



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΝΑΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :
ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΛΙΜΕΝΑ
ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΟΣ (ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ) ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ
ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ**



ΔΗΜΟΜΕΛΕΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

**Επιβλέπων Καθηγητής : ΛΥΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΑΘΗΝΑ, 2019**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. <u>ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>	5
1.1. <u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	5
1.2. <u>ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</u>	7
1.3. <u>ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ Α.Π.Ε ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u>	8
1.4. <u>ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ</u>	11
2. <u>ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</u>	16
2.1. <u>ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ</u>	16
2.2. <u>ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>	19
2.3. <u>ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ</u>	22
2.4. <u>ΟΦΕΛΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>	23
3. <u>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>	26
3.1. <u>ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ WECs</u>	26
3.2. <u>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - PTO SYSTEMS</u>	31
3.3. <u>ΕΠΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</u>	34
3.3.a. <u>ΤΑΛΑΝΤΕΥΟΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ - OWC</u>	34
3.3.b. <u>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ - OVERTOPPING DEVICES</u>	41
3.3.c. <u>ΤΑΛΑΝΤΕΥΟΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΑ - OSCILLATING BODIES</u>	46
3.4. <u>ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</u>	48
3.4.a. <u>OYSTER</u>	48
3.4.b. <u>GREENWAVE</u>	50
3.5. <u>ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ</u>	51
3.5.a. <u>PELAMIS</u>	51
3.5.b. <u>ARCHIMEDES WAVE SWING - AWS</u>	52
3.5.c. <u>WAVESTAR</u>	53
3.5.d. <u>POWER BUOY</u>	54
4. <u>ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ - ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ Α.Π.Ε</u>	56
4.1. <u>ΔΙΕΘΝΕΣ-ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ</u>	56
4.2. <u>ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α.Π.Ε ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u>	57
4.3. <u>ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</u>	61
5. <u>ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ Α.Π.Ε</u>	65
5.1. <u>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ</u>	65

5.2. ΔΗΜΟΣΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗ	65
5.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	66
6. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ	69
6.1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	69
6.2. ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ - ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ	70
6.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	76
7. ΕΠΑΚΤΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	77
7.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ	77
7.2. POWER TAKE OFF ΜΕΘΟΔΟΣ	86
7.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ	89
7.4. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ	91
8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	91
8.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	91
8.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LCOE	100
8.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	101
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107

Ευχαριστίες :

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Κ. Λυρίδη για την εξαιρετική συνεργασία και κατανόηση, την συνεχόμενη επίβλεψη επί της εργασίας, τις συμβουλές του όπως και την καθοριστική του συνεισφορά στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τον Κ. Σουκισιάν για την χορήγηση κυματικών δεδομένων για την ευρύτερη περιοχή των Λινοπεραμάτων.

Τον Κ. Μέμο για την ευγενική συγκατάθεσή του στο να παρουσιασθεί και να αναλυθεί ο κυματικός μηχανισμός του οποίου είναι κάτοχος ευρεσιτεχνίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

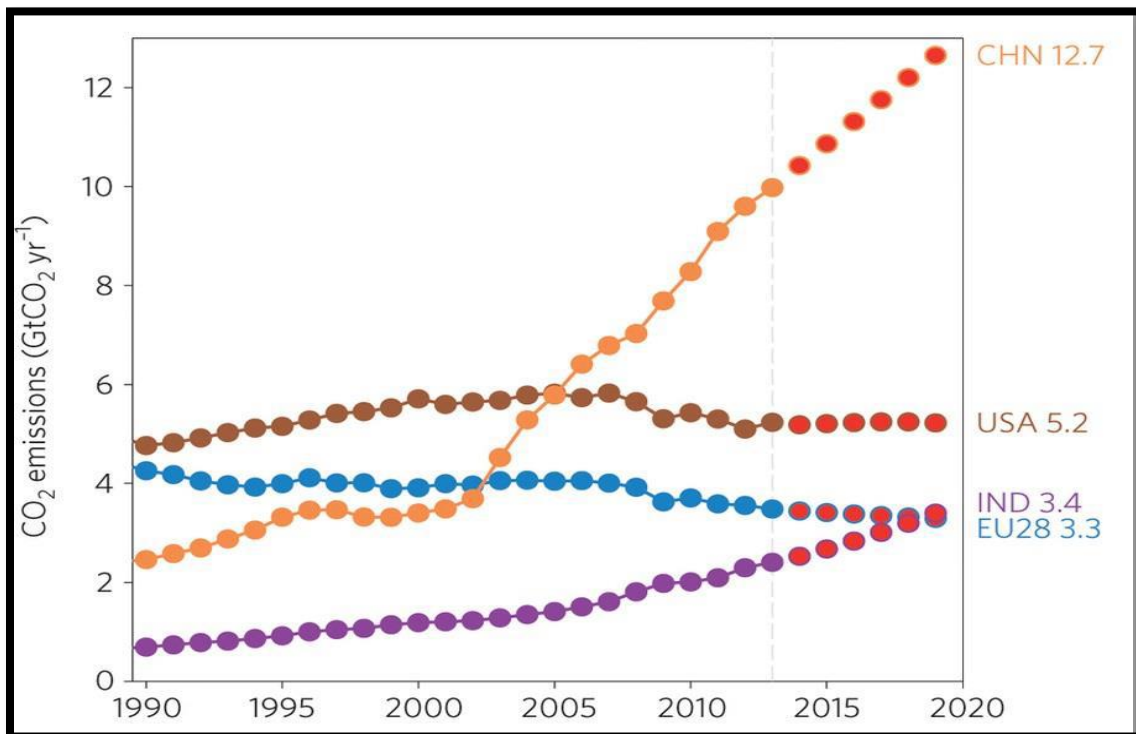
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο των ενεργειακών συστημάτων σε συνδυασμό με τις θεσμικές αλλαγές σε Ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο δημιουργεί το περιβάλλον δραστηριοποίησης επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Η ικανοποιητική ενεργειακή απόδοση που μπορεί να έχει ένα σύστημα παραγωγής - μετατροπής ενέργειας αποτελεί μια από τις παραμέτρους που συμβάλλουν για την διαμόρφωση της ανάλυσης οικονομικής εφικτότητας του έργου. Η παρούσα εργασία ερευνά την δυνατότητα εγκατάστασης μηχανισμού μετατροπής κυματικής ενέργειας στον Λιμένα του Λινοπεράματος με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εργασία επικεντρώνεται στις οικονομικές παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψιν (κόστος μεταφοράς, εγκατάστασης) για την υλοποίηση της κατασκευής. Εξετάζονται μια σειρά παραγόντων που αφορούν την λειτουργικότητα-αποδοτικότητα της εγκατάστασης (γεωγραφικά χαρακτηριστικά, κλιματικές-περιβαλλοντικές συνθήκες) όπως επίσης και το νομικό πλαίσιο που διέπει ένα τέτοιο εγχείρημα. Η εργασία επικεντρώνεται στους εξής τομείς :

1. Τεχνική Επάρκεια : Αναλύει την τεχνική επάρκεια του προσωπικού και της περιοχής να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις εγκατάστασης ενός τέτοιου μηχανισμού. Εξετάζεται η εφικτότητα εγκατάστασης
2. Οικονομική Εφικτότητα : Παρουσίαση και προϋπολογισμός όλων των εξόδων για την υλοποίηση του έργου . Εκτίμηση του αναμενόμενου κέρδους με βάση την επένδυση και την προβλεπόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
3. Νομικές Διατάξεις : Ερευνά εάν το προτεινόμενο σύστημα έρχεται σύμφωνο με κανονισμούς και νομικά πλαίσια της περιοχής που εγκαθίσταται
4. Χρονοπρογραμματισμός : Από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι η διεκπεραίωση του έργου όχι μόνο στα συμφωνηθέντα οικονομικά πλαίσια αλλά και στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο το έργο υλοποιείται με βάση την προϋπολογισμένη οικονομική δαπάνη χωρίς καθυστερήσεις και επιπλέον έξοδα
5. Περιβαλλοντικά - Γεωγραφικά χαρακτηριστικά : Παρουσιάζονται όλοι οι εξωγενείς παράγοντες που συμβάλουν στην αποδοτικότητα του συστήματος. Τέτοιοι παράγοντες είναι το επίπεδο έντασης των κυμάτων , οι διαστάσεις του λιμένος (μεγαλύτερες διαστάσεις συνεπάγεται και συχνότερες ροές κυμάτων), η γεωγραφική απόσταση του λιμένα από κατοικήσιμες περιοχές καθώς αναλόγως την απόσταση οι αντίστοιχοι νομικοί κανονισμοί επιτρέπουν ή μη την εγκατάσταση και λειτουργία ενός τέτοιου μηχανισμού

1.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η ραγδαία αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Εικόνα 1.1) οφείλεται κυρίως στη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η αποψίλωση των δασών, η αλλαγή χρήσης γης και η γεωργία έχουν αξιόλογη, αλλά μικρότερη συνεισφορά. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η παγκόσμια υπερθέρμανση από τα μέσα του 20ου αιώνα είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες (IPCC, 2007). Οι σημαντικά αυξημένες εκπομπές των αερίων αυτών και ειδικότερα του CO₂ συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της γενικότερης μεταβολής του παγκόσμιου οικοσυστήματος. Από το ανθρωπογενές CO₂, που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Από την αρχή της περιόδου εκβιομηχάνισης μέχρι και σήμερα εκτιμάται ότι τα επίπεδα του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί κατά 35%.

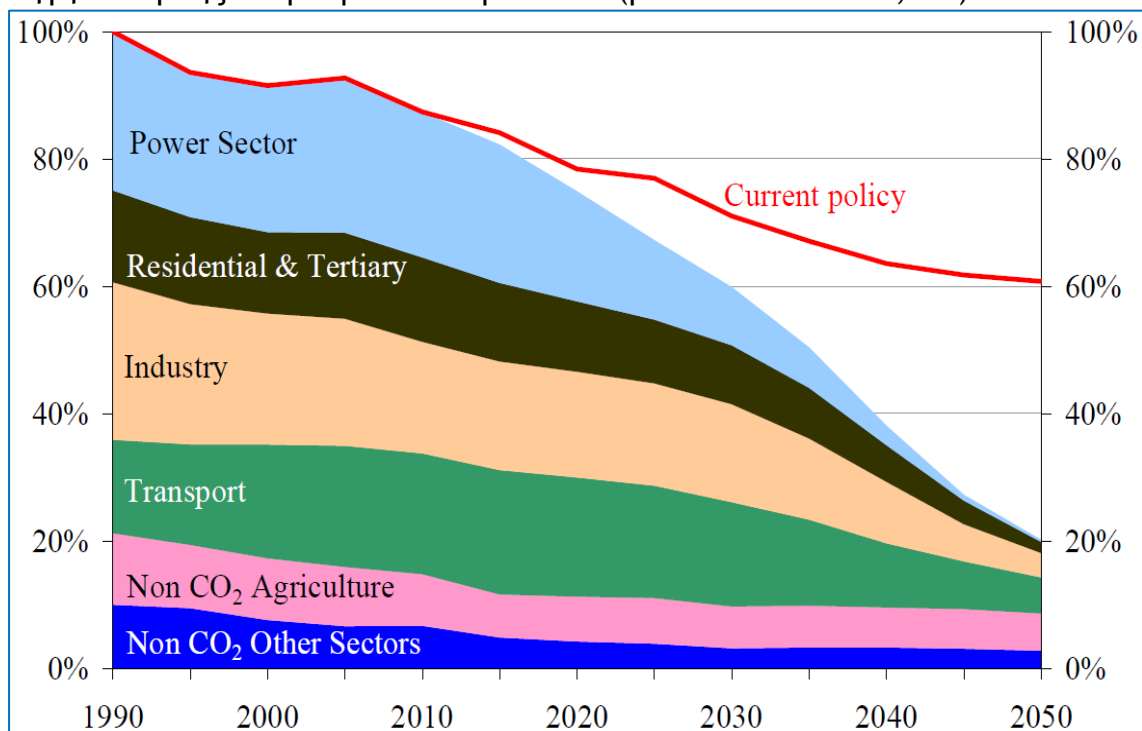


Εικόνα 1.1 : Εκπομπές CO₂ των τεσσάρων μεγαλύτερων ρυπαντών (Κίνα, Η.Π.Α., Ινδία, Ε.Ε.)

Με δεδομένο ότι τα ορυκτά καύσιμα έχουν ημερομηνία λήξης και η ενεργειακή τους αξιοποίηση θεωρείται ότι μπορεί να προκαλέσει την υπερθέρμανση του πλανήτη, απαιτείται να διαμορφωθεί μια ολοκληρωμένη ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική βάσει σαφών στόχων και χρονοδιαγραμμάτων, ώστε να οδεύσουμε σε μια οικονομία με χαμηλή χρήση άνθρακα και εξοικονόμηση ενέργειας.

Αυξάνοντας την απόδοση του ευρωπαϊκού συστήματος ενέργειας, είναι δυνατό να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιδράσεις, η επί του παρόντος σημαντική εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα (Εικόνα 1.2) και συνολικά το κόστος παραγωγής.

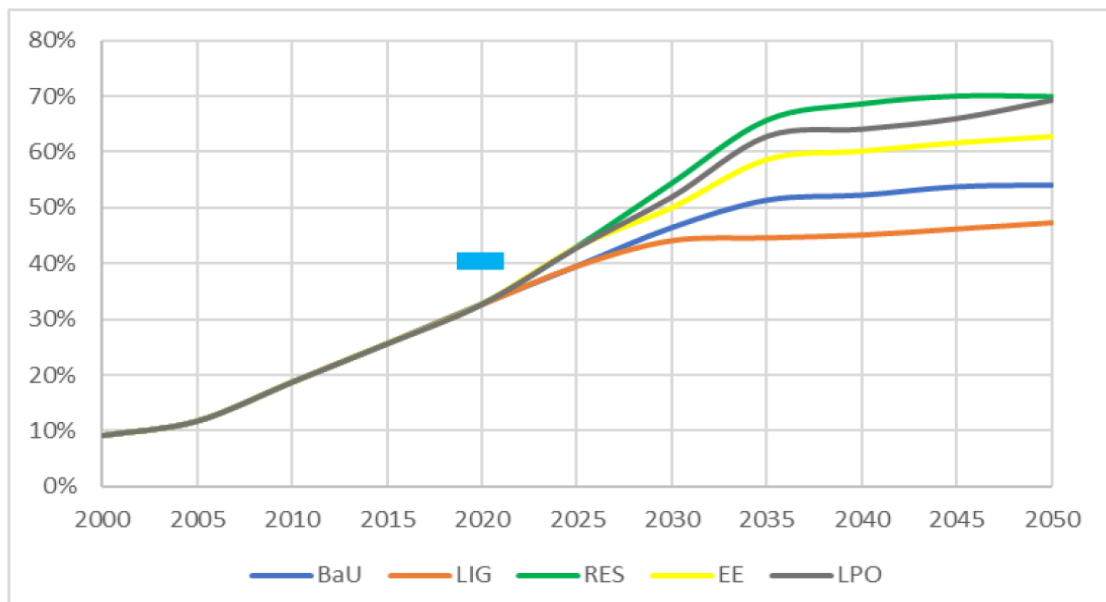
Ενώ η απόδοση στην παραγωγή ενέργειας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, τα περιθώρια περαιτέρω βελτίωσης είναι μεγάλα, μέσω μιας ευρύτερης και συνδυασμένης χρήσης των τεχνολογιών που είναι ήδη διαθέσιμες ή διαφαίνεται ότι θα υπάρξουν στο άμεσο μέλλον. Προς το παρόν, ο τομέας της ενέργειας παραμένει μια τεράστια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 70% των ευρωπαϊκών εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂), το 21% οξειδίων του αζώτου (NO_x) και το 94% των εκπομπών αμμωνίας (NH₃), παρά τις σημαντικές μειώσεις αυτών από το 1990. Παράλληλα, η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά - καταναλώνοντας καύσιμα όπως η βιομάζα και ο άνθρακας - είναι μια άμεση πηγή εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matter, PM).



Εικόνα 1.2 : Εξέλιξη των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ε.Ε με στόχο τη μείωσή τους κατά 80% στο χρονικό ορίζοντα του 2050 (100% =1990).

Όλα αυτά υπογραμμίζουν την ανάγκη η ΕΕ να παρακολουθεί στενότερα τον εφοδιασμό της σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Παράλληλα, στόχοι της ΕΕ είναι να αυξήσει το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, να ενισχύσει τα ενεργειακά της δίκτυα που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο στις κατοικίες και τις επιχειρήσεις, και να τα εκσυγχρονίσει, έτσι ώστε να μπορούν να καλύψουν και την καταναλωμένη παραγωγή από ΑΠΕ. Η ενεργειακή στρατηγική της ΕΕ απαιτεί συνεχείς προσπάθειες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, παραδείγματος χάρι με την ανακαίνιση κατοικιών και εμπορικών κτιρίων Στο επίκεντρο της ενεργειακής πολιτικής είναι οι τρεις στόχοι, γνωστοί ως στόχοι «20/20/20»: η μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ κατά 20% μέχρι το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, η βελτίωση της ενεργειακής

απόδοσης κατά 20% μέχρι το 2020 και η αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα στο 20% (Ενεργειακός Χάρτης Πορείας 2050, COM(2011) 885).



Εικόνα 1.3 : Μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Σημειώνεται επίσης ο στόχος που είχε τεθεί για την Ελλάδα το 2020. (Πηγή : WWF/Μακροχρόνιος Σχεδιασμός Για Το Ενεργειακό Σύστημα Της Ελλάδας)

Κάθε καμπύλη αντιπροσωπεύει ένα από τα παρακάτω σενάρια :

- **BaU** : Σενάριο αναμενόμενης εξέλιξης με βάση τις ήδη εφαρμοζόμενες πολιτικές
- **LIG** : Σενάριο επέκτασης χρήσης λιγνίτη
- **RES** : Σενάριο επέκτασης με ΑΠΕ
- **EE** : Σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας
- **LPO** : Σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας και απεξάρτησης από τον λιγνίτη

1.3. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ Α.Π.Ε ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η ενέργεια σε οποιαδήποτε μορφή αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της ζωής του ανθρώπου από τα πρώτα κιόλας στάδια της ύπαρξής του. Σε πρώτο επίπεδο η φωτιά και σε συνέχεια ο ατμός κατά τα χρόνια της βιομηχανικής επανάστασης έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εποχής. Εξαιτίας όμως της ραγδαίας ανάπτυξης η ζήτηση για ενέργεια αυξήθηκε κατακόρυφα με αποτέλεσμα ο άνθρωπος να στραφεί στις λύσεις άλλων ενεργειακών παράγωγων όπως το πετρέλαιο και ο λιγνίτης είτε για θέρμανση είτε για κίνηση. Όπως αναλύθηκε και στην παραπάνω ενότητα η καύση των συγκεκριμένων υλικών απελευθέρωνε επιβλαβή αέρια στην ατμόσφαιρα όπως το διοξείδιο του άνθρακα και του θείου.

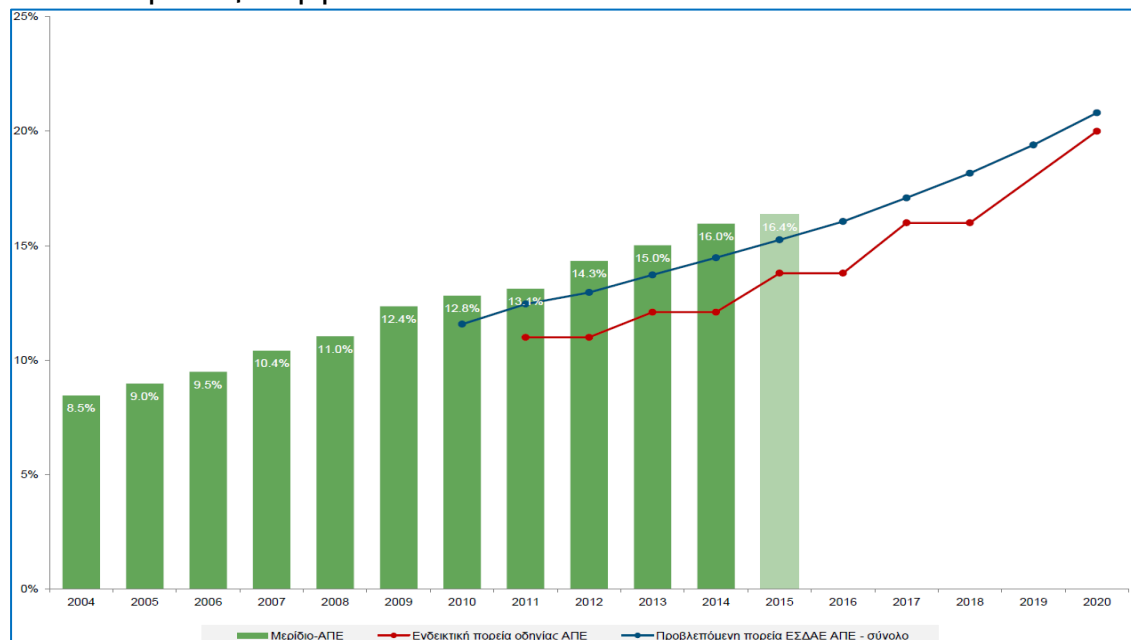
Τα επιβαρυντικά αυτά φαινόμενα σε συνδυασμό με τα περιορισμένα αποθέματα πετρελαίου οδήγησαν στην ανάγκη εύρεσης νέων πηγών ενέργειας, των οποίων το αντίκτυπο στην ατμόσφαιρα θα ήταν μη επιβλαβές. Με αυτό σαν οδηγό ο άνθρωπος στράφηκε προς την φύση για παραγωγή ενέργειας από ανεξάντλητες πηγές όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος και η θάλασσα. Κατ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται ο διαχωρισμός ανάμεσα σε ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στις μη ανανεώσιμες ανήκουν όλες εκείνες οι πηγές οι οποίες δεν μπορούν να αναπληρωθούν άμεσα καθώς είτε μιλάμε για συγκεκριμένα κοιτάσματα είτε η αναπλήρωσή τους απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Αναφορικά μιλάμε για:

- Ορυκτά υγρά καύσιμα διαθέσιμα προς χρήση έπειτα από επεξεργασία όπως το πετρέλαιο και το μαζούτ
- Ορυκτά στερεά καύσιμα όπως ο λιγνίτης και ο ανθρακίτης
- Πυρηνική ενέργεια από ορυκτές ύλες όπως το ουράνιο
- Αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο και το υγραέριο

Στις ανανεώσιμες εντάσσονται όλα εκείνα τα μέσα τα οποία αξιοποιούν την πρωτογενή ενέργεια που παράγεται από πηγές όπως:

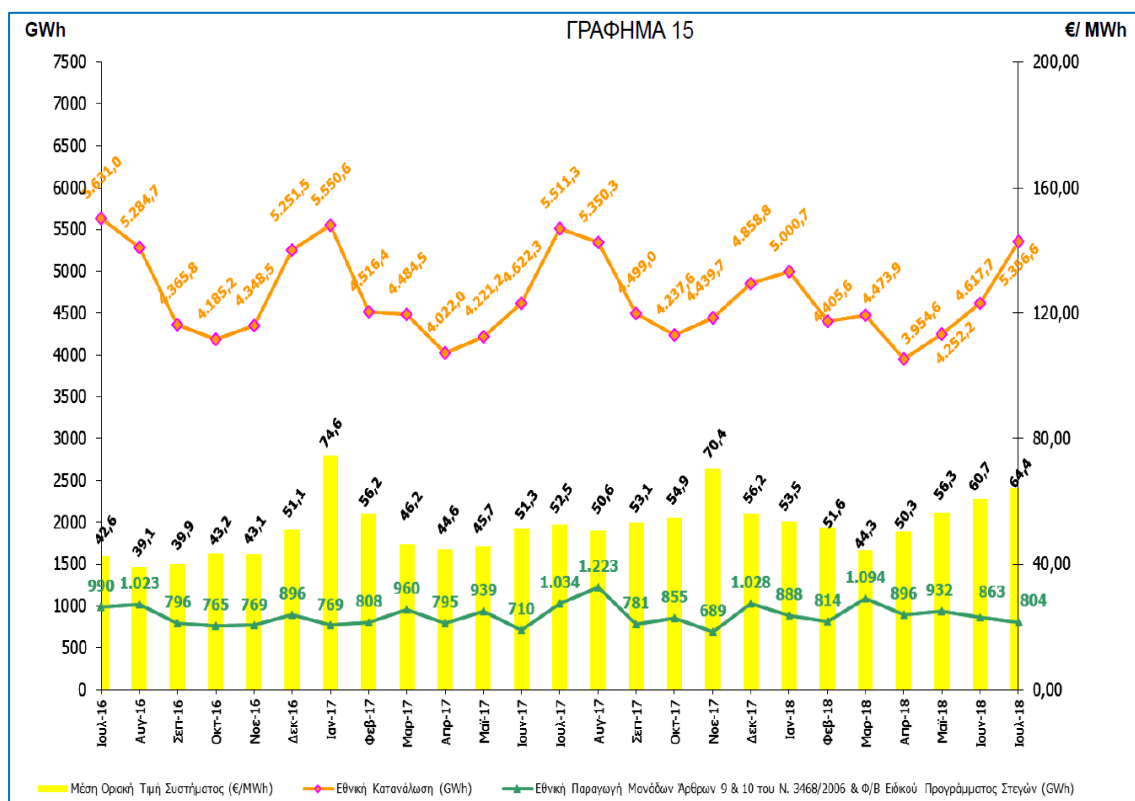
- Ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια)
- Ο άνεμος (αιολική ενέργεια)
- Γεωθερμική ενέργεια
- Ενέργεια βιομάζας
- Υδατοπτώσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια)
- Κυματική ενέργεια



Εικόνα 1.4 : Μερίδια της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ σε σχέση με τις πορείες της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και των εθνικών σχεδίων δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια (ΕΣΔΑΕ) (με βάση στοιχεία της EUROSTAT, Öko-Institut)

