0.00
25/01/2011									
09:00:00	0.62	4.37	3.12	3.75	not working		3.12	32.94	0.00
25/01/2011									
12:00:00	1.03	5.28	3.77	4.53	not working		3.77	39.78	0.00
25/01/2011									
15:00:00	2.29	7.53	5.38	6.45	working	397.00	5.38	56.72	22518.57
25/01/2011									
18:00:00	2.02	8.26	5.90	7.08	working	266.00	5.90	62.24	16555.71
25/01/2011									
21:00:00	2.05	8.06	5.76	6.91	working	266.00	5.76	60.75	16159.42
26/01/2011									
00:00:00	1.96	7.70	5.50	6.60	working	254.00	5.50	57.99	14729.68
26/01/2011									
03:00:00	1.51	6.48	4.63	5.56	working	99.00	4.63	48.83	4834.32
26/01/2011									
06:00:00	1.21	5.79	4.13	4.96	working	29.00	4.13	43.59	1264.10
26/01/2011									
09:00:00	0.95	6.78	4.84	5.81	working	44.00	4.84	51.09	2248.13
26/01/2011									
12:00:00	0.72	6.61	4.72	5.66	working	44.00	4.72	49.77	2189.86
26/01/2011									
15:00:00	0.60	5.89	4.21	5.05	working	0.00	4.21	44.36	0.00
26/01/2011									
18:00:00	0.47	5.42	3.87	4.65	not working		3.87	40.83	0.00

26/01/2011									
21:00:00	0.42	5.69	4.06	4.88	not working		4.06	42.87	0.00
27/01/2011									
00:00:00	0.38	5.28	3.77	4.53	not working		3.77	39.78	0.00
27/01/2011									
03:00:00	0.41	4.86	3.47	4.16	not working		3.47	36.58	0.00
27/01/2011									
06:00:00	0.37	2.75	1.96	2.35	not working		1.96	20.69	0.00
27/01/2011									
09:00:00	0.34	3.38	2.41	2.89	not working		2.41	25.44	0.00
27/01/2011									
12:00:00	0.29	3.47	2.48	2.98	not working		2.48	26.15	0.00
27/01/2011									
15:00:00	0.23	3.96	2.83	3.39	not working		2.83	29.80	0.00
27/01/2011									
18:00:00	0.32	3.41	2.44	2.93	not working		2.44	25.71	0.00
27/01/2011									
21:00:00	0.38	2.40	1.71	2.05	not working		1.71	18.04	0.00
28/01/2011									
00:00:00	0.44	3.09	2.21	2.65	not working		2.21	23.28	0.00
28/01/2011									
03:00:00	0.86	4.03	2.88	3.45	not working		2.88	30.35	0.00
28/01/2011									
06:00:00	1.46	4.97	3.55	4.26	not working		3.55	37.47	0.00
28/01/2011									
09:00:00	2.50	6.83	4.88	5.85	working	274.00	4.88	51.42	14090.40
28/01/2011									
12:00:00	2.34	6.97	4.98	5.97	working	274.00	4.98	52.47	14377.65
28/01/2011									
15:00:00	2.76	7.70	5.50	6.60	working	572.00	5.50	57.99	33170.77
28/01/2011									
18:00:00	2.55	7.81	5.58	6.70	working	397.00	5.58	58.87	23372.86
28/01/2011									
21:00:00	2.02	6.97	4.98	5.97	working	224.00	4.98	52.47	11753.99
29/01/2011									
00:00:00	2.10	7.16	5.12	6.14	working	224.00	5.12	53.96	12087.71
29/01/2011									
03:00:00	1.83	6.44	4.60	5.52	working	175.00	4.60	48.50	8487.58
29/01/2011									
06:00:00	2.59	6.32	4.51	5.42	working	183.00	4.51	47.62	8714.03
29/01/2011									
09:00:00	2.68	9.40	6.71	8.05	working	388.00	6.71	70.79	27467.26
29/01/2011									
12:00:00	2.82	9.40	6.71	8.05	working	558.00	6.71	70.79	39501.88
29/01/2011									
15:00:00	2.70	8.91	6.36	7.63	working	409.00	6.36	67.10	27441.89
29/01/2011									
	2.81	9.31	6.65	7.98	working	558.00	6.65	70.13	39132.42