Δεν βρίσκονται όλες οι διαφορετικές εκφάνσεις των Α.Π.Ε στο ίδιο επίπεδο όσο αναφορά τις επιδόσεις τους όπως επίσης και την τεχνολογική τους επάρκεια παρόλα αυτά τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Αποτελούν την «πράσινη» λύση για τον περιορισμό της εκπομπής αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα και των υπολοίπων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Είναι αδιάκοποι παραγωγοί ενέργειας καθώς οι πηγές που αξιοποιούν είναι ανεξάντλητες
- Η χώρα παραγωγής της ενέργειας είναι και η χώρα εκμετάλλευσής της αναβαθμίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ενεργειακή της αυτονομία
- Το κόστος λειτουργίας τους είναι χαμηλό ενώ δεν επηρεάζονται από τις ανακατατάξεις τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Συμβάλλουν στην δημιουργία θέσεων εργασίας και στην τοπική ανάπτυξη των περιοχών που επιλέγεται να τοποθετηθούν



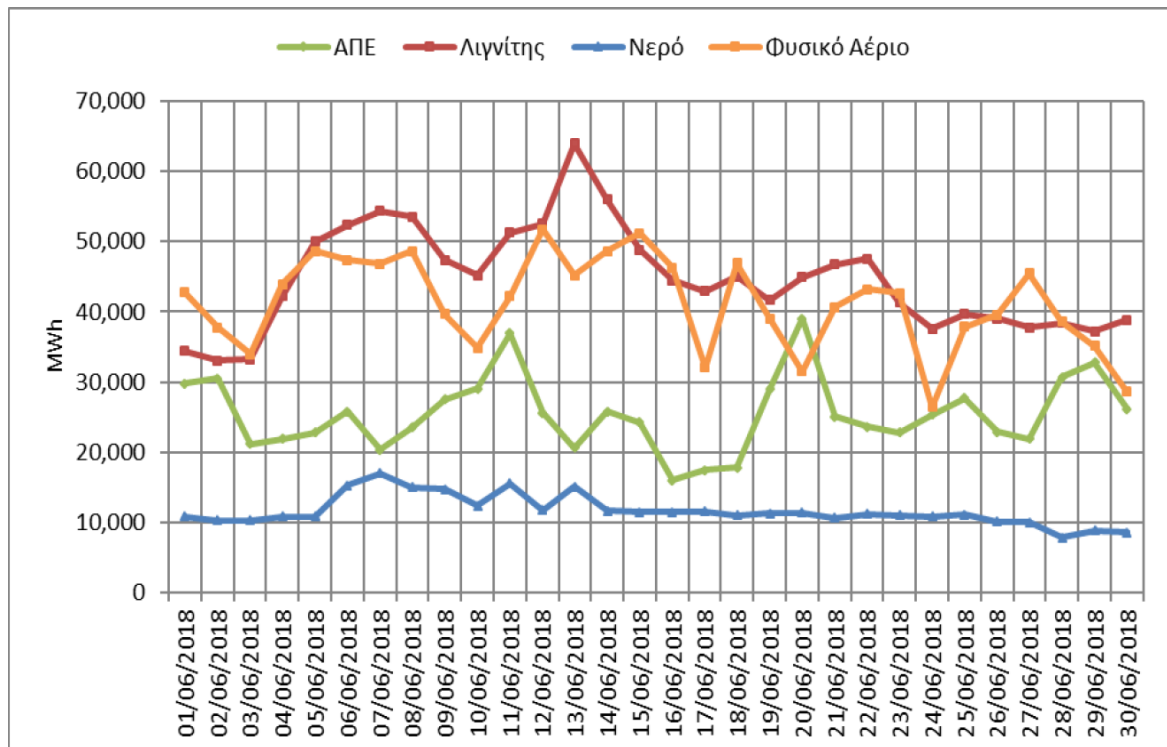
Εικόνα 1.5 : Κατανομή-απόδοση Α.Π.Ε στην Ελληνική επικράτεια, περίοδος: Ιούλιος 2016-Ιούλιος 2018, Πηγή : ΔΑΠΕΕΠ

Γενικότερα ο τομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκεται σε μια συνεχή ανάπτυξη γι' αυτό τον λόγο όλο και περισσότερες απ' τις ανεπτυγμένες χώρες προσανατολίζονται προς αυτές.

1.4. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Ο τομέας της ενέργειας (κυρίως της ηλεκτροπαραγωγής) έχει εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια σε κλάδο της οικονομικής δραστηριότητας, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στις αναλύσεις που γίνονται, συνήθως αγνοείται ότι η ενέργεια αποτελεί πυλώνα της ανάπτυξης των υπολοίπων κλάδων της οικονομίας (πρωτογενής παραγωγή, τουρισμός, βιομηχανία), με αποτέλεσμα να σχεδιάζεται και να αναπτύσσεται πολλές φορές ανταγωνιστικά στους κλάδους αυτούς.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα παραγωγής (με όλα τα δυνατά μέσα) και κατανάλωση ενέργειας για συγκεκριμένες περιόδους του 2018 στην Ελλάδα :



Εικόνα 1.6 : Ημερήσια παραγωγή ενέργειας ανά τύπο καυσίμου (Πηγή : Enex / Μηνιαίο Δελτίο Συστήματος Συναλλαγών ΗΕΠ Ιούνιος 2018)

	Κατανάλωση ενέργειας στα Όρια του Συστήματος				"Πραγματική" Κατανάλωση ενέργειας			
	Κατανάλωση ενέργειας στα Όρια του Συστήματος *				"Πραγματική" Κατανάλωση ενέργειας **			
	MWh	% διαφορά σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους	αθροιστική από την αρχή του εκάστοτε έτους (MWh)	% διαφορά σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες του προηγούμενου έτους	MWh	% διαφορά σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του προηγούμενου έτους	αθροιστική από την αρχή του εκάστοτε έτους (MWh)	% διαφορά σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες του προηγούμενου έτους
Ιανουάριος	4.416.878	-11,01	4.416.878,00	-11,01	4.728.969	-8,94	4.728.969,31	-8,94
Φεβρουάριος	3.875.593	-0,66	8.292.471,00	-6,46	4.147.527	-1,26	8.876.496,22	-5,51
Μάρτιος	3.762.050	0,31	12.054.521,00	-4,44	4.179.788	-0,38	13.056.284,63	-3,92
Απρίλιος	3.167.449	-2,41	15.221.970,00	-4,03	3.628.109	-1,57	16.684.393,73	-3,42
Μάιος	3.428.571	0,59	18.650.541,00	-3,21	3.875.807	0,73	20.560.200,46	-2,67
Ιούνιος	3.812.064	1,00	22.462.605,00	-2,52	4.255.409	1,57	24.815.609,77	-1,97
Ιούλιος	4.464.636	-2,19	26.927.241,00	-2,47	4.940.060	-1,79	29.755.670,20	-1,94
Αύγουστος								
Σεπτέμβριος								
Οκτώβριος								
Νοέμβριος								
Δεκέμβριος								

Πίνακας 1.α : Κατανάλωση Ενέργειας (Πηγή : ΔΑΠΕΕΠ / Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο Ιούλιος 2018)

Από την άλλη, το δυναμικό ενός τόπου (αιολικό, ηλιακό, κυματικό) είναι αυτονόητο ότι πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένας φυσικός πλούτος και η διαχείριση του θα πρέπει να γίνεται ορθολογικά και κατά το δυνατόν σε όφελος της τοπικής κοινωνίας, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Η γεωγραφική θέση της Κρήτης και οι κλιματολογικές της συνθήκες επέτρεψαν για πολλούς αιώνες τη παραγωγή εξαιρετικής ποιότητας διατροφικών προϊόντων τα οποία και σήμερα είναι περιζήτητα στις διεθνείς αγορές. Το ήπιο μεσογειακό της κλίμα σε συνδυασμό με τις απaráμιλλες φυσικές ομορφιές της και την πλούσια ιστορική και πολιτιστική παράδοση προσέλκυσαν και προσελκύουν τουρίστες από όλες τις χώρες του κόσμου. Το πλούσιο ηλιακό, αιολικό και κυματικό δυναμικό της Κρήτης με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογικών συστημάτων που προέκυψαν από τις τεχνολογικές βελτιώσεις και τις καινοτομίες των τελευταίων δεκαετιών, μπορεί να παράξει σημαντικά ποσά ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αποδεικνύοντας ότι περιοχές που δεν έχουν 'μαύρο χρυσό' μπορούν σήμερα να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες με ενδογενείς ανανεώσιμους φυσικούς πόρους.

Οι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι της Κρήτης αξιοποιούνται στο παρελθόν συστηματικά για την παραγωγή θερμικής και μηχανικής ενέργειας καθώς και στις μεταφορές πολύ πριν από την εποχή που τα ορυκτά καύσιμα άρχισαν να έχουν καθοριστικό ρόλο στην κοινωνία μας. Η χρήση του ξύλου για παραγωγή θερμότητας και για το μαγείρεμα, η χρήση του αέρα σε ανεμόμυλους αλλά και στην κίνηση των πλοίων, η αξιοποίηση των υδατοπτώσεων σε κατάλληλους υδρόμυλους αλλά και η χρήση της ηλιακής ενέργειας σε πολλαπλές εφαρμογές απετέλεσαν στο παρελθόν και μέχρι πρόσφατα καθιερωμένες πρακτικές για την Κρήτη όπως και για άλλες περιοχές.

Η κυρίαρχη θέση των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας (καθ' όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα), άρχισε να αμφισβητείται συστηματικά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, όταν τα δυτικά κράτη ήλθαν αντιμέτωπα αφ'

ενός με το πρόβλημα της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και των κλιματικών αλλαγών και αφ' ετέρου με το πρόβλημα της σταδιακής εξάντλησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων συμπεριλαμβανομένων και των ορυκτών καυσίμων.

Ταυτόχρονα σημαντικές τεχνολογικές καινοτομίες επέτρεψαν τη σταδιακή ανάπτυξη νέων βιώσιμων τεχνολογιών που επέτρεπαν την αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και καυσίμων οχημάτων. Καθώς ορισμένες από αυτές ήταν πλέον βιώσιμες με ιδιωτικά-οικονομικά κριτήρια άρχισε σταδιακά η αξιοποίησή τους από ιδιωτικά κεφάλαια καθώς επετράπη και στους ιδιώτες να εισέλθουν στο τομέα της παραγωγής ενέργειας, ο οποίος παλαιότερα αποτελούσε μονοπώλιο του κράτους.

Η Πολιτεία προσπάθησε με διάφορους τρόπους να ενισχύσει τις προσπάθειες αυτές καθώς ήταν προφανές ότι η αξιοποίησή τους απέδιδε πολλαπλά οφέλη που σχετίζονταν με τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος (καθώς δεν χρησιμοποιούντο τα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα), με τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης (καθώς χρησιμοποιούντο ενδογενείς ενεργειακοί πόροι και όχι εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα) και με την τόνωση της τοπικής ανάπτυξης και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (λόγω των αποκεντρωμένων επενδύσεων σε αειφόρες ενεργειακές τεχνολογίες).

Οι εξελίξεις αυτές προσέφεραν νέες δυνατότητες στην Κρήτη να διαφοροποιήσει το αναπτυξιακό της μοντέλο που βασιζόταν στο δίπολο γεωργία - τουρισμός και να δημιουργήσει έναν νέο πόλο ανάπτυξης πέραν της γεωργίας και του τουρισμού, που θα βασιζόταν στην αξιοποίηση των ενδογενών της ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων.

Τα τελευταία 20 χρόνια ο τομέας της αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Κρήτη γνώρισε αλματώδη ανάπτυξη που περιλαμβάνει την αξιοποίηση:

- 1) Της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας με απλά ηλιοθερμικά συστήματα, την παραγωγή ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά συστήματα, την παραγωγή ηλεκτρισμού με σύνθετα ηλιοθερμικά συστήματα αλλά και την παραγωγή ψύξης με ηλιακά συστήματα απορρόφησης
- 2) Της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού με ανεμογεννήτριες και αιολικά πάρκα
- 3) Της υδροδυναμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού με υδροηλεκτρικούς σταθμούς
- 4) Της στερεάς και αέριας βιομάζας (βιοαερίου), για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων οχημάτων και τέλος
- 5) Της αβαθούς γεωθερμίας για τη παραγωγή θερμότητας και ψύξης με αντλίες θερμότητας
- 6) Της κυματικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού αξιοποιώντας την ενέργεια που εκλύεται από την κίνηση των κυμάτων

Ενώ η παραγόμενη θερμική και ψυκτική ενέργεια από ΑΠΕ στην Κρήτη καταναλώνεται επί τόπου, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να μεταφερθεί αλλού εφόσον υπήρχαν τα κατάλληλα δίκτυα μεταφοράς. Εφ' όσον όμως το ηλεκτρικό δίκτυο της Κρήτης δεν είναι διασυνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδος, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ στην Κρήτη θα πρέπει να καταναλωθεί στο νησί. Για

λόγους ευστάθειας του ηλεκτρικού δικτύου, δεν είναι δυνατόν να παραχθεί στην Κρήτη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ πέρα από ένα ποσό που καθορίζεται από τη συνολικά εγκατεστημένη ισχύ των πετρελαϊκών της σταθμών και την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε αυτή. Έτσι η μη διασύνδεση του ηλεκτρικού δικτύου της Κρήτης με το δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας, περιορίζει κατά πολύ τη δυνατότητα αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε αυτή.

Εφόσον η διασύνδεση των ηλεκτρικών δικτύων που είναι τεχνικά δυνατή επιτευχθεί στο μέλλον, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν πολύ περισσότερες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού από την ηλιακή, την αιολική και την κυματική ενέργεια στην Κρήτη και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να μεταφερθεί αλλού για να καταναλωθεί. Σήμερα έχει εκδηλωθεί ενδιαφέρον από μεγάλους ιδιωτικούς ομίλους στον τομέα της ενέργειας για τη διασύνδεση των δικτύων της Κρήτης και της Ελλάδος και τη πραγματοποίηση μεγάλων επενδύσεων σε ΑΠΕ στην Κρήτη.

Πριν από είκοσι περίπου χρόνια, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη γινόταν σε λίγους σταθμούς και συγκεκριμένα σε δύο πετρελαϊκούς στα Χανιά και στο Ηράκλειο και σε λίγους μικρότερους με τη χρήση ΑΠΕ.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν μία δραστηριότητα του δημόσιου τομέα. Σήμερα, το παλιό συγκεντρωποιημένο μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Κρήτη έχει αλλάξει προς ένα διεσπαρμένο μοντέλο παραγωγής όπου οι λίγοι πετρελαϊκοί σταθμοί παραγωγής συνυπάρχουν με εκατοντάδες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια, την αιολική, την υδροηλεκτρική και τη βιομάζα. Ταυτόχρονα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμμετέχουν εκτός από τη ΔΕΗ που είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός στην Ελλάδα και εκατοντάδες μικρότεροι παραγωγοί, οι οποίοι θεώρησαν τον τομέα αυτό αρκετά ελκυστικό και προσοδοφόρο για να προβούν σε επενδύσεις.

Έτσι παρατηρήθηκαν υψηλοί ρυθμοί αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας και της καθαρής αιχμής φορτίου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το 1992 τα μεγέθη αυτά είχαν τιμές : 1.230 GWh & 248 MW, ενώ το 2011 τα αντίστοιχα μεγέθη ήταν : 2.931 GWh & 597 MW. Σύμφωνα με μελέτες, μακροπρόθεσμα αναμένεται η σημαντική αύξησή της, κυρίως λόγω της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές και της μεγάλης διείσδυσης των αντλιών θερμότητας στον κτιριακό τομέα.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΔΝ	ΕΓΚΑΤ. ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ 2017 (MW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ 2017 (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (MWh)	ΜΙΚΗ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΜΜΚΗ_ΜΔΝ (€/MWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΚΡΗΤΗ	796,82	655,10	45.673,99	164.988,89	176,81	131,12	21,68%

Πίνακας 1.β : Συγκεντρωτικά στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής στα ΜΔΝ - Απρίλιος 2018 (Πηγή : ΔΕΔΔΗΕ/ Πληροφοριακό Δελτίο, Απρίλιος 2018)

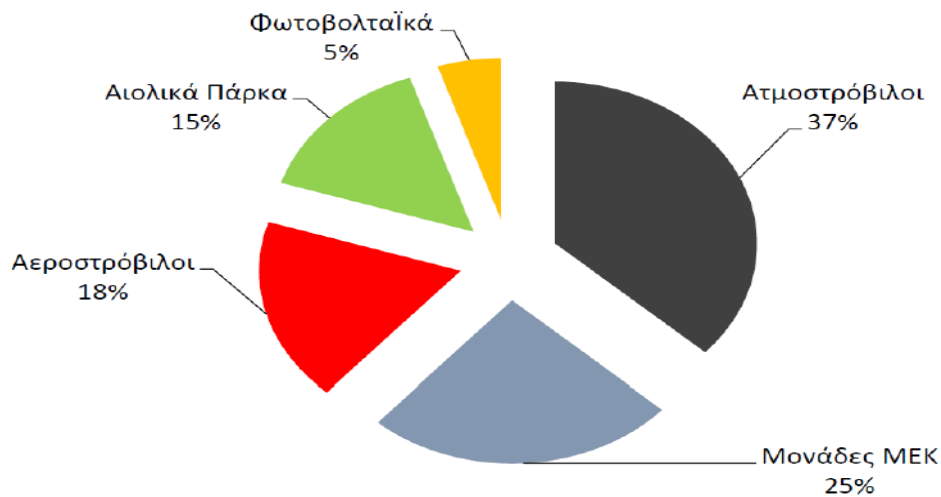
Σήμερα η συνεισφορά των ΑΠΕ στο νησί, στην ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό 20-24% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας, ενώ με υπολογισμούς που έχουν γίνει το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να αγγίξει και το 40%, εάν τεθούν σε λειτουργία οι αδειοδοτημένες μονάδες που αφορούν

στην αποθήκευση ενέργειας (υβριδικοί υδροηλεκτρικοί σταθμοί εγγυημένης ισχύος 291,1 MW).

Τα ποσοστά αυτά θα μπορούσαν να θεωρηθούν αρκούντως ικανοποιητικά βάσει της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ανάπτυξη ήπιων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς μεμονωμένα ως νησί υπερβαίνουμε τον στόχο του 20% για το 2020.

Τα ποσοστά αυτά όμως χρήζουν περαιτέρω αύξησης βάσει της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής, η οποία προωθεί και ενισχύει τη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με κύριο σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω της δραστηκής μείωσης της καύσης ορυκτών καυσίμων.

Από τα καταγεγραμμένα στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. για το 2014, το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης διαθέτει συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με 1102,4MW, κατανεμημένη ως εξής:



Εικόνα 1.7 : Κατανομή Α.Π.Ε για την Κρήτη , καταγραφή 2014

Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, η εν λειτουργία εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ αποτελεί το 10,35% του συνόλου των αδειών παραγωγής που έχουν χορηγηθεί από τη ΡΑΕ (συμπεριλαμβανομένων των αιολικών πάρκων που συνοδεύονται με διασύνδεση της Κρήτης στο ηπειρωτικό σύστημα).

Η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί μια από τις ανερχόμενες μεθόδους εναλλακτικής παραγωγής ενέργειας. Ήδη στην Κρήτη εγκαθίστανται και λειτουργούν σε πιλοτικό επίπεδο και όχι μόνο μηχανισμοί αυτού του είδους. Στις παρακάτω ενότητες θα γίνει εκτενής αναφορά στην συγκεκριμένη κατηγορία Α.Π.Ε καθώς επίσης και σε όλους τους παράγοντες που διέπουν την εγκατάσταση και λειτουργία ενός τέτοιου μηχανισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Αναφερόμενοι στις Α.Π.Ε είναι λογικό η συζήτηση να μονοπωλείται από τις πιο διαδεδομένες και εφαρμοσμένες μεθόδους παραγωγής ενέργειας με βάση πηγές όπως είναι ο ήλιος και ο άνεμος. Η συνεχής όμως αναζήτηση του ανθρώπου για νέες μορφές ανανεώσιμων πηγών τον οδήγησε στην εξερεύνηση των ωκεανών και πιο συγκεκριμένα στην αξιοποίηση της ενέργειας που εσωκλείεται στα κύματα.

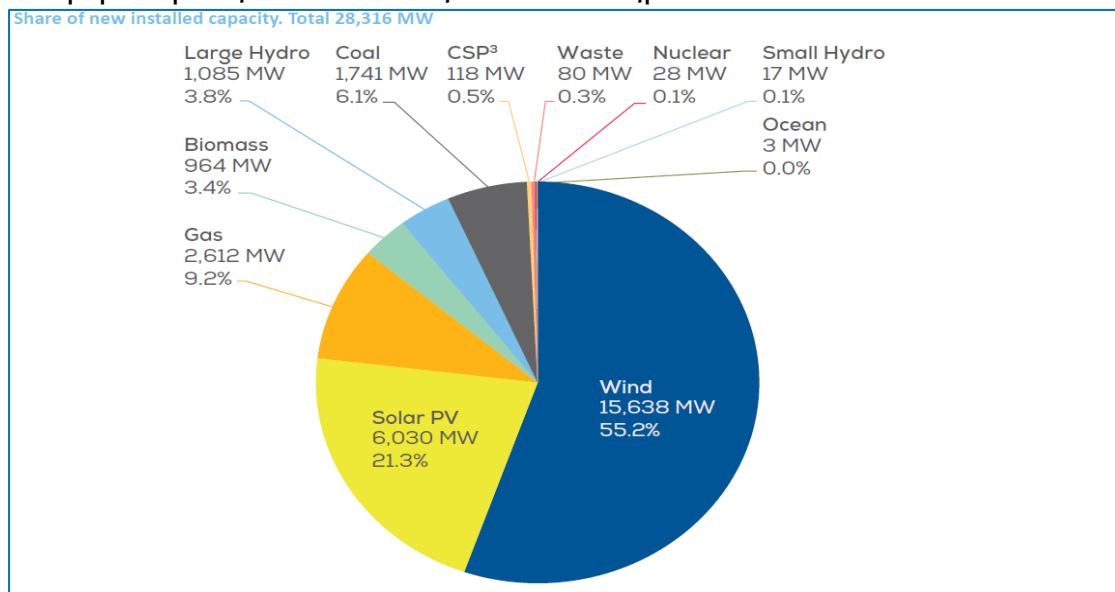
Η αναγνώριση της ύπαρξης δυναμικής ενέργειας στα κύματα είχε γίνει από τα πρώτα κιάλια στάδια της εξέλιξης του ανθρώπου. Η πρώτη προσπάθεια αξιοποίησης της ενέργειας αυτής έγινε το 1799 από τον Γάλλο μηχανικό Pierre Girard ο οποίος στόχευε στην δημιουργία ενός μέσου για την μεταφορά και επεξεργασία ξυλείας. Η επινόησή του αυτή δεν υλοποιήθηκε ποτέ. Σε μεταγενέστερο στάδιο μια μελέτη του καθηγητή Stephen Salter από το πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου δημοσιευμένη το 1974 ήρθε να επιβεβαιώσει την υψηλή δυναμική της κυματικής ενέργειας και την εφικτότητα υψηλής απόδοσης με ενεργειακούς μετατροπείς μεγάλης κλίμακας.

Όπως είναι γνωστό οι ωκεανοί καλύπτουν το 71% της επιφάνειας της Γής. Η κυματική ενέργεια είναι το είδος ενέργειας όπως αυτή προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυματισμών. Εξαιτίας της περίπλοκης φύσης της και των δυναμικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα η θαλάσσια ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί πολλαπλώς με βασικό κριτήριο τις διαφορετικές μορφές με τις οποίες προκύπτει. Πιο συγκεκριμένα :

- Κύματα : παράγεται από την κίνηση των κυμάτων στη θαλάσσια επιφάνεια που προκαλείται από τους κατά τόπους ανέμους.
- Παλίρροια : Τα παλίρροιακά ρεύματα δημιουργούνται από τη διαρκώς μεταβαλλόμενη βαρυτική έλξη του φεγγαριού και του ήλιου στους ωκεανούς του κόσμου. Οι παλίρροιες δεν σταματούν ποτέ, με το νερό να κινείται διαρκώς αρχικά προς την μια και στην συνέχεια προς την άλλη κατεύθυνση
- Παλίρροιακά ρεύματα : Έντονη κινητικότητα του νερού στην θάλασσα εξαιτίας φαινομένων πλημμυρισμού σε παραθαλάσσιες περιοχές
- Θαλάσσια ρεύματα : Κυκλοφορία του νερού στην θάλασσα είτε επιφανειακά λόγω επίδρασης των ανέμων και ανάπτυξης διαφοράς πίεσης είτε εσωτερικά λόγω διαφοράς θερμοκρασίας
- Ενέργεια όσμωσης : Φαινόμενο μεταβολής της πυκνότητας εξαιτίας της διαφορετικής αλατότητας 2 ή περισσότερων ρευστών στρωμάτων
- Θερμοκλινές : Περιοχή μειωμένης θερμοκρασίας υδάτων εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των θερμότερων επιφανειακών με το βαθύτερα ψυχρότερα

Με βάση στοιχεία της Διεθνούς Οργάνωσης Ενέργειας (IEA) το παγκόσμιο ετήσιο κυματικό ενεργειακό δυναμικό υπολογίζεται περί τα 1-10 TW, το οποίο μεταφράζεται σε 8.000-80.000 TWh/yr, των παλίρροιών και των ρευμάτων σε 1.100 TWh, της ωσμωτικής ενέργειας σε 2.000 TWh και της θαλάσσιας θερμικής σε 10.000 TWh.

Σημαντικά ερευνητικά κέντρα βρίσκονται αυτήν την στιγμή σε χώρες όπως η Σκωτία, Β. Ιρλανδία και η Ιαπωνία. Μέχρι στιγμής από τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί προκύπτουν αξιόλογα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία όμως φανερώνουν την έως σήμερα ανωτερότητα της χερσαίας αιολικής ενέργειας αναφορικά με την αποδοτικότητα των συστημάτων.



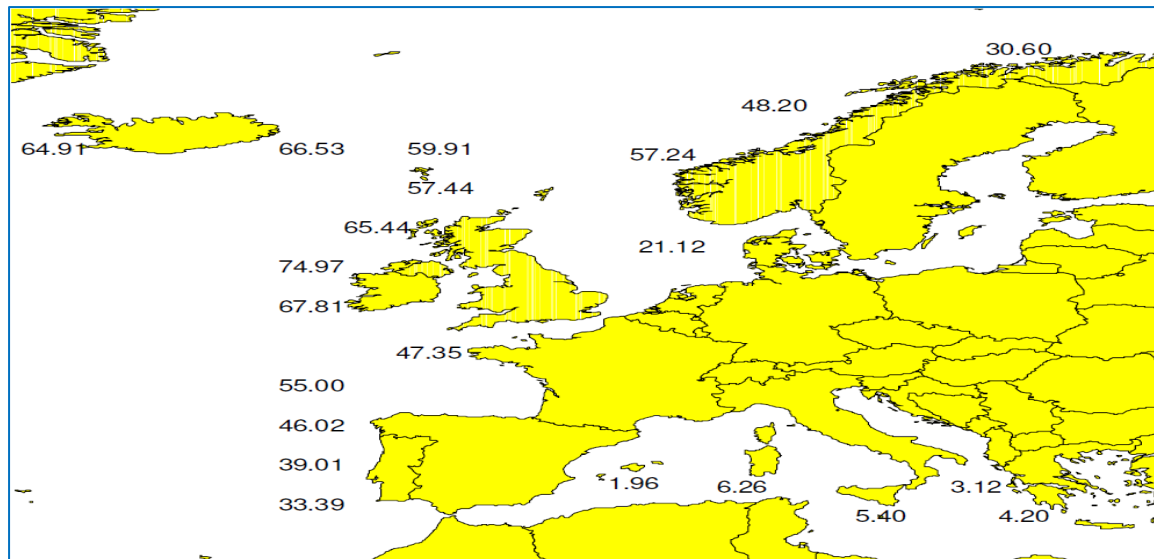
Εικόνα 2.1 : Σύνολο νέων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε στην Ευρώπη το 2017 (Πηγή : ΙΕΑ)

Με τα τωρινά δεδομένα ο στόχος της Ευρώπης μέχρι το 2020 είναι η εγκατάσταση Α.Π.Ε συνολικής ισχύος 230 GW (190 GW onshore, 40 GW offshore). Για το 2030 ο στόχος αυτός έχει οριοθετηθεί στα 400 GW (250 GW onshore, 150 GW offshore).

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο χώρες που βρίσκονται σε προηγμένο επίπεδο εκμετάλλευσης της κυματική ενέργειας είναι η Δανία, Πορτογαλία, Ιρλανδία, Μ. Βρετανία, Σουηδία και Νορβηγία. Σε ετήσια βάση σε κάποιες από αυτές τις χώρες έχουν παρατηρηθεί μέσες τιμές κυματικής ενέργειας που μπορούν να φτάσουν τα 70-80 kW/m.

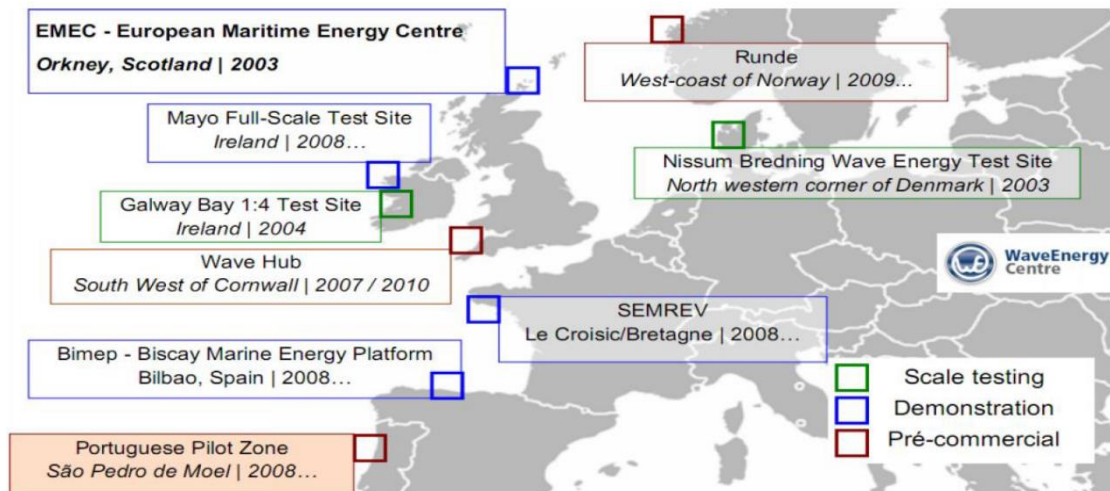
Η Μ. Βρετανία είναι από τις «πρωταθλήτριες» στην εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας καθώς σε ετήσια βάση υπολογίζεται το κυματικό δυναμικό στην περιοχή περί τα 1000 TWh. Αυτή η τόσο υψηλή δυναμικότητα είναι απόρροια της μεγάλης ακτογραμμής και των ισχυρών κυμάτων που επικρατούν καθώς πνέουν ανεμπόδιστοι κατά μήκος του Ατλαντικού ωκεανού. Σημαντική σημείωση αποτελεί το γεγονός ότι από το συνολικό κυματικό δυναμικό της χώρας ρεαλιστικά αξιοποιήσιμα είναι τα 87 TWh.

Η Νορβηγία επίσης παρουσιάζει ιδιαίτερα ισχυρά κυματικά δυναμικά που φτάνουν τα 400 TWh, η Πορτογαλία της οποίας οι ακτές βρέχονται από τον Ατλαντικό ωκεανό παρουσιάζει δυναμικά της τάξεως των 45 TWh ετησίως. Στην Σουηδία εντοπίζονται περιοχές με αξιοποιήσιμους πόρους κυματικής ενέργειας σε εύρος τιμών τα 5-10 TWh. Η Ιρλανδία και η Δανία παρουσιάζουν κατά σειρά 188 TWh και 30 TWh αντίστοιχα.



Εικόνα 2.2 : Κατανομή της κυματικής ενέργειας (kW/m) στην Ευρώπη

Όλες οι παραπάνω χώρες είναι από τις πιο δραστήριες στην Ευρώπη στον τομέα της εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας καθώς έχουν ιδρύσει ερευνητικά κέντρα για την πλήρη ανάπτυξη των υφιστάμενων τεχνολογιών ενώ αρκετά εθνικά χρηματοδοτικά προγράμματα έχουν θεσπιστεί για την υλοποίηση τέτοιου είδους μηχανισμών.



Εικόνα 2.3 : Ευρωπαϊκά κέντρα ερευνών και δοκιμών (Πηγή : ΚΑΠΕ)

Η Ελλάδα, μια χώρα με συνολικό μήκος ακτογραμμών 16.000 km παρουσιάζει ένα αξιόλογο κυματικό δυναμικό της τάξεως των 4-11 kW/m, το οποίο συγκεντρώνεται κυρίως στο Αιγαίο πέλαγος λόγω των δυνατών ανέμων που επικρατούν. Η αξιοποίηση του συγκεκριμένου δυναμικού να μην δεν συγκρίνεται με εκείνα των Βόρειων Ευρωπαϊκών χωρών αλλά μπορεί να αποτελέσει μια σημαντικότερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά του Αιγαίου τα οποία αντιμετωπίζουν και το υψηλό κόστος για την παραγωγή της και τους ρύπους από τα αντίστοιχα εργοστάσια λόγω της εκτεταμένης χρήσης πετρελαίου. Η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας υπολογίζεται περί τα 5-9 TWh ετησίως ενώ η περαιτέρω αξιοποίησή της βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο το οποίο μοιράζεται

μεταξύ ερευνών των εγχώριων πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και ιδιωτικών πρωτοβουλιών.

Τα ισχυρότερα κυματικά δυναμικά έχουν παρατηρηθεί κατά τους χειμερινούς μήνες με μέσες τιμές που φτάνουν τα 7 kW/m. Τους υπόλοιπους μήνες δεν εμφανίζονται τόσο υψηλά κυματικά δυναμικά χωρίς όμως να αποκλείονται οι εξαιρέσεις ανάλογα την εξεταζόμενη περιοχή. **[0138 = synolakis]**

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ (kW/m)
Β. ΑΙΓΑΙΟ	3 - 5
ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ (ΚΑΙ ΚΥΚΛΑΔΕΣ)	6
ΝΟΤΙΟ-ΔΥΤΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ	4 - 5
ΖΩΝΗ ΚΡΗΤΗΣ - ΚΥΘΗΡΩΝ	6 - 8
ΖΩΝΗ ΚΡΗΤΗΣ – ΚΑΣΣΟΥ	6 - 8
ΙΟΝΙΟ ΠΕΛΑΓΟΣ	4 - 8

Πίνακας 2.α : Μέση κατανομή κυματικού δυναμικού στην Ελλάδα (Πηγή : DEVELOPING WAVE ENERGY IN MEDITERRANEAN SEA: PEST ANALYSIS AND EXAMINATION OF OTHER NON-TECHNOLOGICAL BARRIERS TO THE IMPLEMENTATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WAVE ENERGY)

2.2. ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η κυματική ενέργεια αποτελεί το μέσο διάδοσης της ενέργειας που παράγεται από τους ωκεανούς. Η λήψη και αξιοποίηση της συγκεκριμένης ενέργειας μπορεί να αποφέρει πολλαπλά οφέλη όπως είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η αφαλάτωση του νερού και η αποθήκευσή του σε δεξαμενές. Παρόλο που ακούγεται διφορούμενο η κυματική ενέργεια θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια ακόμα μορφή της ηλιακής ενέργειας.

Ο ήλιος δεν είναι σε θέση να θερμάνει ομοιόμορφα την Γή. Ανάλογα τους φυσικούς της σχηματισμούς όπως επίσης και τον προσανατολισμό της σε σχέση με τον ήλιο, ορισμένα σημεία θερμαίνονται περισσότερο συγκριτικά με άλλα. Καθώς ο αέρας θερμαίνεται εμφανίζει μικρότερη πυκνότητα άρα γίνεται και πιο ελαφρύς με αποτέλεσμα να κατευθυνθεί με φυσικό τρόπο ανοδικά. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένας κενός χώρος ο οποίος καλύπτεται από ψυχρές αέριες μάζες μεγαλύτερης πυκνότητας.

Ο άνεμος είναι επίσης υπεύθυνος για την δημιουργία πολύ ισχυρών κυμάτων. Καθώς ο άνεμος αναπτύσσεται κατά μήκος της επιφάνειας του νερού, η τριβή προκαλεί κυματισμούς. Ο άνεμος συνεχίζει να πιέζει ενάντια σε αυτές τις κυματισμούς σε ένα φαινόμενο χιονοστιβάδας που τελικά δημιουργεί ένα μεγάλο κύμα. Ουσιαστικά, αυτή η ενέργεια είναι μια μεταφορά ενέργειας από τον ήλιο στον άνεμο στα κύματα.

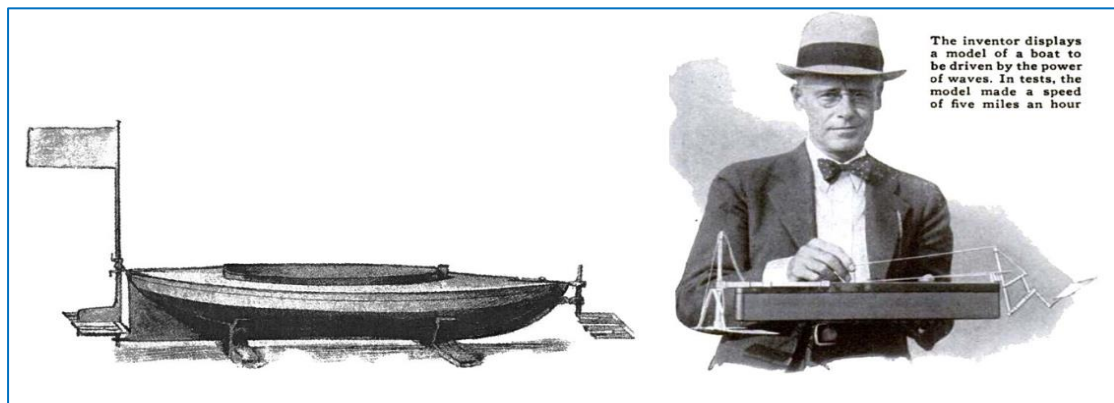
Όσο τα κύματα διαδίδονται πιο αργά σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου (ο οποίος πνέει ακριβώς πάνω από την επιφάνειά τους), πραγματοποιείται μια μεταφορά ενέργειας από τον άνεμο προς τα κύματα. Οι διαφορές πίεσης που προκαλούνται μεταξύ του ρεύματος ανέμου και της κορυφής των κυμάτων, όπως επίσης και η τριβή στην επιφάνεια του νερού απόρροια της διέλευσης του ανέμου, συντελούν στην συμπίεση του νερού το οποίο επειδή δεν μπορεί να διαχωριστεί (ανάπτυξη διατμητικών πιέσεων) αυξάνεται καθ' ύψος προκαλώντας την δημιουργία κυμάτων.

Η ταλαντωτική κίνηση είναι υψηλότερη στην επιφάνεια και μειώνεται εκθετικά με το βάθος. Ωστόσο, για τα στάσιμα κύματα (clapotis) κοντά σε μια αντανakλαστική ακτή, η ενέργεια κύματος είναι επίσης παρούσα ως ταλαντώσεις πίεσης σε μεγάλο βάθος, παράγοντας μικροσφαίρες. Αυτές οι διακυμάνσεις πίεσης σε μεγαλύτερο βάθος είναι πολύ μικρές για να είναι ενδιαφέρουσες από την άποψη της ισχύος κύματος.

Στην δυναμική των ρευστών, κύματα που δημιουργούνται από την κίνηση του ανέμου είναι στην ουσία επιφανειακά κύματα τα οποία προκύπτουν και αναπτύσσονται στην ελεύθερη επιφάνεια ωκεανών, θαλασσών, λιμνών και ποταμών. Είναι συνήθως το αποτέλεσμα της εξάπλωσης του ανέμου σε μια αρκετά μεγάλη έκταση επιφάνειας ρευστού.

Τα ρεύματα ανέμων μπορούν να ταξιδέψουν χιλιάδες μίλια έως ότου προσεγγίσουν παράκτιες περιοχές. Τα κύματα που προκαλούνται εξαιτίας των ανέμων ποικίλουν σε μέγεθος ξεκινώντας από μικρούς κυματισμούς έως τεράστια κύματα ύψους μεγαλύτερα των 30 μέτρων. Τα κύματα διαδίδονται στην επιφάνεια του ωκεανού και η ενέργεια κύματος μεταφέρεται επίσης οριζόντια με την ομαδική ταχύτητα. Ο μέσος ρυθμός μεταφοράς της ενέργειας κύματος μέσα από ένα κατακόρυφο επίπεδο μοναδιαίου πλάτους, παράλληλο με μια κορυφή κύματος, ονομάζεται **ροή ενέργειας κύματος [flux]** (ή κυματική ισχύς, η οποία δεν πρέπει να συγχέεται με την πραγματική ισχύ που παράγεται από μια συσκευή μετατροπής κυματικής ενέργειας).

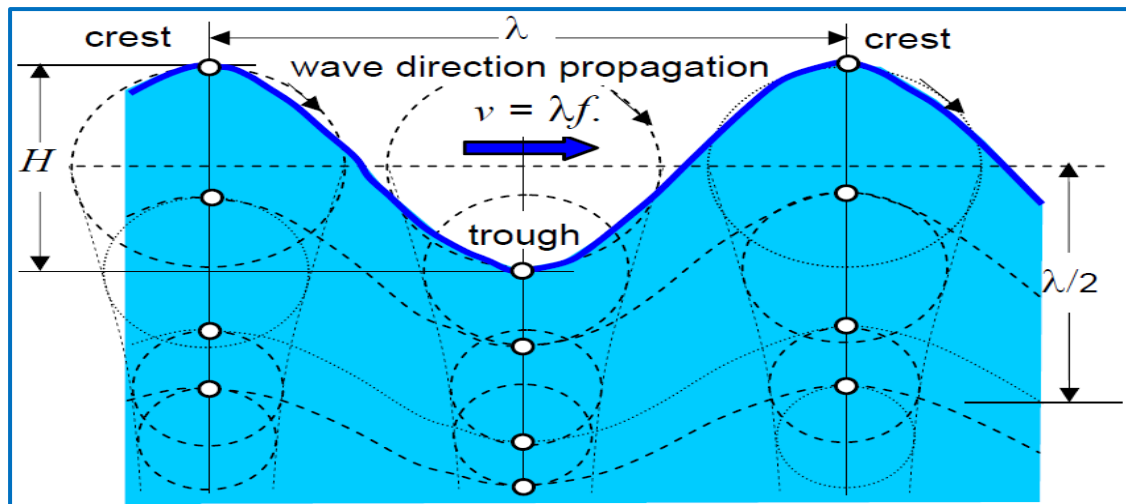
Η κυματική ενέργεια διαχωρίζεται από την ημερήσια ροή της παλιρροιακής ισχύος και την σταθερή ροή των ωκεάνιων ρευμάτων. Όπως σημειώσαμε και σε προηγούμενη παράγραφο η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας δεν είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος παρόλα αυτά οι πρώτες προσπάθειες είχαν πραγματοποιηθεί το 1890. Το 2008, το πρώτο κυματικό πειραματικό πάρκο εγκαταστάθηκε στην Πορτογαλία στην περιοχή Aguçadoura.



Εικόνα 2.4 : Αριστερά: Herman Linden's 'Autonaut', 1895 / Δεξιά : Εφευρέτης από το Long Beach, 1935

Και οι 2 μηχανισμοί της εικόνας 2.4 αποδεικνύουν πως η ιδέα της λήψης - μετατροπής κυματικής ενέργειας δεν είναι μια πρόσφατη πρακτική.

Γενικά, τα μεγαλύτερα κύματα είναι πιο ισχυρά αλλά η ισχύς των κυμάτων καθορίζεται επίσης από την ταχύτητα κύματος, το μήκος κύματος και την πυκνότητα του νερού.



Εικόνα 2.5 : Διάδοση Κύματος (Πηγή : Google)

Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή δύο διαδοχικές κοίλων, ορίζει το **μήκος κύματος λ** .

Το **ύψος του κύματος H** (η απόσταση μεταξύ μιας κορυφής και κοιλάς) είναι ανάλογο της έντασης και της διάρκειας του ανέμου.

Η **περίοδος κύματος T** (από κορυφή σε κορυφή) είναι το χρονικό διάστημα σε δευτερόλεπτα που χρειάζεται το κύμα για να καλύψει απόσταση ίση με το μήκος κύματος λ και είναι ανάλογη με το βάθος της θάλασσας.

Η **συχνότητα $f = 1/T$** αντιπροσωπεύει τον αριθμό των κυμάτων που εμφανίζονται σε μια δεδομένη θέση ανά ένα ορισμένο διαχρονικό διάστημα.

Η **ταχύτητα των κυμάτων v** δίνεται από την σχέση : $v = \lambda/T = \lambda/f$.

Ο λόγος **$\lambda/2H$** ονομάζεται **κλίση κύματος** και όταν αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη από $1/7$ μπορεί να αποδειχθεί ότι το κύμα γίνεται ασταθές και εξαφανίζεται.

Κύματα με μεγάλη περίοδο παρουσιάζουν και μεγάλα μήκη κύματος και ως αποτέλεσμα κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Σε γενικές γραμμές τα μεγάλα κύματα είναι ισχυρότερα (παρουσιάζουν μεγαλύτερα αποθέματα ενέργειας) σε σχέση με κύματα μικρότερου βεληνεκούς.

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν πόσο ισχυρό θα είναι ένα μεμονωμένο κύμα είναι:

- Η ταχύτητα του ανέμου : Όσο γρηγορότερα ταξιδεύει ο άνεμος τόσο μεγαλύτερο κύμα δημιουργεί
- Χρονική διάρκεια ανέμου : Αυξανόμενη η χρονική επίδραση του ανέμου διογκώνει ακόμα περισσότερο το κύμα
- Απόσταση ανέμου : Όσο μεγαλύτερη απόσταση καλύπτει ο άνεμος έναντι του κύματος (γνωστό ως fetch η απόσταση δηλαδή που καλύπτεται έως ότου ο άνεμος αναπτύξει τα κύματα), τόσο μεγαλύτερο κυματισμό αναπτύσσει
- Βάθος και τοπογραφία βυθού : Ανάλογα με την μορφολογία του βυθού μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη συγκέντρωση ή ακόμα και διασκόρπιση της κυματικής ενέργειας

Ενδιαφέρον στοιχείο είναι το γεγονός πως τα κύματα μεταφέρουν σε μεγάλες αποστάσεις την ενέργεια και όχι το νερό. Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 2.5 το νερό λειτουργεί ουσιαστικά ως το μέσο μέσω του οποίου η κινητική ενέργεια διαδίδεται. Τα σωματίδια νερού που διεγείρονται από τον άνεμο σχηματίζουν σε κάθε θέση του ωκεανού κυκλικές τροχιές με μεγαλύτερες διαμέτρους να εμφανίζονται στην επιφάνεια οι οποίες μειώνονται εκθετικά με το βάθος. Η σύζευξη της κυκλικής αυτής κίνησης είναι υπεύθυνη για τον σχηματισμό του κύματος και την μετέπειτα διάδοσή του. Με άλλα λόγια, η κίνηση των σωματιδίων νερού θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την λειτουργία των κυλίνδρων σε έναν μεταφορικό ιμάντα οι οποίοι κάνουν περιστροφή για να μετακινήσουν τη ζώνη προς τα πάνω, αλλά οι ίδιοι δεν προχωρούν παράλληλα με τον ιμάντα. Αυτή τους η κίνηση είναι ο λόγος που οι σημαδούρες κινούνται μονίμως σε μια κάθετη κίνηση με το νερό.

2.3. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

Τα κύματα του ωκεανού μεταφέρουν μηχανική ενέργεια. Η ενέργεια που σχετίζεται με ένα κύμα μήκους κύματος λ , ύψους H και μετώπου b δίνεται από την σχέση :

$$P = \frac{1}{2} \rho g H^2 \lambda b \quad [1]$$

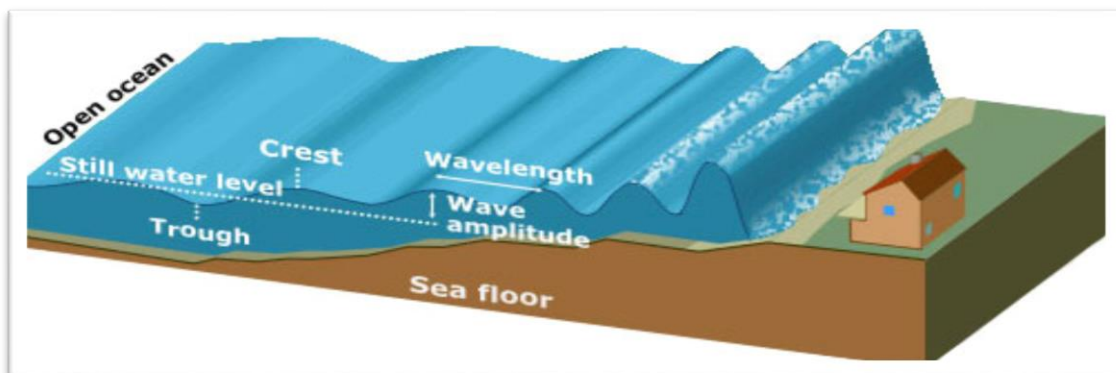
Όπου ρ είναι το ειδικό βάρος νερού και g η βαρυτική επιτάχυνση.

Η ισχύς σε κάθε μέτρο του μετώπου του κύματος σχετίζεται με ένα ομοίμορφο κύμα ύψους H (m) και μήκους κύματος λ (m) και υπολογίζεται:

$$P_u = \frac{P}{b} = \frac{1}{2} \rho g H^2 \lambda \quad [2]$$

Η παραπάνω σχέση εκφράζεται σε μονάδες W/m.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξίσωση [2] στην περίπτωση της δημιουργίας ενός κύματος tsunami.



Εικόνα 2.6 : Δημιουργία κυμάτων tsunami (Πηγή : Google)

Πριν την δημιουργία του tsunami τα κύματα που βρίσκονται αρκετά μακριά από την ακτογραμμή χαρακτηρίζονται από μεγάλα μήκη κύματος, μικρά ύψη και υψηλή ισχύ. Όσο τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή η ισχύς παραμένει σχεδόν σταθερή ενώ το μήκος κύματος ελαχιστοποιείται.

Με βάση την εξίσωση [2] για να διατηρηθεί σταθερή η ισχύς θα πρέπει να αυξηθεί τετραγωνικά το ύψος. Αυτή η αύξηση είναι που προκαλεί τις καταστροφικές συνέπειες όταν δημιουργείται ένα tsunami.