18:00:00									
29/01/2011									
21:00:00	2.64	7.64	5.46	6.55	working	397.00	5.46	57.55	22847.14
30/01/2011									
00:00:00	2.84	7.81	5.58	6.70	working	397.00	5.58	58.87	23372.86
30/01/2011									
03:00:00	2.66	7.27	5.19	6.23	working	350.00	5.19	54.74	19157.42
30/01/2011									
06:00:00	2.33	7.42	5.30	6.36	working	350.00	5.30	55.89	19562.95
30/01/2011									
09:00:00	1.74	6.97	4.98	5.97	working	224.00	4.98	52.47	11753.99
30/01/2011									
12:00:00	1.60	7.21	5.15	6.18	working	126.00	5.15	54.35	6848.01
30/01/2011									
15:00:00	1.45	5.22	3.73	4.48	not working		3.73	39.34	0.00
30/01/2011									
18:00:00	1.24	5.28	3.77	4.53	not working		3.77	39.78	0.00
30/01/2011									
21:00:00	1.04	4.72	3.37	4.04	not working		3.37	35.53	0.00
31/01/2011									
00:00:00	0.96	4.20	3.00	3.60	not working		3.00	31.62	0.00
31/01/2011									
03:00:00	1.09	4.49	3.21	3.85	not working		3.21	33.82	0.00
31/01/2011									
06:00:00	1.16	4.94	3.53	4.24	not working		3.53	37.24	0.00
31/01/2011									
09:00:00	1.17	5.42	3.87	4.65	not working		3.87	40.83	0.00
31/01/2011									
12:00:00	1.23	5.33	3.81	4.57	not working		3.81	40.17	0.00
31/01/2011									
15:00:00	1.22	4.86	3.47	4.16	not working		3.47	36.58	0.00
31/01/2011									
18:00:00	1.25	5.33	3.81	4.57	not working		3.81	40.17	0.00
31/01/2011									
21:00:00	1.34	5.65	4.04	4.85	working	0.00	4.04	42.60	0.00
01/02/2011									
00:00:00	1.44	5.63	4.02	4.82	working	0.00	4.02	42.38	0.00
01/02/2011									
03:00:00	1.80	5.57	3.98	4.77	working	0.00	3.98	41.93	0.00
01/02/2011									
06:00:00	2.01	5.79	4.13	4.96	working	117.00	4.13	43.59	5100.00
01/02/2011									
09:00:00	2.07	6.36	4.54	5.45	working	117.00	4.54	47.89	5603.54
01/02/2011									
12:00:00	1.81	6.25	4.46	5.36	working	117.00	4.46	47.07	5506.71
01/02/2011									
15:00:00	1.59	6.28	4.49	5.39	working	66.00	4.49	47.34	3124.56

01/02/2011									
18:00:00	1.50	5.45	3.89	4.67	not working		3.89	41.05	0.00
01/02/2011									
21:00:00	1.65	5.69	4.06	4.88	working	0.00	4.06	42.87	0.00
02/02/2011									
00:00:00	1.60	5.51	3.93	4.72	not working		3.93	41.49	0.00
02/02/2011									
03:00:00	1.69	5.72	4.09	4.90	working	0.00	4.09	43.09	0.00
02/02/2011									
06:00:00	1.55	6.09	4.35	5.22	working	66.00	4.35	45.91	3029.87
02/02/2011									
09:00:00	1.26	5.57	3.98	4.77	working	0.00	3.98	41.93	0.00
02/02/2011									
12:00:00	1.11	5.36	3.83	4.60	not working		3.83	40.39	0.00
02/02/2011									
15:00:00	0.88	5.36	3.83	4.60	not working		3.83	40.39	0.00
02/02/2011									
18:00:00	0.74	5.20	3.71	4.46	not working		3.71	39.18	0.00
02/02/2011									
21:00:00	0.68	5.10	3.64	4.37	not working		3.64	38.40	0.00
03/02/2011									
00:00:00	0.62	5.02	3.58	4.30	not working		3.58	37.80	0.00
03/02/2011									
03:00:00	0.65	3.54	2.53	3.04	not working		2.53	26.71	0.00
03/02/2011									
06:00:00	1.00	4.69	3.35	4.02	not working		3.35	35.37	0.00
03/02/2011									
09:00:00	1.66	5.39	3.85	4.62	not working		3.85	40.61	0.00
03/02/2011									
12:00:00	2.09	6.83	4.88	5.85	working	175.00	4.88	51.42	8999.35
03/02/2011									
15:00:00	2.43	7.32	5.23	6.27	working	350.00	5.23	55.12	19292.58
03/02/2011									
18:00:00	2.75	6.97	4.98	5.97	working	504.00	4.98	52.47	26446.49
03/02/2011									
21:00:00	3.55	7.06	5.04	6.05	working	686.00	5.04	53.19	36488.70
04/02/2011									
00:00:00	2.92	8.39	6.00	7.19	working	598.00	6.00	63.23	37813.13
04/02/2011									
03:00:00	2.35	7.81	5.58	6.70	working	397.00	5.58	58.87	23372.86
04/02/2011									
06:00:00	2.67	7.02	5.01	6.01	working	504.00	5.01	52.86	26641.15
04/02/2011									
09:00:00	3.08	7.81	5.58	6.70	working	572.00	5.58	58.87	33675.76
04/02/2011									
12:00:00	2.92	7.11	5.08	6.10	working	504.00	5.08	53.58	27002.69
04/02/2011									
	2.67	6.69	4.78	5.74	working	274.00	4.78	50.43	13818.28