Για ακανόνιστα κύματα η σχέση της ισχύος ανά μονάδα μετώπου κύματος είναι :

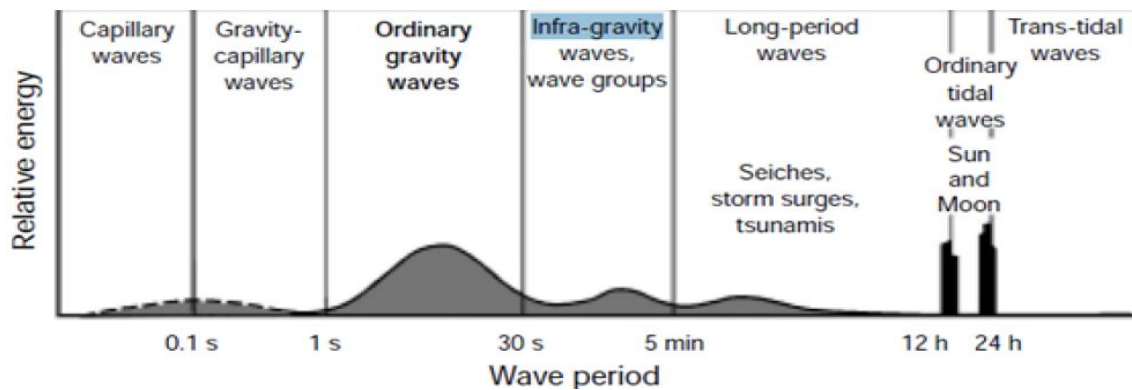
$$P_i = 0.49H^2T \quad [3]$$

Η παραπάνω σχέση εκφράζεται σε (kW/m).

Τα κύματα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα την χρονική διάρκεια της περιόδου τους. Πιο συγκεκριμένα :

- Τριχοειδή για περίοδο έως 0,1sec
- Τριχοειδή-βαρύτητας για περίοδο μεταξύ 0,1-1sec
- Βαρύτητας για περίοδο μεταξύ 1-30 sec
- Ύπο-βαρύτητας για περίοδο μεταξύ 30sec-5min

Σε περιπτώσεις όπου η περίοδος κύματος ξεπερνάει τα 5 min τότε αναφερόμαστε σε παλιρροιακά κύματα ή tsunami.



Εικόνα 2.7 : Τύποι κυμάτων (Πηγή : Google)

2.4. ΟΦΕΛΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η σταδιακή και συνεχώς αυξανόμενη ενασχόληση του ανθρώπου με εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας έχει αποφέρει πολλά οφέλη κυρίως σε ότι αφορά την προστασία του οικοσυστήματος. Η χρήση των κυμάτων ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας προσφέρει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων μορφών αλλά και γενικότερα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα εξής :

- Η κυματική ενέργεια είναι άενη σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα τα οποία είναι πεπερασμένα και εξαντλούνται
- Δεν χρειάζεται κάποια παρέμβαση απ' τον άνθρωπο για να αναπτύξουν τα κύματα την πλήρη ισχύ τους
- Η κυματική ενέργεια εμφανίζει μια φυσική μεταβλητότητα ανάλογα με την εποχή, ακολουθώντας την ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια σε περιοχές με εύκρατο κλίμα
- Τα κύματα μπορούν να διανύσουν πολύ μεγάλες αποστάσεις με μικρές ενεργειακές απώλειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι θύελλες που αναπτύσσονται στην δυτική πλευρά του Ατλαντικού ωκεανού και

είναι ικανές να ταξιδέψουν έως τις δυτικές Ευρωπαϊκές ακτές υποστηριζόμενες απ' τους επικρατούντες δυτικούς ανέμους. Σε αυτή τους την ικανότητα οφείλεται η μεγάλη ενεργειακή σταθερότητα και αξιοπιστία

- Η κυματική ενέργεια μπορεί εύκολα να ποσοτικοποιηθεί ενώ χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ποσού της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί
- Συγκριτικό πλεονέκτημα των μηχανισμών μετατροπής κυματικής ενέργειας έναντι των υπόλοιπων εναλλακτικών μορφών είναι η δυνατότητά τους να παράγουν ενέργεια στο 90% του χρόνου λειτουργίας τους σε σχέση με συσκευές αξιοποίησης αιολικής και ηλιακής ενέργειας οι οποίες περιορίζονται στο 20%-30% του χρόνου
- Εξαιρετικά χαμηλοί ρυπαντικοί δείκτες σε επίπεδο κύκλου λειτουργίας
- Μηδαμινές επιπτώσεις αναφορικά με την χλωρίδα-πανίδα
- Τα σημεία τα οποία επιλέγονται για να εγκατασταθούν οι μηχανισμοί είναι τέτοια (επάκτια, παράκτια, υπεράκτια) ούτως ώστε να μην προκαλείται κάποια ακουστική ή οπτική όχληση στους κατοίκους των αντίστοιχων περιοχών
- Αποκέντρωση της παραγωγής ενέργειας εξαιτίας του απομακρυσμένου χαρακτήρα που παρουσιάζουν οι περιοχές με υψηλό κυματικό δυναμικό
- Παρουσιάζονται προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης των απομακρυσμένων αυτών περιοχών

Πέρα από το θετικό αντίκτυπο που παρουσιάστηκε παραπάνω οι μηχανισμοί μετατροπής κυματικής ενέργειας παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα.

- Οι περιοχές άμεσης ωφέλειας από αυτούς τους μηχανισμούς είναι οι κοντινές στις ακτές. Χερσαίες και απομονωμένες απ' το θαλάσσιο δίκτυο περιοχές μπορούν να εξυπηρετηθούν από τους μετατροπείς αλλά στην περίπτωση αυτή το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται σημαντικά καθώς εισάγεται πλέον και ο παράγοντας της μεταφοράς του
- Οι εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται με ειδικό τρόπο ώστε να αντέχουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσουν
- Το κόστος μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας στη στεριά είναι υψηλό (για τις περιπτώσεις των παράκτιων και υπεράκτιων τοποθεσιών εγκατάστασης)
- Όσο «καθαρής μορφής» και αν είναι η κυματική ενέργεια, οι μηχανισμοί που την αξιοποιούν είναι ικανοί να προκαλέσουν κινδύνους στους οργανισμούς που τους περιβάλλουν. Ανάλογα με την ακριβή τους τοποθεσία μπορούν να διαταράξουν τον θαλάσσιο πυθμένα, να μεταβάλλουν τον υδροβιότοπο εξαιτίας της θορυβώδους λειτουργίας τους όπως επίσης να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα εξαιτίας χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται κυρίως σε πλατφόρμες

- Η αξιοπιστία τους μειώνεται λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων. Δέχονται μεγάλες καταπονήσεις που μπορούν να υπερβούν το 100πλασιο των μέσων καταπονήσεων
- Παράκτιες και υπεράκτιες εγκαταστάσεις εμφανίζουν αυξημένο κόστος επισκευών-συντήρησης εξαιτίας της δύσβατης πρόσβασης σε αυτές
- Τα κύματα παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος ως προς την μορφή εισαγωγής τους σε αυτούς τους μηχανισμούς. Πιο συγκεκριμένα εμφανίζουν μια στοχαστική φύση σε παραμέτρους όπως είναι η διεύθυνση, το ύψος και η συχνότητά τους στοιχεία που δυσκολεύουν τον σχεδιασμό των μηχανισμών εκείνων που θα είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν το μεγαλύτερο φάσμα των κυμάτων που εισέρχονται σε αυτούς
- Το υψηλό κόστος κατασκευής-εγκατάστασης-συντήρησης. Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας παρά τις όσες προσπάθειες έχουν γίνει βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας και εξέλιξης στοιχείο που κρατά την ευρύτερη βιομηχανία επιφυλακτική απέναντί τους και τους επενδυτές συγκρατημένους απέναντι σε τέτοιου είδους προοπτικές. Η συνεχόμενη αύξηση της απόδοσης των μηχανισμών είναι ο μοναδικός τρόπος που μπορεί να αντισταθμίσει τα παραπάνω κόστη και να κάνει εν τέλει μια τέτοια επένδυση βιώσιμη και κερδοφόρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ WECs

Τα κύματα όπως έχει ήδη αναφερθεί έχουν την δυνατότητα να παρέχουν μια ολοκληρωμένη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, η οποία μπορεί να συλληφθεί και να μετατραπεί στην συνέχεια σε ηλεκτρική με την χρήση των κατάλληλων μηχανισμών μετατροπής της κυματικής αυτής ενέργειας (Wave Energy Converters/WECs). Κρίσιμοι παράγοντες για ένα επιτυχημένο WEC είναι:

- Ο κατάλληλος βαθμός απόδοσης.
- Η οικονομική κατασκευή, τοποθέτηση και λειτουργία του.
- Η αξιοπιστία λειτουργίας σε ακραίες συνθήκες λειτουργίας.
- Οι αποδεκτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Ο σχεδιασμός και λειτουργία των διατάξεων διέπεται από μια σειρά βασικών κριτηρίων:

1. Την τοποθεσία εγκατάστασης της συσκευής που εξαρτάται από την βαθυμετρία της περιοχής και την απόσταση από την ακτή
2. Την τοποθεσία της συσκευής αναφορικά με το κινούμενο της τμήμα και την στάθμη της θάλασσας
3. Το μέγεθος και τον προσανατολισμό της συσκευής
4. Την αρχή σύλληψης της ενέργειας

Με βάση το 1^ο κριτήριο μπορεί να γίνει η πρώτη κατηγοριοποίηση των συσκευών αυτών σε :

a) Επάκτιες (onshore)

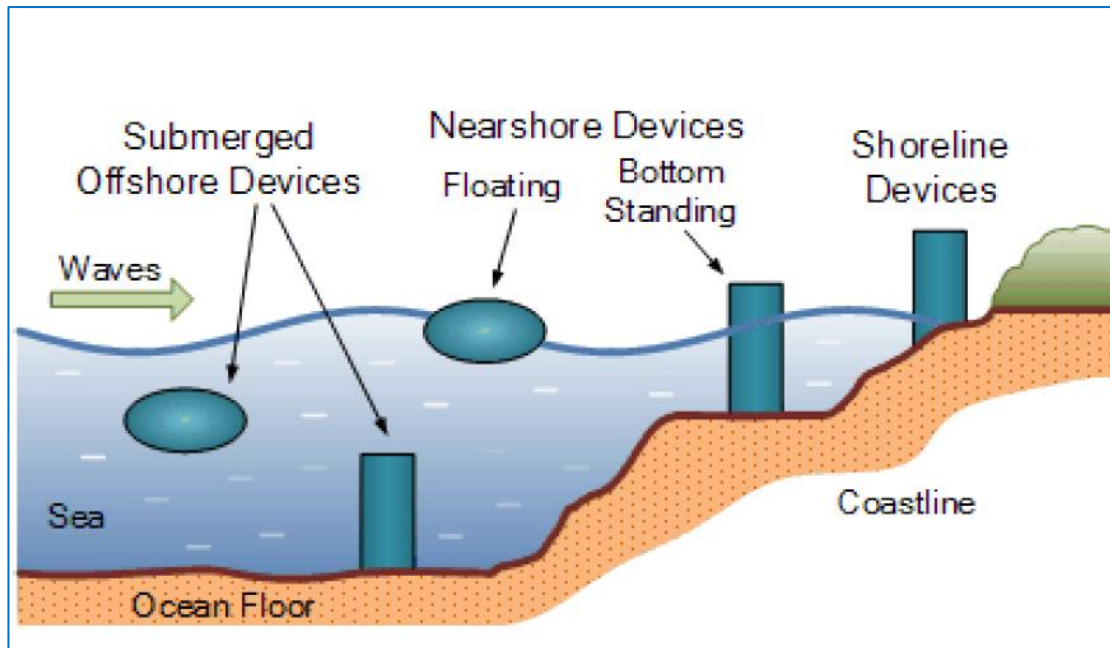
Είναι σταθερές ή ενσωματωμένες συσκευές στην ακτογραμμή κάτι το οποίο τους προσδίδει το πλεονέκτημα της εύκολης εγκατάστασης και συντήρησης. Επιπλέον δεν απαιτείται αγκυροβόληση μεγάλου βάθους ή υποθαλάσσια ηλεκτρικά καλώδια μεταφοράς. Όμως αυτές οι συσκευές μειονεκτούν στη ισχύ που μπορούν να αποδώσουν. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί από τη φυσική συγκέντρωση της κυματικής ενέργειας ("hot spots"). Ταυτόχρονα, ορισμένες φορές η εγκατάσταση των επάκτιων συσκευών περιορίζεται λόγω της μορφολογίας της ακτογραμμής, το εύρος των παλιρροιακών φαινομένων, της προστασίας του τοπίου.

b) Παράκτιες (nearshore)

Οι συσκευές αυτές σε μέτριο βάθος υδάτων (περίπου 20 με 30 μέτρα) σε απόσταση μέχρι και 500 μέτρα από την ακτή. Ο πυθμένας θα πρέπει να είναι ισόπεδος από άμμο, σκύρα ή ιλύ χωρίς κάλυψη από πέτρες για το στρώσιμο ηλεκτρικών καλωδίων μεταφοράς στην ακτή.

c) Υπεράκτιες (offshore)

Τοποθετούνται σε σημεία με βάθος μεγαλύτερο από 40 μέτρα όπου το ενεργειακό δυναμικό είναι αρκετά ισχυρό.



Εικόνα 3.1 : Κατηγοριοποίηση συσκευών WECs ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης και την στάθμη της θάλασσας (Πηγή : Google)

Όσον αφορά την δεύτερη από τις αναφερόμενες ταξινομήσεις (2^ο κριτήριο), μπορούμε να διακρίνουμε μεταξύ :

- a) **Αναδύομενων (floating)** : Η συσκευή βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας όντας αγκυρωμένη στον βυθό έχοντας την δυνατότητα κίνησης προς όλες τις διευθύνσεις
- b) **Ημι-βυθισμένων (Semi-submerged)**
- c) **Βυθισμένων (Submerged)** : Η συσκευή είναι εγκατεστημένη σε μόνιμη βάση κάτω από την επιφάνεια του νερού
- d) **Pile mounted** : Η στήριξη της συσκευής οφείλεται σε πάσσαλο η έδραση του οποίου βρίσκεται στον βυθό
- e) **Fixed** : Η έδραση της συσκευής γίνεται απευθείας στον βυθό ή σε κάποιο άλλο στιβαρό εξάρτημα όπως ο πάσσαλος που αναφέρθηκε

Επιπλέον, ανάλογα με τον τύπο της δομής στήριξης, μπορούν να είναι στο **κάτω μέρος** ή **να επιπλέουν με σύστημα πρόσδεσης**.

Στο σημείο αυτό έχει αξία να σημειωθεί πως στην περίπτωση των πλωτών μηχανισμών η λειτουργία τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το ευρύτερο φάσμα των διαφορετικών κινήσεων των κυμάτων.

Οι κινήσεις αυτές χωρίζονται σε α) **περιστροφικές** και β) **μη περιστροφικές** και είναι οι ακόλουθες:

Μη περιστροφικές κινήσεις :

- Heave (**Ανύψωση**): Αντιπροσωπεύει μια κάθετη ταλάντωση
- Surge (**Διόγκωση**) : Αντιπροσωπεύει μια οριζόντια κίνηση παράλληλη στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος
- Sway (**Λίκνισμα**): Αντιπροσωπεύει οριζόντια κίνηση κάθετη στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος

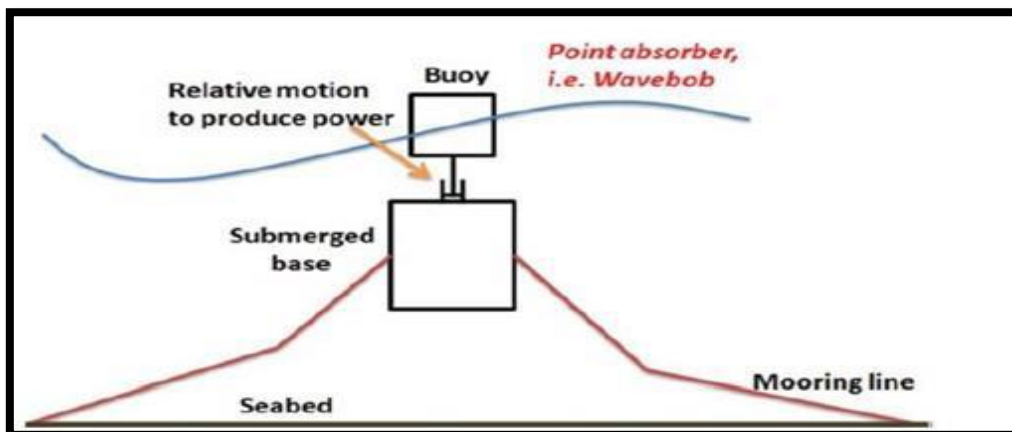
Περιστροφικές κινήσεις :

- Pitch (Κλυδωνισμός): Αντιπροσωπεύει την περιστροφή γύρω από τον οριζόντιο άξονα που προκαλεί τα άκρα της πλωτής συσκευής να ανεβοκατεβαίνουν
- Roll (Κύλιση): Αντιπροσωπεύει κίνηση γύρω από τον οριζόντιο άξονα που προκαλεί την περιστροφή της μηχανής από την μία πλευρά στην άλλη
- Yaw (Περιστροφή): Αντιπροσωπεύει κίνηση γύρω από τον κάθετο άξονα

Το 3^ο κριτήριο που αφορά το μέγεθος και τον προσανατολισμό της συσκευής δίνει τις παρακάτω κατηγορίες WECs :

a) Σημειακοί απορροφητές (Point Absorbers)

Οι διατάξεις αυτές σχεδιάζονται ώστε να εκμεταλλεύονται την κίνηση της μάζας τους, που προκαλείται από τα διερχόμενα κύματα, ώστε να παράξουν ηλεκτρισμό. Αποτελούνται από δύο συμπαγή μέρη. Το κινούμενο μέρος που αλληλεπιδρά με τα κύματα και το σταθερό μέρος το οποίο είτε είναι αγκυροβολημένο είτε συγκρατείται στον πυθμένα λόγω της βαρύτητας. Μπορούν να είναι πλήρως ή μερικώς βυθισμένες που είναι και ο συνηθέστερος τύπος. Το κινούμενο επάνω μέρος έχει σχετικά μικρές διαστάσεις σε σχέση με το μήκος των κυμάτων με τα οποία αλληλεπιδρά ώστε να απορροφά την ενέργειά τους ανεξαρτήτως της κατεύθυνσής τους. Συνήθως είναι ρυθμισμένο ώστε η φυσική του συχνότητα να είναι παραπλήσια της συχνότητας των κυμάτων της περιοχής που εγκαθίσταται και να προκύπτει συντονισμός.



Εικόνα 3.2 : Λειτουργία Point Absorber

b) Εξασθενητές (Attenuators)

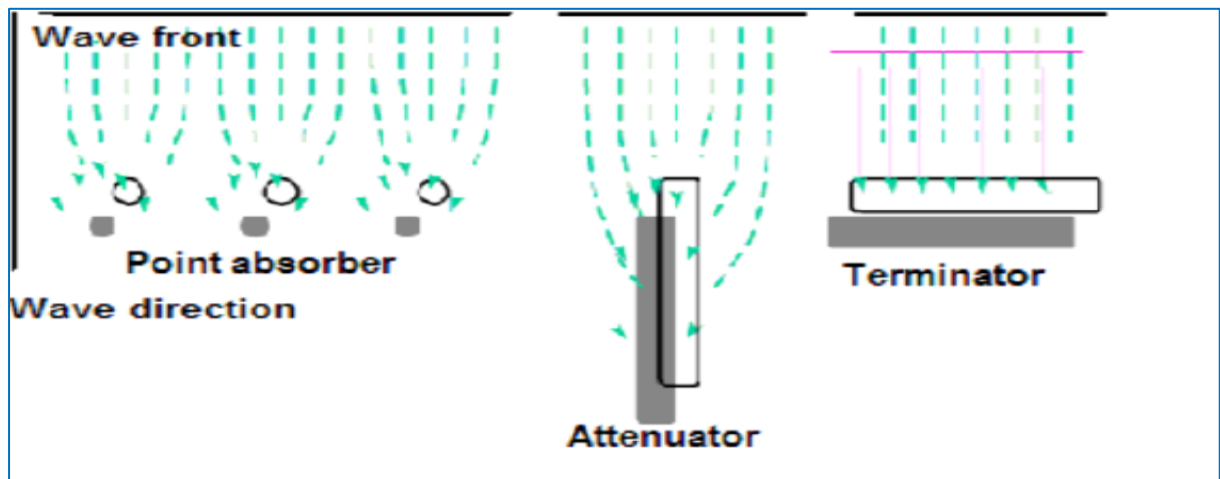
είναι μακρές πολυεπίπεδες επιπλέουσες δομές προσανατολισμένες παράλληλα προς την κατεύθυνση των κυμάτων. Υπερβαίνουν τα κύματα σαν ένα πλοίο, εξαγάγοντας ενέργεια χρησιμοποιώντας συστήματα συγκράτησης στο τόξο της συσκευής και κατά μήκος της. Τα διαφορετικά ύψη των κυμάτων κατά το μήκος της συσκευής προκαλούν κάμψη όπου τα τμήματα

συνδέονται. Τα τμήματα συνδέονται με υδραυλικές αντλίες ή άλλους μετατροπείς για να παράγουν ενέργεια καθώς τα κύματα κινούνται.

Ένας μετασχηματιστής τοποθετείται στη «μύτη» της μονάδας και ενισχύει την τάση ισχύος για μετάδοση στην ακτή. Η ισχύς τροφοδοτείται από ένα ομφάλιο καλώδιο σε ένα κουτί διακλάδωσης στον πυθμένα, συνδέοντας το και με άλλα μηχανήματα μέσω ενός κοινού υποθαλάσσιου καλωδίου στην ακτή.

c) Terminator WECs

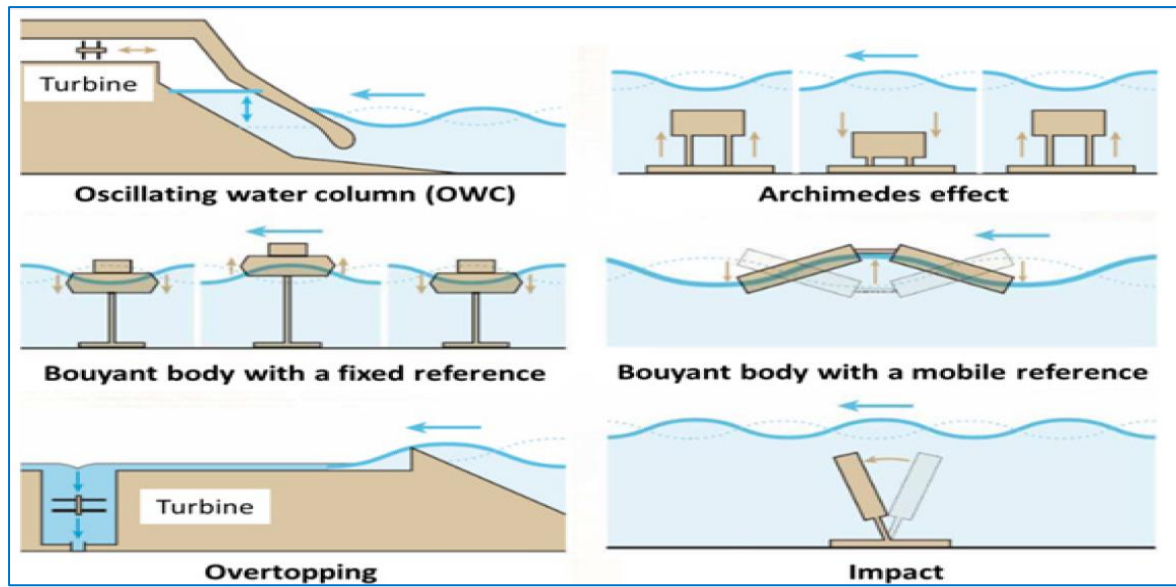
Εκτείνεται κάθετα προς την κατεύθυνση του κύματος και συλλαμβάνει ή αντανakλά την ισχύ του κύματος. Αυτές οι συσκευές είναι συνήθως onshore ή nearshore ωστόσο οι πλωτές εκδοχές τους έχουν σχεδιαστεί για υπεράκτιες εφαρμογές. . Αυτές οι συσκευές γενικά έχουν ονομαστική ισχύ από 500 kW έως 2 MW, ανάλογα με το κλίμα κύματος και τις διαστάσεις της συσκευής.



Εικόνα 3.3 : Αξιοποίηση κυματικού δυναμικού με βάση τον προσανατολισμό των συσκευών (Πηγή : Google)

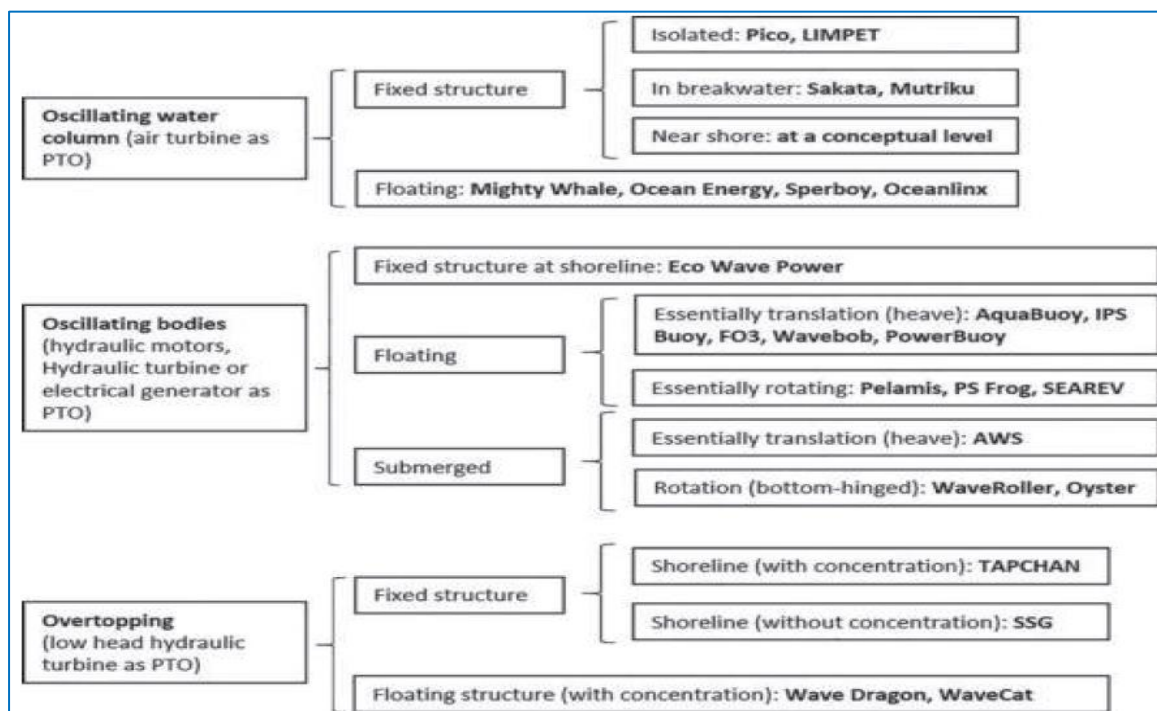
Το 4^ο κριτήριο αφορά την ταξινόμηση των WECs με βάση την αρχή σύλληψης της ενέργειας. Οι κατηγορίες που προκύπτουν είναι οι εξής:

- a) Ταλαντευόμενη Υδάτινη Στήλη (Oscillating Water Column-OWC)
- b) Η επινόηση του Αρχιμήδη (Archimedes effect)
- c) Πλευούμενη συσκευή με σταθερή αναφορά πρόσδεσης (buoyant body with fixed reference)
- d) Πλωτή συσκευή με κινητή αναφορά πρόσδεσης (buoyant body with mobile reference)
- e) Συσκευές υπερχείλισης (Overtopping devices)
- f) Αγκυρωμένες (Impact)



Εικόνα 3.4 : Ταξινόμηση WECs με βάση την αρχή δέσμησης της κυματικής ενέργειας

Όλες οι παραπάνω κατηγορίες και μηχανισμοί παρατίθενται στο παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα μια αναφορές σε ήδη εγκατεστημένους μηχανισμούς :

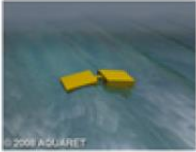
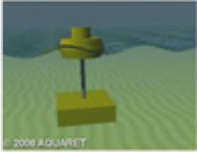
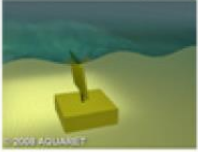
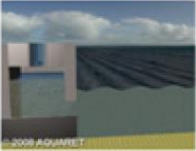
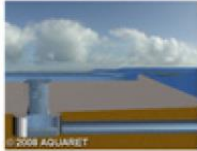
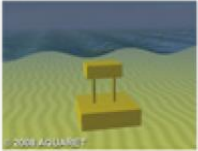

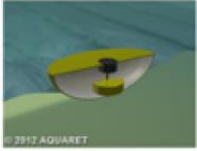


Εικόνα 3.5 : Συγκεντρωτικός πίνακας WECs

Λόγω της συνεχούς εξέλιξης του συγκεκριμένου τομέα νέες τεχνολογίες εμφανίζονται και δοκιμάζονται για την αποτελεσματικότητά τους. Σε αυτήν την λογική πέρα των ήδη υπάρχοντων συσκευών μετατροπής κυματικής ενέργειας διάφοροι οργανισμοί-ιστιτούτα ερευνών εμπλουτίζουν αυτήν την λίστα. Ένα από τα ιστιτούτα αυτά είναι και το European Marine Energy Center (EMEC) του οποίου η λίστα είναι η εξής :

- Attenuator
- Point absorber

- Oscillating wave surge converter
- Oscillating water column
- Overtopping/terminator device
- submerged pressure differential
- Bulge wave
- Rotating mass
- Others (RAP)

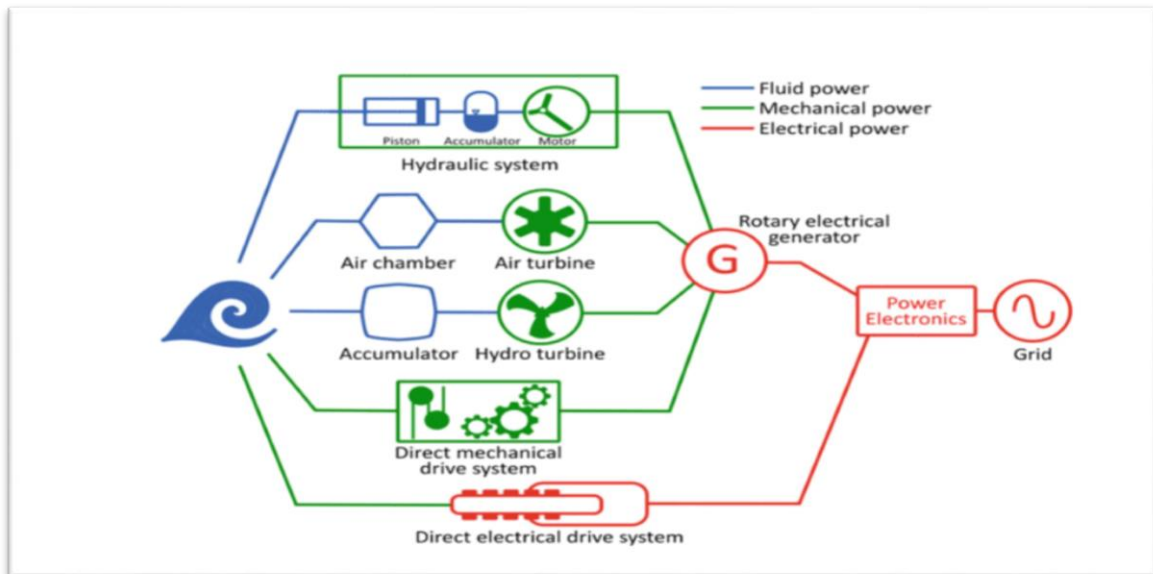
CLASS A Attenuator 	CLASS B Point Absorber 	CLASS C Oscillating Wave Surge Converter 
CLASS D Oscillating Water Column 	CLASS E Overtopping / Terminator 	CLASS F Submerged Pressure Differential 
CLASS G Bulge Wave 	CLASS H Rotating Mass 	CLASS I Others

Εικόνα 3.6 : Κατηγοριοποίηση WECs από EMEC

3.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - PTO SYSTEMS

Αυτήν την στιγμή υπάρχει ένας ικανοποιητικός αριθμός συστημάτων μέσω των οποίων πραγματοποιείται η μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική (Power Take Off Systems / PTO). Τα συστήματα περιλαμβάνουν στροβίλους, υδραυλικές διατάξεις, ηλεκτρικά γραμμικές γεννήτριες όπως και πλήρως μηχανολογικά συστήματα.

Στην περίπτωση της ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης (OWC) η μετατροπή αυτή γίνεται με την χρήση αεριοστροβίλων (πνευματικά συστήματα) εν αντιθέσει με τις ταλαντευόμενες συσκευές (oscillating bodies) και τις συσκευές υπερχείλισης (overtopping devices) οι οποίες χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο υδραυλικά συστήματα ή στροβίλους για την εν λόγω μετατροπή ενέργειας.



Εικόνα 3.7 : Διατάξεις PTO συστημάτων

Οι κυριότερες κατηγορίες είναι :

A. Μηχανές υδραυλικής συμπίεσης :

Η κίνηση της κυματικής συσκευής κινεί το υδραυλικό πιστόνι μίας αντλίας και έτσι ενέργεια συσσωρεύεται σε ένα υγρό. Ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από γεννήτρια ικανή να κινηθεί από το συμπιεσμένο υγρό. Επίσης υπάρχει και η εναλλακτική όπου χρησιμοποιείται κατευθείαν το συμπιεσμένο νερό της θάλασσας για την κίνηση υδροστρόβιλου.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Κατάλληλο για συγκεκριμένες μετατοπίσεις
- Αποθήκευση ενέργειας
- Προσαρμόζεται ανάλογα με τη χρήση: Υδροστρόβιλος για χρήση θαλάσσιου νερού, Συσσωρευτής και γεννήτρια, Ευκολία χρήσης σε επάκτιες εγκαταστάσεις.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Απαιτείται εξοπλισμός για τη συντήρησή του
- Απώλειες πίεσης
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

B. Μηχανικό :

Μηχανικά συστήματα μετατροπής κυματικής ενέργειας εμφανίζονται σε διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Αποτελούμενα από γραναζωτή σύνδεση μετατροπής της κατακόρυφης κίνησης σε περιστροφική (ατέρμων κοχλίας) και συστήματα μετατροπής της ταλαντευόμενης περιστροφικής κίνησης σε περιστροφή σταθερής φοράς (σύστημα συμπλέκτη). Η τελική παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος γίνεται με την κίνηση του άξονα της γεννήτριας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Υψηλή απόδοση μετατροπής
- Ευκολία στην μετάδοση κίνησης στη γεννήτρια
- Δυνατότητα να παρέχει φιλτραρισμένη ισχύ στην έξοδο (με χρήση σφονδύλου)

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- a. Αριθμός κινούμενων εξαρτημάτων

C. Γραμμική γεννήτρια :

Μία γραμμική γεννήτρια αποτελείται από μόνιμους μαγνήτες και ένα σταθερό άξονα με πηνία τοποθετημένα γύρω από αυτόν.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- a. Άμεση μετατροπή
- b. Απλή κατασκευή
- c. Αριθμός κινούμενων εξαρτημάτων

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- a. Η ισχύς στην έξοδο δεν φιλτράρεται
- b. Όχι δυνατότητα αποθήκευσης

D. Αεριοστρόβιλος :

Χρησιμοποιείται συνήθως σε τεχνολογίες ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης (OWC) όπου η φορά κίνησης του αέρα δεν επηρεάζει τη φορά περιστροφής της μηχανής.

E. Υδροστρόβιλοι :

Συνήθως χρησιμοποιούνται χαμηλής πίεσης μηχανές, συνήθως για συσκευές υπερχείλισης (overtopping device).

Σημαντική παράμετρος για την επιτυχία αυτών των συστημάτων είναι η απόλυτη προσαρμογή τους στις σχεδιαστικές ανάγκες των εκάστοτε WECs καθώς η ροή ενέργειας που παρέχεται από την ενέργεια κύματος είναι τυχαία και έντονα μεταβαλλόμενη ανά κύμα, ανά ημέρα και ανά εποχή. Σαν συνέπεια των ανωτέρω, οι αεριοστρόβιλοι μπορούν να φτάσουν απόδοση μόνο 50-60%, ενώ οι υδραυλικοί στρόβιλοι μπορούν να φτάσουν σε απόδοση έως 70-90%.

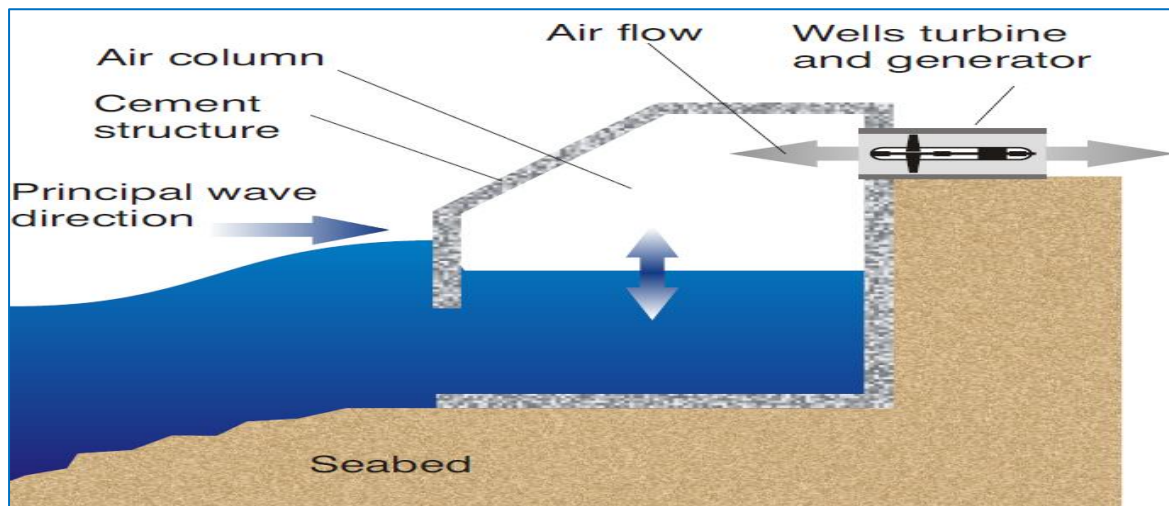
Όσο αναφορά την αναζήτηση νέων τεχνολογιών, υδραυλικοί κινητήρες υψηλής πίεσης πετρελαίου διερευνώνται καθώς περιλαμβάνουν συστήματα συσσώρευσης αερίων καθιστώντας τους ικανούς να αποθηκεύουν ενέργεια για ένα σημαντικό εύρος περιόδων κύματος εξομαλύνοντας μ αυτόν τον τρόπο τις αστάθειες που προκαλούνται από την μεταβλητή φύση της κυματικής ενέργειας. Στις νέες αυτές τεχνολογίες περιλαμβάνονται στρόβιλοι πολλαπλών σταδίων με ρυθμιζόμενα πτερύγια εισόδου για αύξηση της απόδοσης των συστημάτων. Με τους ήδη υπάρχοντες μηχανισμούς μετατροπής κυματικής ενέργειας τα πιο διαδεδομένα PTO συστήματα είναι τα υδραυλικά σε ποσοστό 42%, συστήματα άμεσης κίνησης (κυρίως γραμμικοί κινητήρες) σε ποσοστό 30%, υδραυλικοί στρόβιλοι σε ποσοστό 11% και πνευματικά συστήματα σε ποσοστό 11%.

3.3. ΕΠΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

3.3.a. ΤΑΛΑΝΤΕΥΟΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ - OWC

Ένας από τους κυρίαρχους μηχανισμούς στην κατηγορία των επάκτιων συσκευών είναι αυτός της ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης (OWC). Αποτελείται από έναν μερικώς βυθισμένο θάλαμο (κοίλη δομή), ο οποίος είναι ανοιχτός προς τον βυθό κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας επιτρέποντας την παρουσία νερού και παγιδευμένου αέρα στο εσωτερικό του. Η ανυψωτική κίνηση της επιφάνειας της θάλασσας (heave motion) συμπιέζει και αποσυμπιέζει περιοδικά τον αέρα που βρίσκεται εντός του θαλάμου δημιουργώντας μια παλινδρομική κίνηση η οποία αξιοποιείται από έναν στρόβιλο τύπου "Wells" που βρίσκεται εγκατεστημένος κάτω από την οροφή του θαλάμου.

Καθώς η στάθμη του νερού ανεβαίνει, αυξάνεται η πίεση μέσα στο θάλαμο και ο αέρας εξέρχεται από το θάλαμο οδηγώντας τον στρόβιλο της γεννήτριας. Αντιστρόφως, καθώς η στάθμη του νερού κατεβαίνει η ροή του αέρα αναστρέφεται και ο αέρας εισέρχεται στον θάλαμο. Ο στρόβιλος "Wells" πήρε το όνομά του από τον εφευρέτη του, καθηγητή Alan Wells και αποτελεί έναν ειδικό τύπο στροβίλου, ικανό να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση περιστροφής παρά την κατεύθυνση του αέρα όταν αυτός διέρχεται μέσα από τον στρόβιλο. Ο ηλεκτρισμός παράγεται από την περιστροφή του στροβίλου λόγω της συμπίεσης και αποσυμπίεσης του αέρα στον θάλαμο. Η τεχνολογία των συσκευών ταλαντευόμενης στήλης νερού μπορεί να εφαρμοσθεί σε κατασκευές κατά μήκος της ακτογραμμής, αλλά και σε τεχνητούς κυματοθραύστες ή σε πλωτές κατασκευές αγκυροβολημένες σε υπεράκτιες κατασκευές.



Εικόνα 3.8 : Απεικόνιση διάταξης OWC

Μέχρι στιγμής αρκετές εγκαταστάσεις τέτοιου είδους μηχανισμών έχουν πραγματοποιηθεί με τα αποτελέσματα να είναι αρκετά ενθαρρυντικά όσο αναφορά την συνολική απόδοση των διατάξεων. Οι σημαντικότεροι έως τώρα μηχανισμοί είναι τα Limpet , Mutriku και Pico.

Limpet :

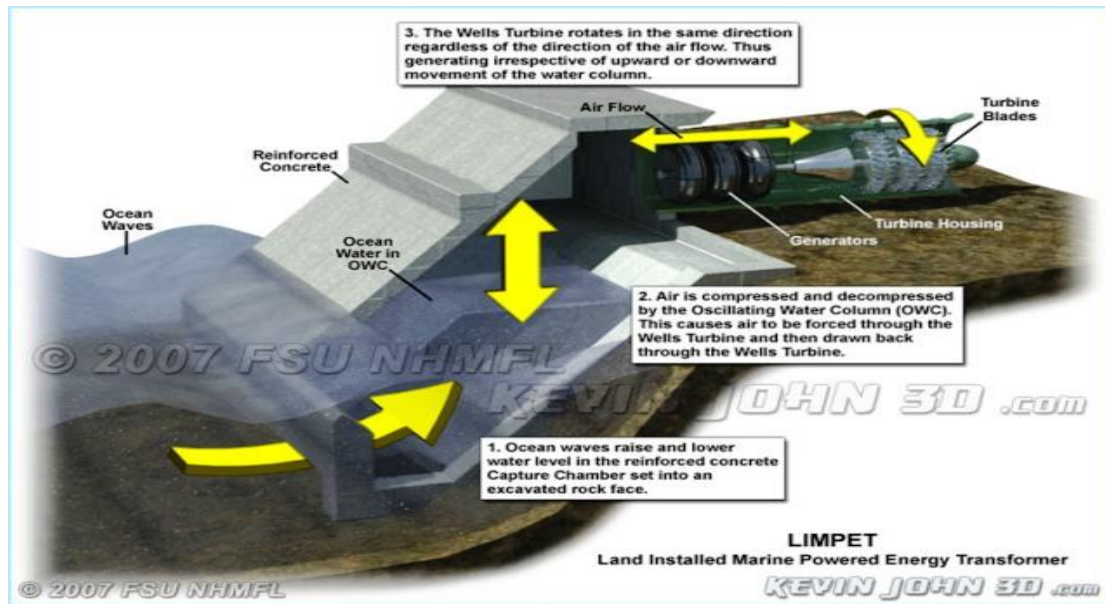
Η 2^η συσκευή μετατροπής κυματικής ενέργειας πλήρους απόδοσης που εγκαταστάθηκε στις ακτογραμμές της Μ. Βρετανίας το 1988 και πιο συγκεκριμένα στο νησί Islay της Σκωτίας ήταν το Limpet. Η συγκεκριμένη συσκευή περιλαμβάνει μια κεκλιμένη ορθογώνια υδάτινη στήλη η οποία οδηγεί την παραγόμενη ροή αέρα μέσω δύο στροβίλων Wells αντιστρόφως περιστρεφόμενων και κατασκευασμένων από ανοξείδωτο χάλυβα με διάμετρο περρωτής 2,6m, ο καθένας συζευγμένος με μια επαγωγική γεννήτρια ισχύος 250kW που δίνει στη συσκευή μέγιστη ισχύ 500kW παραγωγή. Η ταχύτητα περιστροφής του συστήματος κυμαίνεται από 700-1500 rpm και προκειμένου να συνδεθεί με το ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο απαιτεί σταθερή ταχύτητα και συχνότητα, η έξοδος του ρεύματος της γεννήτριας εξομαλύνεται και αντιστρέφεται (VFD, Variable Frequency Drive).



Εικόνα 3.9 : Η διάταξη Limpet στο Islay της Σκωτίας

Η έρευνα και κατασκευή της διάταξης έγινε από το Queen's University Belfast σε συνεργασία με τις εταιρίες Wavegen Ireland Ltd, Charles Brand Ltd, Kirk McClure Morton και την I.S.T. Portugal και απώτερο στόχο είχαν :

- Την κατασκευή ενός επάκτιου OWC με εγκατεστημένη ισχύ 500kW
- Την σύνδεση της διάταξης με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο και την λειτουργία της σαν ένας πρότυπος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Την σύνδεση της διάταξης με κατάλληλους αισθητήρες για την συνεχή παρακολούθηση περιβαλλοντικών φορτίων αλλά και την ποιότητα-ποσότητα της παραδοτέας ενέργειας
- Τον πειραματισμό με διαφορετικά συστήματα ελέγχου για την βελτιστοποίηση της απόδοσης στις διαφορετικές θαλάσσιες καταστάσεις



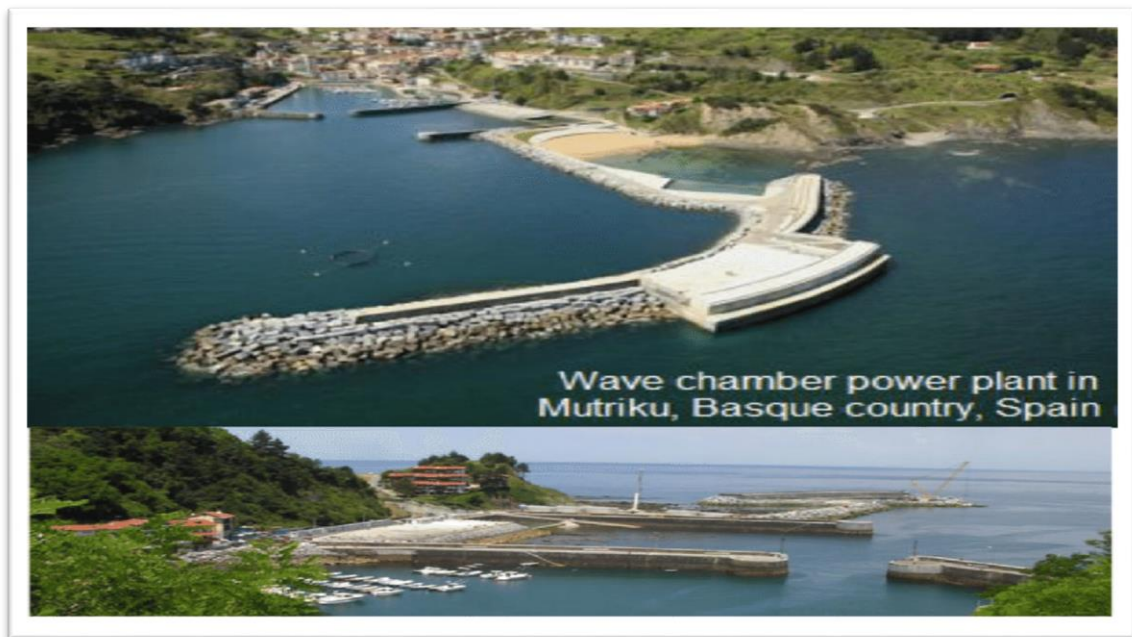
Εικόνα 3.10 : Αναπαράσταση λειτουργίας Limpet

Η συσκευή χρησιμοποιεί τρεις στήλες ύδατος που ταλαντώνονται μέσα σε θαλάμους από τσιμέντο με εσωτερικές διαστάσεις 6 μέτρα επί 6 μέτρα και σε κλίση 45° ως προς την οριζόντιο εγκλωβίζοντας συνολική επιφάνεια νερού 169m^2 . Οι επάνω επιφάνειες των θαλάμων συνδέονται μεταξύ τους και η μετατροπή ισχύος γίνεται μέσω ενός κοινού άξονα ενός στροβίλου που συνδέεται με μία γεννήτρια. Οι θάλαμοι έχουν εξωτερικό πλάτος 21 μέτρα και είναι τοποθετημένοι 17 μέτρα από τη φυσική ακτογραμμή σε ένα κατασκευασμένο βαθούλωμα μέσου βάθους 6 μέτρων. Το βάθος του νερού στην είσοδο του σπηλαίου είναι 7m και η επιφάνειά του 170m^3 . Η απόδοση της διάταξης είναι βέλτιστη όταν η ένταση των κυμάτων είναι μεταξύ 15-25kW. Η διάταξη τέθηκε πρώτη φορά σε λειτουργία τον Νοέμβριο του 2000.

Mutriku :

Το 2004 αποφασίστηκε η κατασκευή ενός κυματοθραύστη μήκους 400 μέτρων για τη προστασία των πλοίων από τα κύματα στο λιμάνι της περιοχής Mutriku της Ισπανίας. Ο διαγωνισμός για την κατασκευή του συνέπεσε με την άνθηση του ενδιαφέροντος για την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας και έτσι κατατέθηκε πρόταση για την κατασκευή μιας συνδυαστικής εγκατάστασης. Παρότι θεωρήθηκε ιδανική τοποθεσία για τον μετατροπέα κυματικής ενέργειας ταλαντευόμενης στάθμης νερού, η αδειοδότηση έγινε μόνο υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα μειωθεί η απόδοση του κυματοθραύστη.

Είχε αποφασισθεί ότι 100 μέτρα του κυματοθραύστη, μακριά από τα κύρια κανάλια ναυσιπλοΐας θα μπορούσαν να τροποποιηθούν για την εγκατάσταση του μετατροπέα κυματικής ενέργειας. Σε αντίθεση με τον υπόλοιπο κυματοθραύστη που είναι κεκλιμένος, το τμήμα αυτό των 100 μέτρων θα παρουσίαζε ένα κάθετο ελαφρά καμπυλωτό μέτωπο.



Εικόνα 3.11 : Τοποθεσία εγκατάστασης OWC-Mutriku

Το σχέδιο αποτελείται από 16 θαλάμους ταλαντευόμενης στήλης ύδατος με υποθαλάσσια ανοίγματα για την είσοδο των κυμάτων. Οι θάλαμοι σκεπάζονται από 16 κάθετα τοποθετημένους στροβίλους Wells συνδεδεμένους με γεννήτριες ονομαστικής ισχύος 18,5 kW η κάθε μία. Η συνολική ισχύς του μετατροπέα φθάνει τα 296 kW.