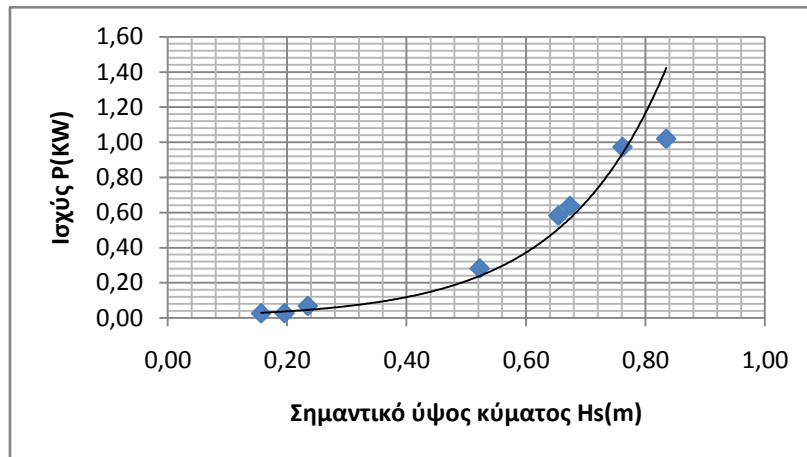
15:00:00									
04/02/2011									
18:00:00	2.59	7.76	5.54	6.65	working	397.00	5.54	58.43	23197.63
04/02/2011									
21:00:00	2.60	7.94	5.67	6.81	working	415.00	5.67	59.81	24821.86
05/02/2011									
00:00:00	2.57	8.00	5.71	6.86	working	415.00	5.71	60.25	25005.06
05/02/2011									
03:00:00	2.50	8.33	5.95	7.14	working	415.00	5.95	62.74	26035.49
05/02/2011									
06:00:00	2.08	8.06	5.76	6.91	working	266.00	5.76	60.75	16159.42
05/02/2011									
09:00:00	2.19	7.11	5.08	6.10	working	224.00	5.08	53.58	12001.20
.
.
.
.
.
.
30/12/2011									
21:00:00	0.23	2.40	1.71	2.05	not working		1.71	18.04	0.00
31/12/2011									
00:00:00	0.36	3.20	2.29	2.74	not working		2.29	24.11	0.00
31/12/2011									
03:00:00	0.52	3.60	2.57	3.08	not working		2.57	27.09	0.00
31/12/2011									
06:00:00	0.55	4.53	3.24	3.89	not working		3.24	34.15	0.00
31/12/2011									
09:00:00	0.53	4.37	3.12	3.75	not working		3.12	32.94	0.00
31/12/2011									
12:00:00	0.41	4.48	3.20	3.84	not working		3.20	33.71	0.00
31/12/2011									
15:00:00	0.43	2.90	2.07	2.49	not working		2.07	21.85	0.00
31/12/2011									
18:00:00	1.76	6.36	4.54	5.45	working	117.00	4.54	47.89	5603.54
31/12/2011									
21:00:00	2.25	7.06	5.04	6.05	working	224.00	5.04	53.19	11914.68
ΣΥΝΟΛΟ						189.29 Mw	2.96 h		2.95 Gwh