Η απόδοση κάθε WEC εξαρτάται κυρίως από τα κύματα. Στην περιοχή Mutriku η παράκτια ενεργειακή πυκνότητα μετρήθηκε στα 18 kW/m κατά την χειμερινή περίοδο και στα 5 kW/m την θερινή περίοδο. Μελέτες που έγιναν τόσο σε δοκιμαστικές δεξαμενές όσο και στο Limpet έδειξαν ότι ήταν εφικτή η παραγωγή 600 MWh τον χρόνο. Η τελική κατασκευή αποτελείται από 16 στροβίλους Wells συνδεδεμένους με αερόψυκτες γεννήτριες με προσαρτημένους εξασθενητές ήχου. Οι μεταβλητής συχνότητας επαγωγικές γεννήτριες που εγκαταστάθηκαν έχουν ονομαστική ισχύ 400 V η κάθε μια και συνδέονται σε δύο ομάδες των 8.

Pico :

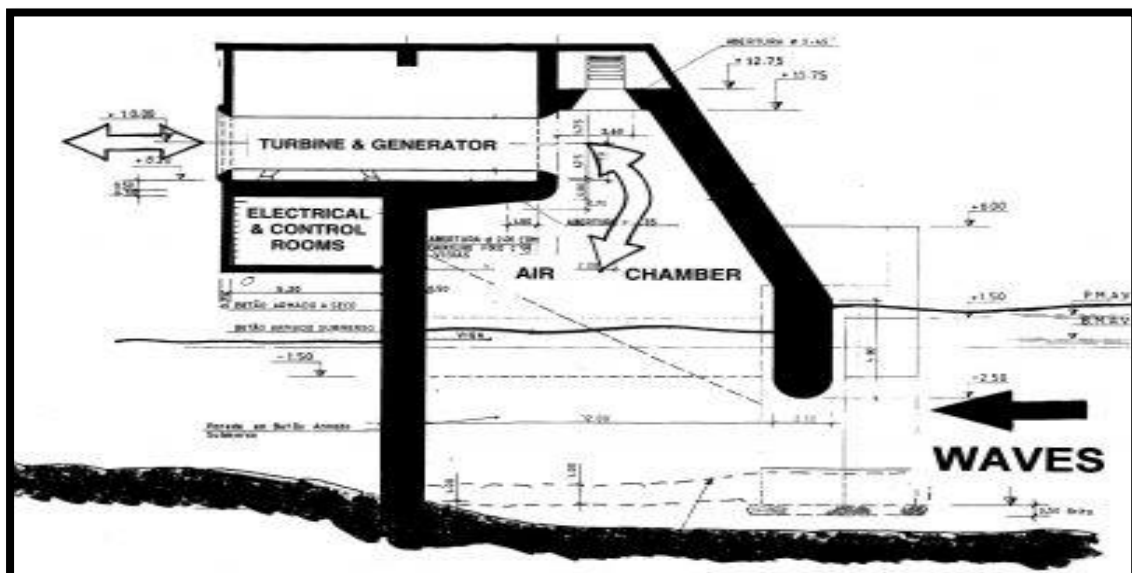
Η έρευνα της κυματικής ενέργειας στην Πορτογαλία ξεκίνησε το 1978 σε Εθνικά Ιδρύματα σε συνεργασία με το Υπουργείο Βιομηχανίας και Ενέργειας. Το 1991, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (πρόγραμμα Joule) άρχισε έρευνες για να υποδείξει κατάλληλο μέρος για τεχνολογία ακτογραμμής στις Ευρωπαϊκές ακτές. Ένα από τα μέρη που επιλέχτηκαν ήταν στο Porto Cachorro στο νησί Pico στις Αζόρες. Το 1993 και το 1995, υπογράφηκαν τα συμβόλαια με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τις μελέτες, τον σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου. Το δυναμικό των 13,4kW/m και η εύκολη πρόσβαση από ξηράς ήταν καταλυτικοί παράγοντες για να επιδεχθεί το σημείο.



Εικόνα 3.12 : Πίσω όψη διάταξης OWC Pico

Η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με αυτήν του Limpet και Mutriku. Πρόκειται για τεχνολογία ακτογραμμής ταλαντευόμενης στήλης ύδατος 400KW. Ο θάλαμος έχει διαστάσεις 12m x 12m και χτίσθηκε σε βραχώδες έδαφος υδατικού βάθους 8m. Η βέλτιστη τιμή του συντελεστή απόσβεσης υπολογίστηκε στα 120Pa στον μέγιστο αριθμό στροφών (1500rpm). Η τιμή των 525KW παραγωγής στον άξονα της τουρμπίνας είναι αποδεκτή τιμή βάση της παραχθείσας ενέργειας (124KW ετήσιο μέσο ορό) του μεγέθους τουρμπίνας - γεννήτριας και κόστους.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στο τοπικό δίκτυο του EDA (regional utility) στο σημείο σύνδεσης του δικτύου Cachorro. Ένας σημαντικός παράγοντας για το σχεδιασμό αυτού του είδους των διατάξεων είναι οι διαστάσεις του θαλάμου εγκλωβισμού του αέρα προκειμένου να υπάρχει συντονισμός με την εκάστοτε θαλάσσια κατάσταση.



Εικόνα 3.13 : Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας Pico

Δύο διαφορετικές βαλβίδες τοποθετηθήκαν για να σταματούν τη ροή του αέρα στον στρόβιλο. Μια βαλβίδα ταχείας δράσης κοντά στον στρόβιλο που ελέγχεται από PLC της εγκατάστασης και ελέγχει το ξεκίνημα και την παύση της τουρμπίνας ή σε έκτακτες καταστάσεις. Επίσης, μια δεύτερη βαλβίδα βρίσκεται στο τέλος του αγωγού, εκεί που συνδέεται η τουρμπίνα με τον θάλαμο, που απομονώνει το σύστημα αγωγών - τουρμπίνας σε περίπτωση που η εγκατάσταση πρέπει να κλείσει για μεγάλο περίοδο (επισκευή - συντήρηση) ή σε θυελλώδεις καταστάσεις.

Weca :

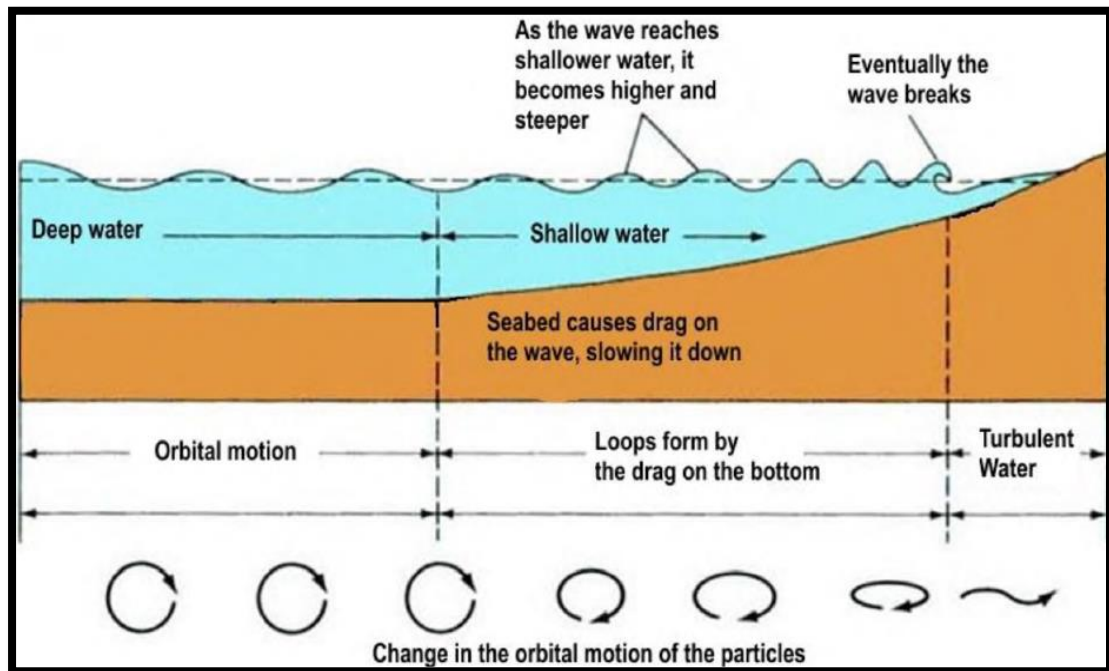
Η συσκευή αποτελείται από μια χαλύβδινη δομή η οποία μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε άκαμπτη δομή (δομές με βάση την ξηρά ή εκτός της ξηράς όπως πετρελαιοπηγές). Απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας των κυμάτων, μετατρέποντάς την σε πεπιεσμένο αέρα, προστατεύοντας έτσι τη δομή που είναι τοποθετημένη επάνω.



Εικόνα 3.14 : Διάταξη WECA

Η βασική αρχή λειτουργίας του μετατροπέα της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, βασίζεται στην συμπίεση του εγκλωβισμένου αέρα που προκαλεί το θαλάσσιο κύμα όταν προσκρούει πάνω στο κοίλωμα της συσκευής. Συγκεκριμένα, ένα είδος ανεστραμμένης κωνοειδούς κοάνης λειτουργεί ως αεροθάλαμος συμπίεσης που χρησιμοποιεί την ορμή του ερχόμενου κύματος (CMW - Critical Momentum Wedge principle). Οι τροχιές των σωματιδίων του νερού κατά τον κυματισμό στα ρηχά νερά επιμηκύνονται και αποκλίνουν από την κυκλική μορφή που έχουν στην ανοιχτή θάλασσα. Στη ρηχή θάλασσα, σε βάθος μικρότερο από $L/2$, η κυκλική κίνηση κοντά στην επιφάνεια του νερού μετατρέπεται με την αύξηση του βάθους σε ελλειπτική τροχιά της οποίας η εκκεντρότητα αυξάνεται με την αύξηση του βάθους. Ο κύριος άξονας της έλλειψης διατηρείται παράλληλος με τον πυθμένα ενώ η εκκεντρότητα

γίνεται ίση με την μονάδα και η κίνηση γραμμική και ταλαντευόμενη στον πυθμένα. Η ορμή των σωματιδίων του νερού που κινούνται κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται καθώς αυξάνεται το βάθος.



Εικόνα 3.15 : Κίνηση σωματιδίων νερού

Κατά τη διάρκεια της διάρρηξης των ελλειπτικών τροχιών και την μετάβαση από την ελλειπτική στην γραμμική τροχιά λαμβάνει χώρα μια μεταφορά ορμής και μια κατακόρυφη αύξηση της κινητικής ενέργειας, που προσομοιάζεται με την κίνηση ενός γραμμικού υδραυλικού εμβόλου. Αυτή η μεταβολή της ορμής αξιοποιείται ενεργειακά ύστερα από κατάλληλη διαμόρφωση της επιφάνειας πρόσκρουσης των κυμάτων.

Το αρχικό μοντέλο πλήρους κλίμακας (7m ύψος - 6m πλάτος) κατασκευάστηκε από χάλυβα ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σε κυματοθραύστες ή άλλες σταθερές επιπλέουσες κατασκευές.

Το WECA (Wave Energy Conversion Activator) πρόκειται για μια ελληνική καινοτομία τεχνολογίας ακτογραμμής που κατασκεύασε η εταιρία DAEDALUS Informatics Ltd. Έχουν μελετηθεί διάφορες εναλλακτικές κατασκευαστικές και μηχανολογικές λύσεις με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού πριν την τελική κατασκευή του πρωτότυπου. Η έξοδος ισχύος του συγκεκριμένου πρωτότυπου αναμένεται να είναι περίπου 20kW.

3.3.b. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ - OVERTOPPING DEVICES

Μία άλλη κατασκευή μετατροπής κυματικής ενέργειας που επιτρέπει την ανατροπή των κυμάτων και την εισαγωγή τους σε μία δεξαμενή αποθήκευσης σε επίπεδο υψηλότερο από το μέσο θαλάσσιο επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας.

Η συσκευή αποτελείται από ένα τοίχωμα πάνω στο οποίο σπάνε τα κύματα και το νερό συλλέγεται σε μία δεξαμενή αποθήκευσης. Τα προσκρούοντα κύματα δημιουργούν ένα ύψος πτώσης το οποίο απελευθερώνεται πίσω στη θάλασσα μέσω συμβατικών στροβίλων χαμηλής πίεσης που είναι εγκατεστημένοι στον πυθμένα της δεξαμενής.

Οι συσκευές υπερχειλίσσης δεν ακολουθούν γραμμική κυματική θεωρία, σε αντίθεση με τις άλλες κατηγορίες συσκευών. Οι συσκευές υπερχειλίσσης είναι συνήθως μεγάλες κατασκευές λόγω του απαιτούμενου χώρου για τη δεξαμενή η οποία χρειάζεται να εξασφαλίσει μία ελάχιστη χωρητικότητα αποθήκευσης. Οι συσκευές υπερχειλίσσης έχουν σχεδιαστεί και δοκιμαστεί τόσο για χερσαίες όσο και για υπεράκτιες εφαρμογές. Έτσι, κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες:

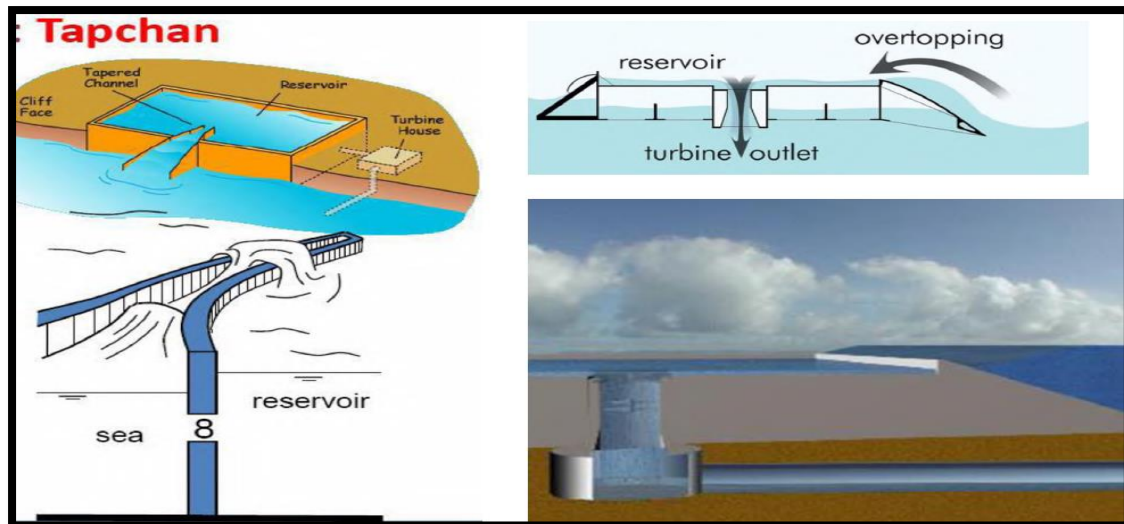
- Κατασκευές ακτογραμμής
- Πλωτές κατασκευές

Κατασκευές ακτογραμμής :

TapChan :

Ένα σημαντικό σύστημα είναι το λεγόμενο TAPCHAN (Tapered channel systems), πρόκειται δηλαδή για σύστημα με χρήση βαθμιαίων καναλιών σε δεξαμενή. Καθώς το νερό εισέρχεται στην δεξαμενή τα κανάλια συμβάλουν στην αύξηση του ύψους των κυμάτων και στην συνέχεια κινούν έναν άξονα τοποθετημένο παράλληλα σε αυτά. Η κίνηση του άξονα μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική και στην συνέχεια την διοχετεύει σε ηλεκτρικό δίκτυο ή αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Η ιδέα του συστήματος αυτού υιοθετεί αρχές παραδοσιακού υδροηλεκτρικού συστήματος, συλλέγει νερό, αποθηκεύει νερό και μετατρέπει αυτό μέσω της κίνησης σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παρόλο που τα συστήματα αυτά έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης, μεγάλη αξιοπιστία και επιπρόσθετα ότι η δεξαμενή έχει την δυνατότητα να παράγει ενέργεια όταν απαιτηθεί κάτι που δύσκολα επιτυγχάνεται με άλλα συστήματα. Δυστυχώς τα συστήματα τύπου TAPCHAN δεν είναι κατάλληλα για εφαρμογή σε όλες τις παράλιες περιοχές. Ιδανικές περιοχές είναι εκείνες με σταθερό ρυθμό κυμάτων, με καλό μέσο ποσό κυματικής ενέργειας και με ύψος κυμάτων μικρότερο του 1 μέτρου, καθώς και παράλιες περιοχές με βαθιά νερά και έκταση για την εγκατάσταση δεξαμενής.



Εικόνα 3.16 : Λειτουργία διάταξης Tapchan

Μελέτες έχουν επίσης διεξαχθεί αναφορικά με την διαφοροποίηση της συγκεκριμένης επάκτιας διάταξης και συγκεκριμένα την αξιοποίηση του νερού που υπερχειλίζει όχι για παραγωγή ενέργειας αλλά για την ανακυκλοφορία του νερού στα λιμάνια (πραγματοποιήθηκε πειραματικά σε έργο με τίτλο «Kingston harbor rump»). Αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι χρήσιμη σε περιοχές όπου η παλίρροια εμφανίζεται περιορισμένη και κατ'επέκταση λαμβάνουν χώρα ανεπαρκείς εκκενώσεις των λιμένων. Καθώς αυτές οι επάκτιες συσκευές υπερχειλίσσης λειτουργούν ιδανικά για μικρές παλιρροιακές αναταραχές, η εφαρμογή αυτή μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη.

Seawave Slot-cone Generator (SSG) :

Το συγκεκριμένο έργο αναπτύχθηκε από την WAVEenergy (Stavanger, Νορβηγία). Η διάταξη SSG αποτελείται από έναν αριθμό δεξαμενών τοποθετημένες η μια πάνω από την άλλη, στις οποίες η ενέργεια των εισερχόμενων κυμάτων αποθηκεύεται και φυλάσσεται για περαιτέρω αξιοποίηση.

Το νερό που συλλαμβάνεται και αποθηκεύεται στις δεξαμενές διασχίζει στη συνέχεια τον πολλαπλών σταδίων στρόβιλο προβλεπόμενης ισχύος 20.000 kW για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση πολλαπλών δεξαμενών έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη συνολικά απόδοση συστήματος σε σύγκριση με μια διάταξη που αποτελείται από μια δεξαμενή. Η τεχνολογία SSG είναι ιδιαίτερα αποδοτική για εγκατάσταση σε ακτογραμμές και στα σημεία κυματόθραυσης. Ως εκ τούτου παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Ομοιόμορφη κατανομή των εξόδων κατασκευής
- Δυνατότητα ηλεκτρικής διασύνδεσης με τις υποδομές των τοπικών δικτύων
- Δύναται η ανακυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό των λιμανιών καθώς η έξοδος των στρόβιλων βρίσκεται στο πίσω μέρος του συστήματος
- Εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση
- Δεν απαιτούνται αγκυροβόλια βαθέν υδάτων ή μεγάλα μήκη υποβρύχιων ηλεκτρικών καλωδίων



Εικόνα 3.17 : Διάταξη SSG

Πρακτικά, μια διάταξη SSG εγκατεστημένη επάκτια ή παράκτια θα εμφανίζει μια ελαφρώς μικρότερη κυματική ισχύ σε σχέση με τα υπεράκτια συστήματα, αλλά αυτό θα μπορούσε να αντισταθμιστεί εν μέρει από τη φυσική συγκέντρωση ενέργειας λόγω διαθλάσεως κύματος και / ή περίθλασης.

Το συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ερευνάται εδώ και χρόνια από το τμήμα πολιτικών μηχανικών του πανεπιστημίου Aalborg (Δανία). Η έρευνα έχει επικεντρωθεί έως τώρα κυρίως στη μεγιστοποίηση της συλλογής κυματικής ισχύος ("hydraulic response") και στην φύση και το μέγεθος των κυματικών φορτίων ("structural response").

Τον Δεκέμβριο του 2005 μια κοινοπραξία ανάπτυξης με συντονιστή την εταιρεία WaveEnergy AS, ξεκίνησε ένα πειραματικό έργο στο νησί Kvitsoy στη Νορβηγία. Ο στόχος του πειραματικού αυτού έργου ήταν η ανάπτυξη ενός πρωτότυπου πλήρους κλίμακας της κυματοθραυστικής κατασκευής SSG και η εγκατάστασή του στη δυτική ακτή του νησιού σε κυματικό δυναμικό της τάξεως των 19 kW/m. Επίσης άλλο ένα παράλληλο έργο, το MST, αφορούσε έναν πολυτμηματικό στρόβιλο που θα χρησιμοποιούσε διαφορετικά ύψη κυματικών μετώπων σε έναν κοινό άξονα. Στόχος της εταιρείας ήταν η ανάπτυξη, δοκιμή και εγκατάσταση ενός πρωτότυπου πλήρους κλίμακας. Η έναρξη των εργασιών έγινε τον Ιανουάριο του 2005 σε συνεργασία με το NTNU (Norwegian University of Science and Technology).

Πλωτές κατασκευές :

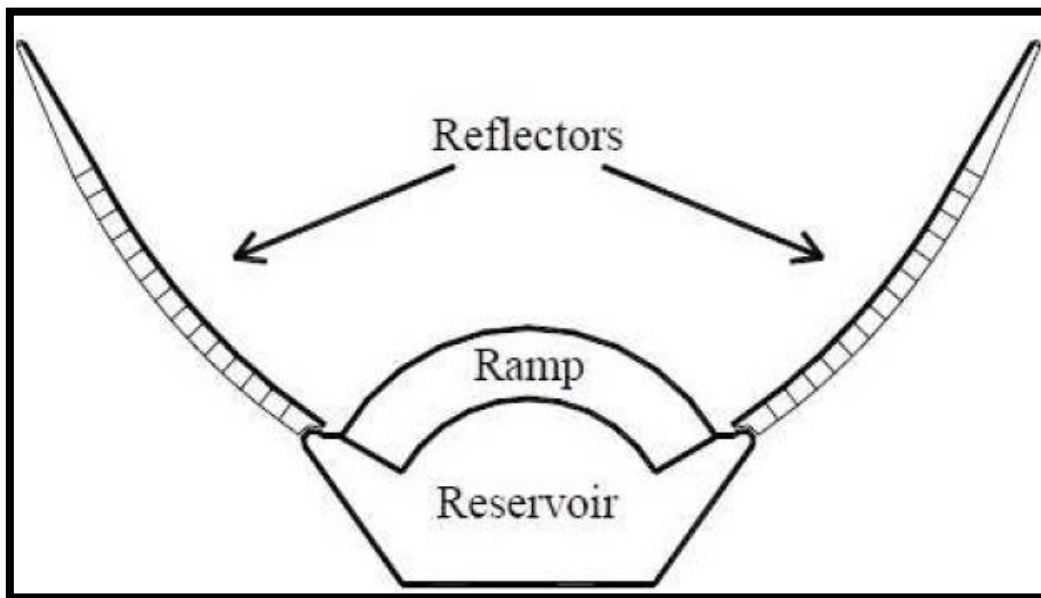
Wave Dragon (WD) :

Το Wave Dragon (WD) είναι ένας μετατροπέας κυματικής ενέργειας που λειτουργεί κατά την μέθοδο της υπερχειλίσης (overtopping), εγκαθίσταται υπεράκτια ενώ κάθε εγκατεστημένη μονάδα έχει ονομαστική ισχύ 4-10 MW ανάλογα με το πόσο ενεργητικό είναι το κυματικό κλίμα στην τοποθεσία εγκατάστασης. Στα πλαίσια της γενικότερης αναπτυξιακής δραστηριότητας στον κλάδο και με απώτερο σκοπό την δημιουργία ενός «πάρκου» με τέτοιου είδους μετατροπείς ένα πρωτότυπο και πλήρως διασυνδεδεμένο WD

δοκιμάστηκε το 2006 στην περιοχή Nissum Brending της Δανίας(σε κλίμακα 1:4.5 ενός αντίστοιχου πάρκου στην Βόρεια θάλασσα).

Το WD αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία:

1. Δύο πατενταρισμένοι ανακλαστήρες κύματος που κατευθύνουν τα κύματα προς τη ράμπα, η οποία είναι συνδεδεμένη με την κύρια δομή. Οι ανακλαστήρες κύματος έχουν την ικανότητα να αυξάνουν ουσιαστικά το σημαντικό ύψος κύματος και να επιτυγχάνουν με αυτόν τον τρόπο αύξηση στην δέσμευση της ενέργειας έως και 70% κάτω από τυπικές κυματικές συνθήκες
2. Η κύρια δομή αποτελείται από μια πατενταρισμένη διπλής όψεως ελλειπτική και κυκλική ράμπα και μια αποθηκευτική δεξαμενή νερού
3. Ένα σύνολο υδροστρόβιλων για την μετατροπή της υδραυλικής κεφαλής στην δεξαμενή σε ηλεκτρική ενέργεια



Εικόνα 3.18 : Διάταξη Wave Dragon(Πηγή :

Αφού τα κύματα έχουν συσσωρευτεί από τους ανακλαστήρες υπερβαίνουν την ράμπα και γεμίζουν τη δεξαμενή, η οποία είναι τοποθετημένη σε υψηλότερο επίπεδο από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτή η υδραυλική κεφαλή χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των υδροστρόβιλων.

Η τεχνολογία του είναι μοναδική από την άποψη ότι δεν υπάρχει ανώτατο όριο ύψους ή μήκους κύματος για την λειτουργία του. Σε αντίθεση με άλλα υπεράκτια WEC το Wave Dragon είναι σχεδιασμένο να παραμένει στατικό. Δεν μετατρέπει την κυματική ενέργεια με κάποιου είδους κίνηση του, απλά εκμεταλλεύεται την δυναμική ενέργεια του νερού της δεξαμενής. Αυτή η τεχνική επιτρέπει να μην υπάρχουν άλλα κινούμενα μέρη εκτός των στρόβιλων κάτι που συμβάλει στην βιωσιμότητα της συσκευής.

Το Wave Dragon αντιπροσωπεύει ένα αρκετά περίπλοκο σχέδιο. Εντατικές προσπάθειες από πανεπιστήμια και την βιομηχανία γενικότερα έχουν

δαπανηθεί πάνω στον σχεδιασμό, την μοντελοποίηση και τις πιλοτικές δοκιμές με απώτερο σκοπό :

- Την βελτίωση της υπερχειλίσης
- Την βελτίωση της υδραυλικής απόκρισης (hydraulic response) μελετώντας φαινόμενα anti-pitching, anti-rolling και πλευστότητας
- Την μείωση (της επίδρασης) των δυνάμεων στους κυματοθραύστες, στα συστήματα πρόσδεσης
- Την ανάπτυξη αποδοτικών στροβίλων για εξαιρετικά χαμηλή και μεταβαλλόμενη κεφαλή
- Την μείωση των εξόδων κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας

Η δομή του WD είναι αγκυροβολημένη (αντίστοιχης λογικής με τα πλοία) σε βάθη μεγαλύτερα των 25m και ιδανικά +40m ούτως ώστε να εκμεταλλευτούν την ορμή των κυμάτων πριν αρχίσουν να εξασθενούν σταδιακά καθώς πλησιάζουν τις ακτές. Αυτή είναι μια βασική διαφορά σε σχέση με WECs που τοποθετούνται επάκτια ή και στον βυθό περιοχών με χαμηλά βάθη υδάτων.

Ο σχεδιασμός του WD αφορούσε συνδυαστική κατασκευή μεταξύ οπλισμένου σκυροδέματος και χάλυβα. Μια μονάδα πλήρους μεγέθους για ένα κυματικό δυναμικό 24 kW / m έχει βάρος 22.000 tns συμπεριλαμβανομένου του έρματος και πλάτος 260 m μεταξύ των άκρων των ανακλαστήρων κύματος. Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι 5.000 m³. Βασικός παράγοντας που καθορίζει τις διαστάσεις του WD είναι το τοπικό κυματικό δυναμικό.

Οι υδροστρόβιλοι μέσω των οποίων επιστρέφει το νερό της δεξαμενής στην θάλασσα, μετατρέπουν την υδραυλική πίεση σε περιστροφική κίνηση. Μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα ώστε να υπάρχει ομαλή παραγωγή ηλεκτρισμού ανάλογα με τις συνθήκες κυματισμού. Για αυτό και είναι προτιμότερο να μην γίνεται εγκατάσταση ένας μεγάλου στροβίλου αλλά περισσότεροι και μικρότεροι. Οι στρόβιλοι του Wave Dragon πρέπει να λειτουργούν σε μεγάλα εύρη υδραυλικής πίεσης καθώς αυξομειώνεται η στάθμη του νερού στην δεξαμενή. Ο τύπος στροβίλου που επιλέχθηκε για το WEC είναι ένας κάθετου άξονα στρόβιλος Kaplan που χρησιμοποιείται σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια για περισσότερα από 80 χρόνια. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε ακαθαρσίες όπως π.χ. δίκτυα και πλαστικά, που επηρεάζουν την κίνηση τους και μειώνουν την απόδοση του μετατροπέα.

Ο πιο αποδοτικός τρόπος ώστε να μετατραπεί αυτή η περιστροφική κίνηση σε ηλεκτρισμό είναι με την χρήση γεννητριών μόνιμου μαγνήτη που είναι συνδεδεμένες σε κάθε στρόβιλο. Η απόδοση της συσκευής εξαρτάται από το ύψος των κυμάτων, δηλαδή από το αν τα κύματα θα μπορέσουν να ξεπεράσουν το ύψος της δεξαμενής. Εγκατεστημένο βρίσκεται ένα σύστημα ελέγχου το οποίο χρησιμοποιεί πεπιεσμένο αέρα ώστε να πλέει στο κατάλληλο επίπεδο, ανάλογα με τον περιβάλλοντα κυματισμό. Σε ήπιο κυματισμό το WEC πλέει χαμηλά ώστε να υπερπηδάται από μικρού ύψους κύματα, ενώ σε περιπτώσεις έντονου κυματισμού ανυψώνεται ώστε να εκμεταλλευτεί τα υψηλά κύματα που φέρουν μεγαλύτερη ενέργεια.

Wave Dragon key figures	Nissum Breeding 0.4 kW/m	24 kW/m	36 kW/m	48 kW/m
Weight, a combination of reinforced concrete, ballast, and steel	237 t	22,000 t	33,000 t	54,000 t
Total width and length	58 × 33 m	260 × 150 m	300 × 170 m	390 × 220 m
Wave reflector length	28 m	126 m	145 m	190 m
Height	3.6 m	16 m	17.5 m	19 m
Reservoir	55 m ³	5,000 m ³	8,000 m ³	14,000 m ³
Number of low-head Kaplan turbines	7	16	16–20	16–24
Generator's capacity for each turbine ^a	2.3 kW	250 kW	350–440 kW	460–700 kW
Rated power for a unit	20 kW	4 MW	7 MW	11 MW
Annual power production/unit	–	12 GWh/y	20 GWh/y	35 GWh/y
Water depth	6 m	>20 m	>25 m	>30 m

Εικόνα 3.19 : Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης Wave Dragon

3.3.c. ΤΑΛΑΝΤΕΥΟΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΑ - OSCILLATING BODIES

Eco Wave Power :

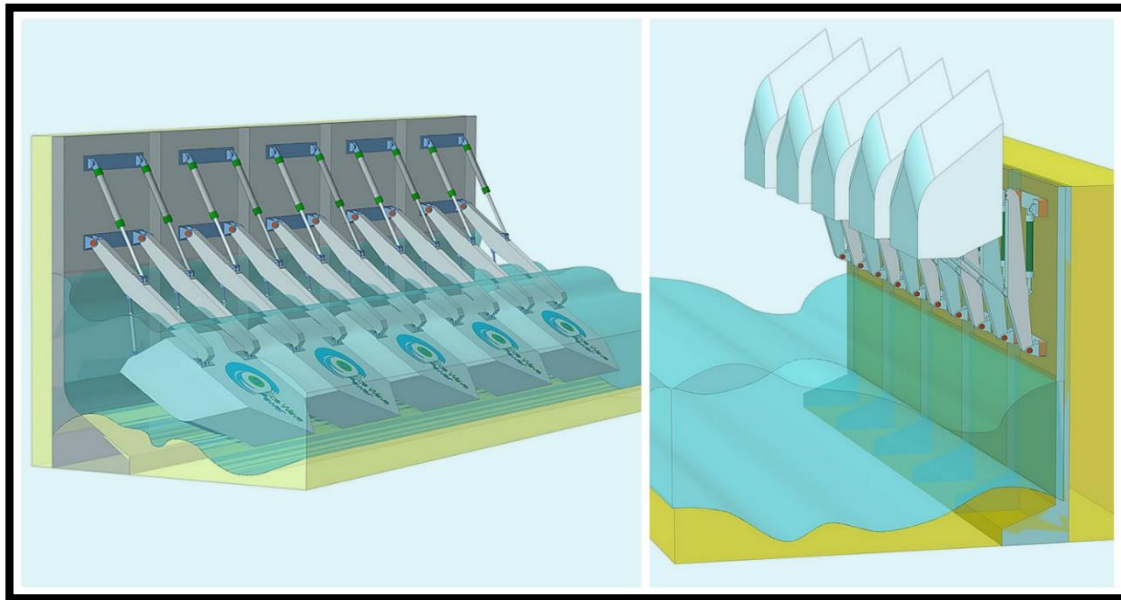
Η συγκεκριμένη συσκευή αναπτύχθηκε από την ομώνυμη εταιρεία με έδρα το Ισραήλ. Η λειτουργία της συσκευής βασίζεται στην άντληση ενέργειας από τα κύματα μέσω ειδικά διαμορφωμένων πλωτήρων, οι οποίοι ακολουθούν μια παλινδρομική κίνηση ανάλογη με αυτήν των κυμάτων, από την επίδραση ανυψωτικών δυνάμεων, από την αλλαγή της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας και από την προσπίπτουσα ροή των κυμάτων. Υπάρχει η δυνατότητα και οριζόντιας κίνησης δημιουργώντας μια καθετότητα μεταξύ του πλωτήρα και του προσπίπτοντος κύματος. Οι πλωτήρες συνδέονται με βραχίονες και εγκαθίστανται σε οποιοσδήποτε σταθερού τύπου κατασκευές όπως οι κυματοθραύστες, προβλήτες, πλωτές και σταθερές πλατφόρμες. Η κίνηση των πλωτήρων μεταδίδεται σε σταθμό ηλεκτροπαραγωγής (που βρίσκεται στην ξηρά, ακριβώς όπως ένας κανονικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας), ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια από την κίνηση αυτή σε υδραυλική πίεση, η οποία χρησιμοποιείται για την περιστροφή μιας γεννήτριας που παράγει ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 3.20 : Εγκατάσταση του μηχανισμού σε προβλήτα στο Γιβραλτάρ

Ένα από τα σαφή πλεονεκτήματα της διάταξης είναι ότι μόνο οι πλωτήρες και τα έμβολα βρίσκονται στο νερό, ενώ όλος ο τεχνικός εξοπλισμός λειτουργεί στη επάκτια, βελτιώνοντας έτσι την αξιοπιστία και παρέχοντας εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και επισκευή. Οι πλωτήρες είναι πλήρως εξοπλισμένοι με αισθητήρες που παρακολουθούν συνεχώς την απόδοση των διαφόρων υποσυστημάτων όπως και του παρακείμενου θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα μεταδίδονται στην ακτή σε πραγματικό χρόνο.

Σε περίπτωση επερχόμενων καταιγίδων, το σύστημα αναγνωρίζει αυτόματα τον τύπο των κυμάτων και «αποφασίζει ανεξάρτητα» αν πρέπει να σηκώσει τους πλωτήρες πάνω από την στάθμη του νερού ή να δημιουργήσει ένα είδος υποβρύχιας σημαδούρας στον ωκεανό για να προστατεύσει το σύστημα από μηχανικές βλάβες.



Εικόνα 3.21 : Προσομοίωση λειτουργίας συστήματος πλωτήρων

Όταν τα ύψη των κυμάτων επανέλθουν στο φυσιολογικό, το σύστημα ξεκλειδώνει από την προστατευόμενη κατάσταση και τίθεται ξανά σε λειτουργία για την μετατροπή ενέργειας και τη μετάδοση της σταθερής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

Η παρούσα μονάδα παραγωγής ενέργειας παρέχει μέχρι και 100 kW ισχύ. Επί του παρόντος, υπάρχουν σχέδια για επέκταση αυτής σε λειτουργία της τάξεως των 5MW, η οποία θα καλύπτει το 15% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια του Γιβραλτάρ. Σε μεγάλης κλίμακας μεγέθους σταθμών παραγωγής ενέργειας από θαλάσσια κύματα, τα κύματα θα επιτρέψουν την ανύψωση σημαντικού όγκου πλωτήρων, στοιχείο που θα επιτρέψει τη συνεχή παραγωγή ενέργειας και την ομαλή παραγωγή.

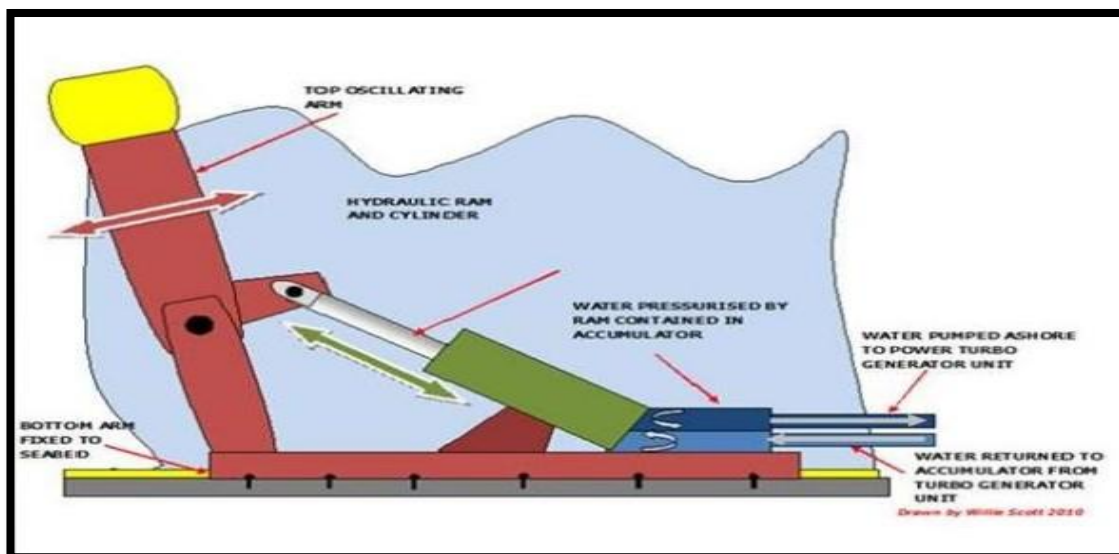
3.4. ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

3.4.a.OYSTER :

Η διάταξη Oyster αναπτύχθηκε από την Aquamarine Power με έδρα το Εδιμβούργο, μια εταιρεία που εστιάζει στην κυματική ενέργεια. Η αρχική ιδέα προήλθε από το πανεπιστήμιο Queen's του Belfast, με υπεύθυνο τον καθηγητή και επικεφαλή του Power Research Center του πανεπιστημίου Trevor Whittaker. Τον Ιούνιο του 2009, η Aquamarine Power υπέγραψε σύμβαση ύψους 2,5 εκατομμυρίων λιρών με τη Fugro Seacore για την εγκατάσταση της συσκευής Oyster στην τοποθεσία δοκιμής του Ευρωπαϊκού Κέντρου Θαλάσσιων Ενεργειακών Δικτύων στο Billia Croo.

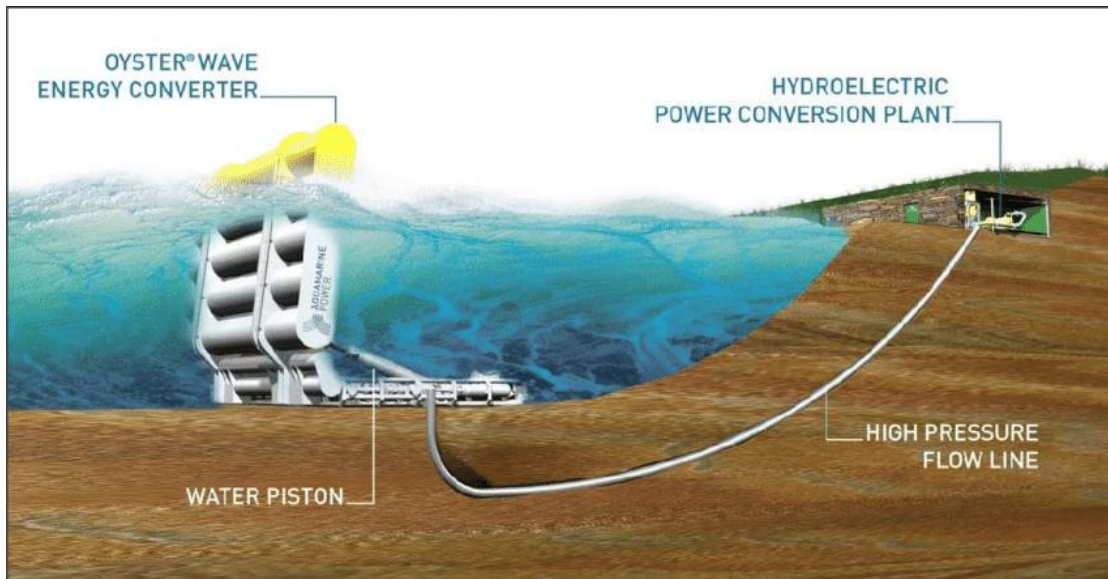
Το Oyster εγκαταστάθηκε σε απόσταση 400m από την ακτή, δυτικά της περιοχής του Orkney, σε νερό βάθους 12 μέτρων. Το Oyster εγκαταστάθηκε τον Αύγουστο του 2009 ωστόσο εγκαινιάστηκε επίσημα στις 20 Νοεμβρίου 2009 από τον πρωθυπουργό της Σκωτίας, Alex Salmond. Την ίδια ημέρα η διάταξη συνδέθηκε με το εθνικό δίκτυο διασύνδεσης (UK) και άρχισε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Το Oyster αξιοποιεί την ενέργεια των κοντά στην ακτή κυμάτων, για τον λόγο αυτό είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε νερό βάθους 10 - 12m σε θαλάσσιες περιοχές όπου το μέσο κυματικό δυναμικό είναι μεγαλύτερο από 15kW/m. Τα βασικά τμήματα από τα οποία αποτελείται το Oyster είναι η βάση (Power Connector Frame / PCF) και η μονάδα λήψης ισχύος (Power Capture Unit / PCU). Η 36-τόνων βάση (PCF) είναι βιδωμένη στο βυθό με χρήση πασσάλων από σκυρόδεμα που έχουν διατρυπηθεί σε βάθος 14m στον πυθμένα. Κατά την τοποθέτησή της απαιτείται μεγάλη προσοχή και ακρίβεια για την αντιστάθμιση του ανομοιόμορφου, βραχώδους θαλάσσιου βυθού.

Η μονάδα λήψης ισχύος (PCU) είναι ουσιαστικά ένα πλεύσιμο πτερύγιο 200 tns και διαστάσεων 18x12x4 το οποίο συνδέεται αρθρωτά με το PCF. Για την ασφαλή βύθιση και μετέπειτα σύνδεση του PCU με το PCF 120 tns θαλασσινού νερού πρέπει να αντληθούν σε δεξαμενές έρματος μέσα στην PCU για να παρέχουν επαρκή αρνητική πλευστότητα για να βοηθήσουν την βύθισή της στο νερό.



Εικόνα 3.22 : Προσομοίωση λειτουργίας Oyster

Η PCU είναι σχεδόν εντελώς βυθισμένη κάτω από το νερό. Μόνο 2m της συσκευής βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του νερού. Η μονάδα PCU ταλαντεύεται εμπρός και πίσω με την κίνηση των κυμάτων και αυτή η κίνηση του πτερυγίου οδηγεί δύο υδραυλικά έμβολα που αντλούν νερό υψηλής πίεσης μέσω τριών υποθαλάσσιων αγωγών σε έναν χερσαίο υδροηλεκτρικό υδραυλικό στρόβιλο. Ο στρόβιλος στην συνέχεια οδηγεί μια ηλεκτρική γεννήτρια 315 kW, η οποία μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων σε ηλεκτρισμό. Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας (EMEC) κατατάσσει το Oyster ως μετατροπέα ταλαντώσεων κύματος (oscillating wave surge converter).



Εικόνα 3.23 : Πλήρης διάταξη Oyster

Βασικά Πλεονεκτήματα :

- Απλή κατασκευή: Λίγα υποβρύχια κινούμενα μέρη, χωρίς σύστημα ελέγχου, κιβώτιο ή σύστημα απενεργοποίησης. Επίσης, δεν χρησιμοποιεί περίπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα.
- Ικανότητα επιβίωσης και αξιοπιστία: ανθεκτική υποβρύχια δομή που τοποθετείται κοντά στην ακτή. Το αρθρωτό πτερύγιο λειτουργεί κάτω από τα μεγαλύτερα κύματα και στις πιο αντίξοες συνθήκες.
- Ανταγωνιστικό κόστος: Η παράγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στην ακτή και δεν χρειάζεται υποθαλάσσια καλώδια. Είναι αξιόπιστη αποδεδειγμένη υδροηλεκτρική εγκατάσταση με εύκολη πρόσβαση που καθιστούν τη συντήρηση και το σέρβις απλή και οικονομική διαδικασία.

Αντίστοιχης λογική με το Oyster είναι και οι διατάξεις **bioWave** , **WaveRoller** με την τελευταία να έχει εγκατασταθεί στο Peniche της Πορτογαλίας, στις Βόρειο-Δυτικές ακτές του Μεξικό και στην Νότιο Ασία.

3.4.b. GREENWAVE :

Η εταιρία Oceanlinx δραστηριοποιείται στην Αυστραλία από το 1997. Η συσκευή που κατασκεύασε greenWave χρησιμοποιεί την τεχνολογία της ταλαντευόμενης στήλης ύδατος. Η συσκευή greenWave τοποθετείται σε νερά βάθους περίπου 10m και αγκυρώνεται στον πυθμένα της θάλασσας. Αν και η κατασκευή μπορεί να είναι από οποιοδήποτε υλικό, γενικά κατασκευάζεται από χάλυβα ή σκυρόδεμα. Το σύστημα ακύρωσης εξαρτάται από τη μορφολογία του πυθμένα. Αρχικά, η συσκευή είναι στεγανή και αυτό την κάνει να επιπλέει. Όταν συρθεί στο σημείο εγκατάστασης αφαιρείται η στεγάνωση και η συσκευή βυθίζεται στη θέση λειτουργίας. Η απόσταση από την ακτή καθορίζεται από την κλίση του πυθμένα. Η συσκευή greenWave κατασκευάζεται από χάλυβα και περιλαμβάνει έναν θάλαμο OWC. Η ηλεκτρική παράγωγή εξαρτάται από το κυματικό δυναμικό της περιοχής. Με καλό δυναμικό, μία μονάδα 20m πλάτους παράγει περίπου 1MW. Η μονάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αφαλάτωση θαλασσινού νερού ή και τα δυο.



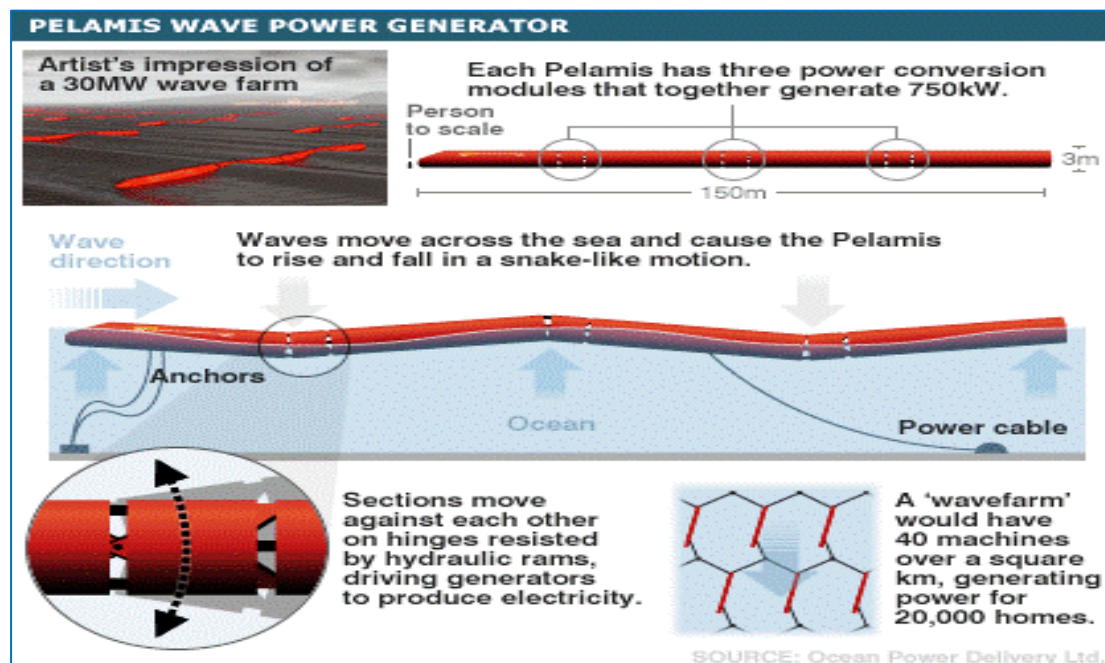
Εικόνα 3.24 : στρόβιλος airwave της διάταξης greenWave

Η συγκεκριμένη μονάδα χρησιμοποιεί στρόβιλο airWAVE ο οποίος είναι εξέλιξη του στρόβιλου Deniss - Auld. Ο στρόβιλος airWAVE έχει λιγότερα κινούμενα μέρη και καλύτερο βαθμό απόδοσης από τον στρόβιλο Deniss - Auld και άλλες παρεμφερείς τουρμπίνες. Όπως και ο στρόβιλος Deniss - Auld, ο στρόβιλος airWAVE τοποθετείται πάνω από την επιφάνεια του νερού και δεν έχει κινούμενα μέρη μέσα στο νερό.

3.5. ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

3.5.a. PELAMIS :

Ο μετατροπέας κυματικής ενέργειας Pelamis είναι δημιούργημα της εταιρίας Pelamis Wave Power Ltd, που ιδρύθηκε το 1998 στο Εδιμβούργο. Πήρε το όνομά του από την επιστημονική ονομασία ενός θαλάσσιου φιδιού που συναντάται σε τροπικά νερά. Πρόκειται για έναν μετατροπέα τύπου εξασθενητή. Είναι μια αρθρωτή διάταξη που αποτελείται από έναν αριθμό σωληνοειδών τμημάτων που συνδέονται με ελεύθερες αρθρώσεις. Κάθε τμήμα περιέχει τον δικό του εξοπλισμό μετατροπής ενέργειας που αποτελείται από υδραυλικούς κυλίνδρους, συσσωρευτές υψηλής πίεσης και έναν κινητήρα συνδεδεμένο με μια γεννήτρια.



Εικόνα 3.25 : Αρχή λειτουργίας διάταξης Pelamis

Η διάταξη είναι σχεδιασμένη να αντιδρά στην καμπυλότητα των κυμάτων και όχι στο ύψος τους. Η κίνηση των τμημάτων του γίνεται σε δύο άξονες κάθετους μεταξύ τους. Καθώς έρχεται αντιμέτωπο με τα κύματα, τα τμήματά του κινούνται στους δύο άξονες αλλά συναντούν αντίσταση από τα εγκατεστημένα υδραυλικά έμβολα τα οποία στέλνουν υδραυλικά υγρά υψηλής πίεσης μέσω συσσωρευτών εξομάλυνσης στους υδραυλικούς κινητήρες οι οποίοι είναι συζευγμένοι με ηλεκτρογεννήτριες.

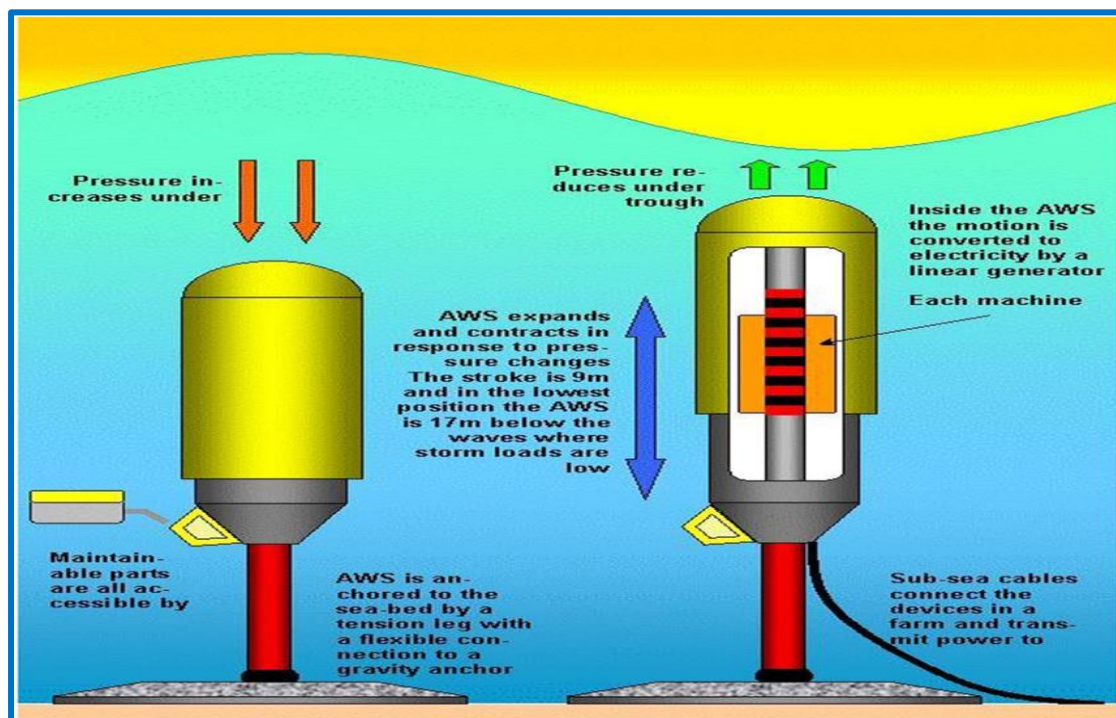
Το Pelamis λόγω της χαλαρής αγκυροβόλησης της μιας μόνο άκρης του και του μακρόστενου σχήματός του μπορεί να στρέφεται έτσι ώστε να διατηρείται πάντα παράλληλο στην κατεύθυνση των κυμάτων. Έχει μικρή μετωπική διατομή και απορροφά ενέργεια σε όλο το μήκος του. Με αυτό τον τρόπο το πλάτος σύλληψης της συσκευής είναι πολύ μεγαλύτερο από τις πραγματικό της πλάτος. Το 2004 το Pelamis P1 εγκαταστάθηκε στις περιοχές δοκιμών του Ευρωπαϊκού Κέντρου Θαλάσσιας Ενέργειας και έγινε το πρώτο υπεράκτιο WEC που τροφοδότησε το ηλεκτρικό δίκτυο του Ηνωμένου Βασιλείου.

3.5.b. ARCHIMEDES WAVE SWING - AWS :

Μέθοδος που επινοήθηκε από τον F. Gardener και αναπτύχθηκε από το 1995 από την Σκωτσέζικη εταιρεία AWS Ocean Energy Ltd. Εντάσσεται στην κατηγορία των υποθαλάσσιων συσκευών διαφορικής υδροστατικής πίεσης. Με συνεχόμενη μέση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως και 1MW. Ο μετατροπέας AWS είναι ένα πλωτό σώμα κυλινδρικού σχήματος δεμένο στον πυθμένα της θάλασσας σε βάθη 40-100m.

Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην θεώρηση πως η θάλασσα συμπεριφέρεται σαν μια τεράστια μάζα η οποία ταλαντώνεται με σταθερή συχνότητα. Το μέσο μήκος των κυμάτων της θάλασσας που διανύουν μεγάλες αποστάσεις με μικρές απώλειες ενέργειας είναι 120m και η μέγιστη ισχύς που μεταφέρουν φθάνει τα 100kW/m σε περιοχές ή περιόδους μεγάλου κυματισμού. Η «Κυματοαιώρα του Αρχιμήδη» αποτελείται από διατάξεις κατακόρυφων θαλάμων συνδεδεμένων μεταξύ τους, οι οποίοι πληρούνται με αέρα και βρίσκονται εγκατεστημένοι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο άνω μέρος κάθε θαλάμου υπάρχει ένας κινούμενος πλωτήρας, υπολογισμένος ώστε να διατηρείται σε ισορροπία, πιεζόμενος από το βάρος της στήλης νερού πάνω από αυτόν.

Όταν πάνω από έναν θάλαμο φθάσει η κορυφή ενός κύματος, ο πλωτήρας πιέζεται προς τα κάτω από το πρόσθετο βάρος της στήλης νερού, πιέζοντας με την σειρά του μέσω ενός εμβόλου τον αέρα του θαλάμου κάτω από αυτόν.



Εικόνα 3.26 : Αρχή πρόσληψης ενέργειας «Κυματοαιώρας Αρχιμήδη»

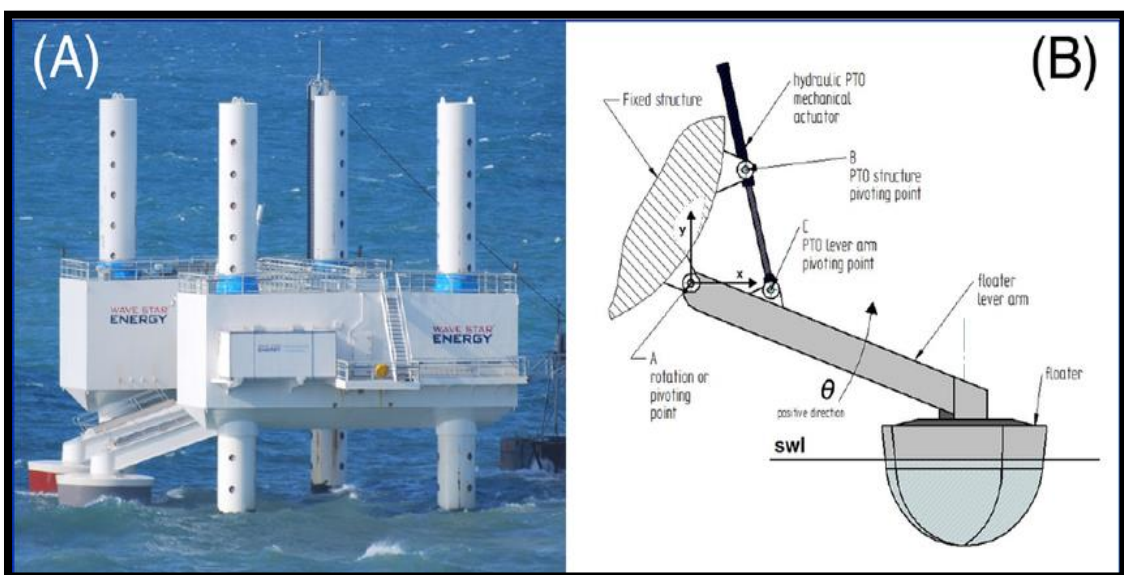
Ο πιεζόμενος αέρας διοχετεύεται σε άλλον θάλαμο (στον οποίο δεν έχει φθάσει ακόμα η κορυφή του κύματος) και ο πλωτήρας κατέρχεται. Η διαδικασία αυτή αντιστρέφεται όταν πάνω από τον θάλαμο διέλθει η κοιλία του κύματος, οπότε και ο πλωτήρας ανέρχεται. Καθώς το κύμα περνά

διαδοχικά από τον κάθε θάλαμο (κάθε διάταξη αποτελείται από 3 συνδεδεμένους θαλάμους) οι πλωτήρες εκτελούν κατακόρυφη παλινδρόμηση, υπό την επίδραση της αυξομειούμενης πίεσεως. Η παλινδρομική κίνηση των πλωτήρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών. Οι πλωτήρες έχουν σχήμα κωνικό και είναι ανοικτοί στο κάτω μέρος τους. Οι συνδεδεμένοι θάλαμοι απέχουν απόσταση 40m μεταξύ τους.

Ένα πρωτότυπο του συγκεκριμένου μηχανισμού κατασκευάστηκε υπό κλίμακα 1:20 και δοκιμάστηκε επιτυχημένα στο Ευρωπαϊκό Θαλάσσιο Ενεργειακό Κέντρο (EMEC) στο Orkney της Σκωτίας. Επιπλέον παρόμοιος μηχανισμός πλήρους κλίμακας έχει εγκατασταθεί από το 2004 στις ακτές της Πορτογαλίας με συνολική ισχύ 2MW. Άλλα παραδείγματα υλοποίησης της συγκεκριμένης σχεδίασης μέχρι σήμερα είναι η διάταξη **CETO**, η **OWEC** και η **Waverotor**.

3.5.c. **WAVESTAR** :

Το WaveStar είναι ένας μετατροπέας κυματικής ενέργειας που ανήκει στην κατηγορία των σημειακών απορροφητών και τοποθετείται σε υπεράκτιες περιοχές σε απόσταση 10-20 km από την ακτή. Κατασκευάζεται από την εταιρία Wave Star Energy από 2000. Η ιδέα για τον σχεδιασμό της συσκευής ανήκει στους Niels και Keld Hansen. Χάρη στην πρωτοποριακή του σχεδίαση εκμεταλλεύεται την ενέργεια ολόκληρου του μήκους του κύματος. Αποτελείται από μια στενόμακρη πλατφόρμα στην κάθε πλευρά της οποίας υπάρχουν εγκατεστημένες 20 ημισφαιρικές σημαδούρες που έχουν ένα μέρος τους βυθισμένο στην θάλασσα. Κάθε σημαδούρα είναι συνδεδεμένη με έναν υδραυλικό κύλινδρο. Καθώς διέρχονται τα κύματα θα ανυψωθούν διαδοχικά οι σημαδούρες και θα σταλθεί υδραυλικό υγρό υπό πίεση στο σύστημα μετάδοσης. Με αυτό τον τρόπο τίθεται σε κίνηση ένας υδραυλικός κινητήρας συνδεδεμένος με μια ηλεκτρογεννήτρια και θα παραχθεί ηλεκτρισμός.



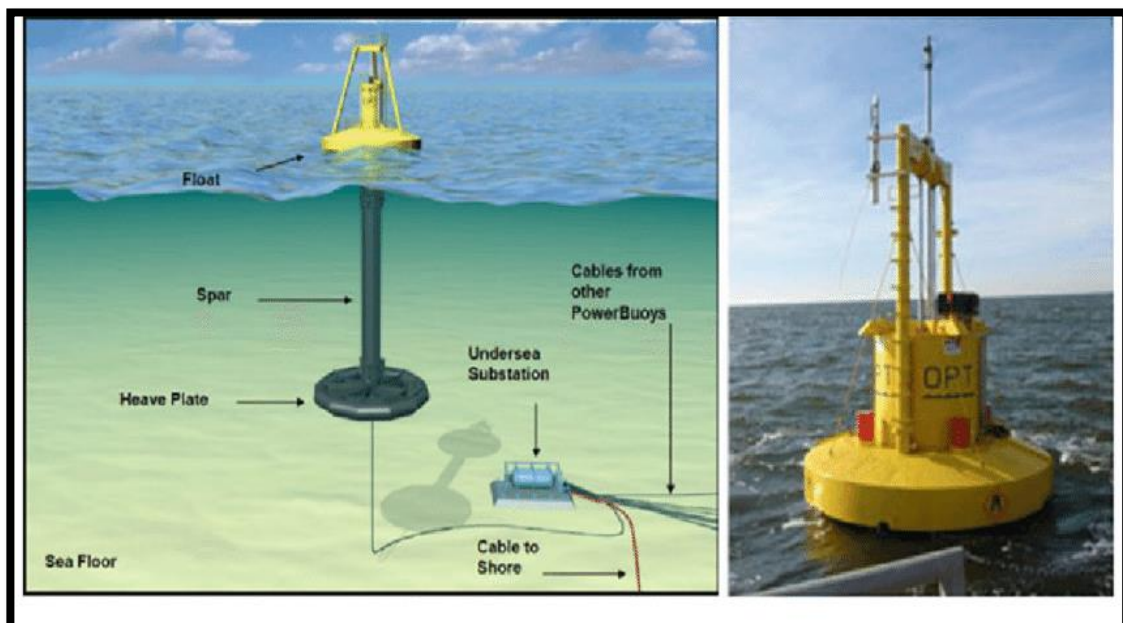
Εικόνα 3.27 : Αρχή λειτουργίας WaveStar

Το 2004 ξεκίνησαν οι δοκιμές μοντέλου κλίμακας 1:40 σε δεξαμενή. Το 2005 κατασκευάστηκε μοντέλο κλίμακας 1:10 και εγκαταστάθηκε στην περιοχή Bredning Nisum. Οι συνολικά 40 ημισφαιρικές σημαδούρες έχουν διάμετρο 1m. Η εγκατεστημένη ηλεκτρογεννήτρια έχει ονομαστική ισχύ 5,5 kW. Από την εγκατάσταση του μοντέλου τον Απρίλιο του 2006 έχουν καταγραφεί περισσότερες από 15000 ώρες λειτουργίας. Τον Φεβρουάριο του 2010 έγινε σύνδεση του WaveStar με το εγκατεστημένο δίκτυο της περιοχής. Στα άμεσα σχέδια της ιδιοκτήτριας εταιρείας είναι η κατασκευή και εγκατάσταση στην Βόρεια θάλασσα ενός μοντέλου μεγάλης κλίμακας για βάθος 20 μέτρων. Οι ημισφαιρικές σημαδούρες θα έχουν διάμετρο 10m και η ηλεκτρογεννήτρια ονομαστική ισχύ 3MW.

3.5.d. POWER BUOY :

Το PowerBuoy της αμερικάνικης εταιρείας Ocean Power Technologies (OPT) είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων που βασίζεται στην ενσωμάτωση πατενταρισμένων γνωστών τεχνολογιών υδροδυναμικής, ηλεκτρονικών, μετατροπής ενέργειας και υπολογιστικών συστημάτων ελέγχου. Το PowerBuoy είναι ένα «έξυπνο» σύστημα ικανό να ανταποκρίνεται σε διαφορετικές κυματικές συνθήκες. Το αποτέλεσμα είναι ένα δοκιμασμένο και αποδοτικό σύστημα αιχμής που παράγει αξιόπιστη, καθαρή και περιβαλλοντικά ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια.

Το ανεβοκατέβασμα των κυμάτων στην ανοιχτή θάλασσα προκαλεί την ελεύθερη κατακόρυφη ταλάντωση του πλωτού σώματος PowerBuoy. Η μηχανική ταλάντωση μετατρέπεται, μέσω ενός περίπλοκου PTO (Power Take-Off), για να κινήσει μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στη στεριά μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου ισχύος.



Εικόνα 3.28 : Λειτουργία διάταξης Power Buoy

Η απόσταση της τοποθεσίας εγκατάστασης της συσκευής είναι 1 με 3 μίλια από την ακτή, ενώ είναι σχεδιασμένη για λειτουργία σε τοποθεσίες με ενέργεια κυμάτων ίση και μεγαλύτερη από 20kW/m. Μία εγκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας 10MW θα καταλαμβάνει περίπου 30 στρέμματα (0,125 τετραγωνικά χιλιόμετρα) θαλάσσιας έκτασης. Ειδικοί αισθητήρες πάνω στο PowerBuoy ελέγχουν διαρκώς την απόδοση των διαφόρων υποσυστημάτων του και τον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο.

Οι πληροφορίες μεταδίδονται στην ακτή σε πραγματικό χρόνο, ενώ σε περίπτωση πολύ μεγάλων επικείμενων κυμάτων το σύστημα ασφαρίζεται αυτόματα και σταματάει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μόλις το ύψος των θαλάσσιων κυμάτων επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα, το σύστημα απασφαλίζεται και ξαναρχίζει τη μετατροπή και μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός έχει εγκατασταθεί σε αρκετές περιοχές όπως το Atlantic City του New Jersey, το Santon της Ισπανίας, το Oahu στην Χαβάη και το Orkney στην Σκωτία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ - ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ Α.Π.Ε

4.1. ΔΙΕΘΝΕΣ-ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το Πρωτόκολλο του Κιότο στη σύμβαση - πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, αποτελεί ορόσημο σε ότι αφορά την προστασία του περιβάλλοντος του πλανήτη μας, μιας και βάσει αυτού έχουμε την δέσμευση διαφόρων ανεπτυγμένων κρατών, τα οποία με την αποδοχή του πρωτοκόλλου έχουν αποδεχθεί να μειώσουν τον όγκο των περιβαλλοντικών ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Η Ελλάδα υπέγραψε το συγκεκριμένο πρωτόκολλο το 1998, ενώ η επικύρωση αυτού έγινε στις 31 Μαΐου 2002, βάσει του Ν. 3017/2002 «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (ΦΕΚ Α-117). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες από τις κυριότερες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

Οδηγία 2001/77/ΕΚ "Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας" (OJ L283/27.10.2001)

Σκοπός της συγκεκριμένης οδηγίας ήταν η προαγωγή της αύξησης της συμβολής των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά και η δημιουργία βάσης για ένα μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο στον εν λόγω τομέα. Σύμφωνα με τις εκθέσεις των κρατών μελών, η Επιτροπή αξιολογούσε σε ποιο βαθμό:

- Τα κράτη μέλη έχουν προοδεύσει ως προς την επίτευξη των εθνικών ενδεικτικών τους στόχων
- Οι εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι είναι συμβατοί με το συνολικό ενδεικτικό στόχο του 12% της ακαθάριστης εθνικής κατανάλωσης ενέργειας έως το 2010 και ειδικότερα με μια ενδεικτική μερίδα ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγεται από ΑΠΕ, που θα φθάνει το 22,1% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Κοινότητα έως το 2010

Με βάση τη συγκεκριμένη οδηγία, ο ενδεικτικός στόχος κάλυψης από ΑΠΕ, περιλαμβανόμενων μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, για την Ελλάδα διαμορφώνονταν στο 20,1% της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας για το 2010.

Οδηγία 2009/28/ΕΚ "Σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ"

Οι κύριοι στόχοι της εν λόγω οδηγίας (η οποία κατήργησε την προαναφερόμενη οδηγία 2001/77/ΕΚ) έχουν ως εξής:

- Ο συνολικός δεσμευτικός στόχος για τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών στον τομέα της ενέργειας είναι 20% στην τελική κατανάλωση και 10% στον τομέα των μεταφορών, για το έτος 2020. Οι στόχοι ορίζονται ως

εφικτοί σύμφωνα με τον Χάρτη Πορείας για τις ΑΠΕ και προτάσσονται παράλληλα με το πλαίσιο της βελτίωσης κατά 20%

- Θεσπίζονται νέοι μηχανισμοί, όπως οι στατιστικές μεταβιβάσεις μεταξύ κρατών μελών ή τρίτων χωρών
- Θεσπίζονται εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας και της ενέργειας θέρμανσης και ψύξης, οι οποίες παράγονται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ο ενδεικτικός στόχος κάλυψης από ΑΠΕ για την Ελλάδα διαμορφώνεται στο 18% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας για το 2020 και 10% για το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση βενζίνης και ντίζελ για τις μεταφορές.

Οδηγία 2009/72/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Ιουλίου 2009, σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για την κατάργηση της οδηγίας 2003/54/ΕΚ

Στόχοι της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία υλοποιείται σταδιακά σε ολόκληρη την Κοινότητα από το 1999, είναι η παροχή πραγματικών επιλογών σε όλους τους καταναλωτές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε είναι πολίτες είτε επιχειρήσεις, η παροχή νέων επιχειρηματικών ευκαιριών και η αύξηση του διασυνοριακού εμπορίου, ώστε να επιτευχθούν κέρδη σε απόδοση, ανταγωνιστικές τιμές, υψηλότερα πρότυπα παρεχόμενων υπηρεσιών, και να ενισχυθεί ταυτόχρονα η ασφάλεια του εφοδιασμού και η αειφορία.

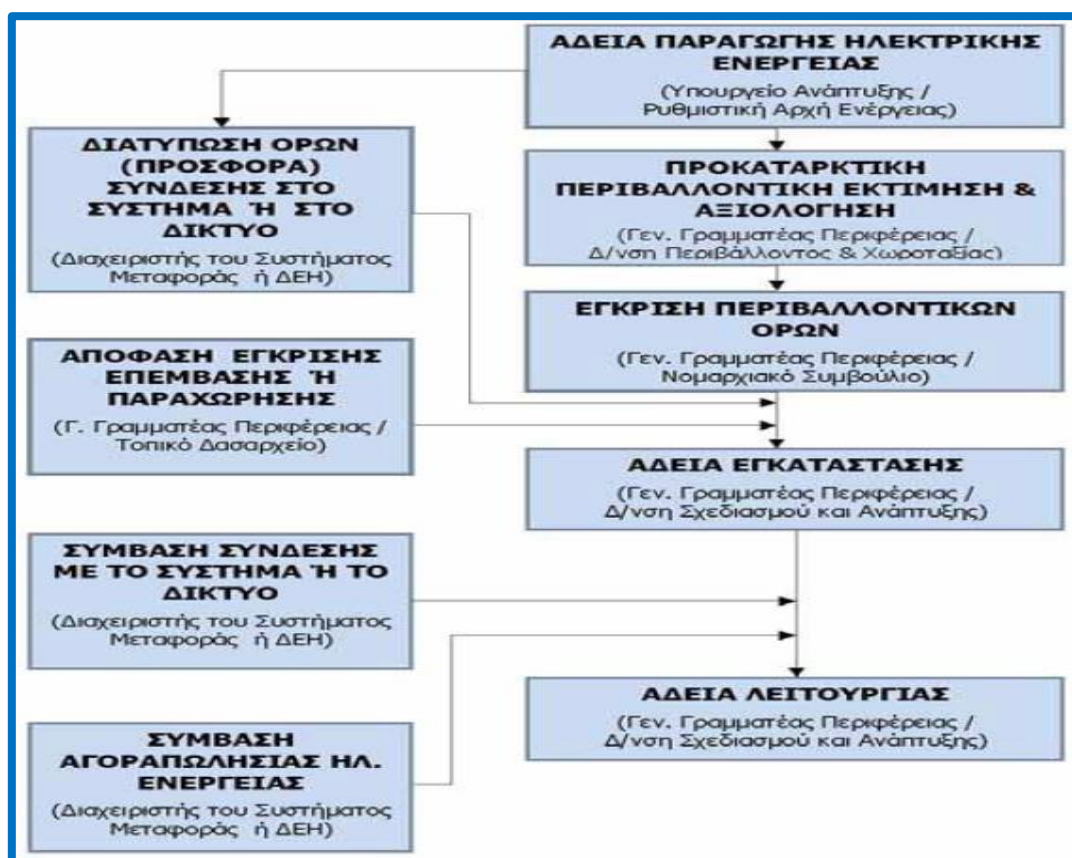
4.2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α.Π.Ε ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η πρώτη προσπάθεια ουσιαστικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα σηματοδοτείται με την έκδοση του Ν.1559/85, ο οποίος δίνει για πρώτη φορά τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ιδιώτες αυτοπαραγωγούς και σε ΟΤΑ (και, φυσικά, στη ΔΕΗ). Η προσπάθεια συνεχίζεται με την ίδρυση, το 1987, του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), με βασικό σκοπό την προώθηση και υποστήριξη των παντός είδους δραστηριοτήτων ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) στη χώρα. Με το Νόμο 2244/94 ρυθμίζονται διάφορα θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμβατικά καύσιμα (κυρίως όσον αφορά στην αδειοδοτική τους διαδικασία) και δίνεται η δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως ανεξάρτητοι, πλέον, παραγωγοί (δηλ. με αποκλειστικό σκοπό την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα ή το Δίκτυο).

Ο Ν.2773/99 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθιερώνει επιπρόσθετα την άδεια παραγωγής. Με την ΥΑ 2000/2002 η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θεσμοθετείται ως προϋπόθεση για την έναρξη της αδειοδοτικής διαδικασίας έργων ΑΠΕ. Με την ΚΥΑ 1726/2003 καταβάλλεται προσπάθεια ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των χρονιζόντων προβλημάτων που παρατηρούνται στην περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων ΑΠΕ.

Η αδειοδοτική διαδικασία των έργων αυτών στηρίχθηκε και σε ένα πλήθος άλλων συναφών νόμων, προεδρικών διαταγμάτων, υπουργικών αποφάσεων, κλπ., που αφορούν κυρίως στο περιβαλλοντικό τμήμα της αδειοδότησης, καθώς και την επέμβαση σε δημόσιες (δασικές) εκτάσεις. Ενδεικτικά αναφέρονται ο Ν.3010/02 και η κατ' επιταγήν του εκδοθείσα Υπουργική Απόφαση 15393/2332/5.8.02 (Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης), ο Ν.3028/02 (Περί Προστασίας Αρχαίων Μνημείων) και ο Ν.2941/01 (Απλούστευση Διαδικασιών Αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας). Βασική, πάντως, αιτία της έκδοσης ενός τόσο μεγάλου αριθμού νομοθετικών ρυθμίσεων ειδικά για τις επενδύσεις ΑΠΕ υπήρξε και παραμένει ο (θεωρούμενος ως) σύνθετος χαρακτήρας των συγκεκριμένων επενδύσεων, λόγω των τεχνολογικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών, χωροταξικών