Παράρτημα II

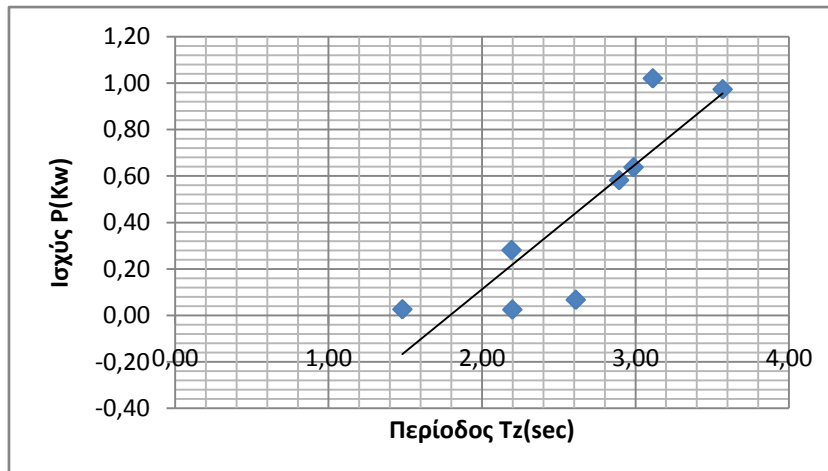
Significant wave height H_s (m)	Energy period T_e (s)																					
	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75	12.25	12.75	13.25	13.75	14.25	14.75	
0.5	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle	idle
1	idle	29	44	56	64	68	65	62	57	52	47	42	37	33	29	25	22	20	18	16	14	14
1.5	idle	66	99	126	143	149	147	140	129	117	105	93	83	73	65	57	51	45	40	35	31	31
2	idle	117	175	224	254	266	262	248	229	208	187	166	147	130	115	102	90	80	71	63	56	56
2.5	idle	183	274	350	397	415	409	388	358	325	291	260	230	204	180	159	141	124	110	98	87	87
3	idle	263	395	504	572	598	589	558	515	468	420	374	332	293	259	229	202	179	159	141	125	125
3.5	-	358	537	686	779	813	802	760	701	637	571	509	451	399	353	312	276	244	216	192	170	170
4	-	468	702	895	1017	1062	1047	992	916	832	746	665	590	522	461	407	360	318	282	250	222	222
4.5	-	-	888	1133	1287	1345	1325	1256	1160	1052	944	841	746	660	584	516	456	403	357	317	281	281
5	-	-	-	1399	1589	1660	1636	1550	1432	1299	1166	1039	921	815	720	636	562	498	441	391	347	347
5.5	-	-	-	1693	1923	2008	1980	1876	1732	1572	1411	1257	1115	986	872	770	681	602	533	473	420	420
6	-	-	-	-	2289	2390	2356	2233	2061	1871	1679	1496	1327	1174	1037	916	810	716	635	563	500	500
6.5	-	-	-	-	2686	2805	2765	2620	2419	2196	1970	1756	1557	1378	1218	1076	951	841	745	661	587	587
7	-	-	-	-	-	3253	3207	3039	2806	2547	2285	2036	1806	1598	1412	1247	1102	975	864	766	681	681
7.5	-	-	-	-	-	3500	3500	3488	3221	2923	2623	2337	2073	1834	1621	1432	1266	1119	991	879	781	781
8	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3326	2985	2659	2359	2087	1844	1629	1440	1274	1128	1001	889	889
8.5	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3370	3032	2663	2356	2082	1839	1625	1438	1273	1130	1004	1004
9	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3366	2985	2641	2334	2062	1822	1612	1428	1266	1125	1125
9.5	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3326	2943	2601	2298	2030	1796	1591	1411	1254	1125	1125
10	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3261	2882	2546	2250	1990	1763	1563	1389	1254	1254
10.5	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3177	2807	2480	2194	1943	1724	1532	1389	1389
11	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3487	3080	2722	2408	2133	1892	1681	1532	1532
11.5	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3467	2975	2632	2331	2068	1837	1681	1681
12	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3240	2866	2538	2251	2001	2001
12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3109	2754	2443	2171	2171
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3363	2979	2642	2348	2348
13.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3212	2849	2532	2532
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3455	3064	2723	2723
14.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3287	2921	2921

Παράρτημα III

Διάγραμμα1: Εξάρτησης ισχύος-σημαντικού ύψους κύματος



Διάγραμμα2: Εξάρτησης ισχύος-περίοδου



Παράρτημα IV



Πάτρα 11 Οκτωβρίου 2012

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Γ
ΠΡΟΣ:

ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Τ

Αλέξανδρος Καλαράκης
Επιστημονικός Συνεργάτης Τμήματος Μηχανολογίας
Τηλ. 2601-388267 / 2610-388132

Λ

Τ

ΘΕΜΑ: Δεδομένα καιρικών συνθηκών

Παρακαλώ για την παροχή πληροφοριών εκ μέρους της υπηρεσίας σας σχετικά με τις κυματικές παραμέτρους των σταθμών Ζακύνθου, Πύλου και Μυκόνου κατά την διάρκεια ενός έτους για την εκπόνηση πτυχιακής εργασίας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με τίτλο «Αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας», της φοιτήτριας Σοφία Παπαθανάση.

Τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς, αποκλείοντας κάθε άλλη χρήση τους όπως παροχή σε τρίτους ή χρήση τους σε κάθε είδους χρηματοδοτούμενα προγράμματα χωρίς την έγκριση του ΕΛΚΕΘΕ, ενώ σε οποιαδήποτε ανακοίνωση/δημοσίευση γίνει χρήση τους θα γίνει αναφορά στη πηγή προέλευσης τους ως «Σύστημα Επιχειρησιακής Ωκεανογραφίας ΠΟΣΕΙΔΩΝ, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών».

Σας ευχαριστώ εκ τω προτέρω και παρακαλώ για τις δικές σας ενέργειες.

Με εκτίμηση,

ΕΠ.ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΛΑΡΑΚΗΣ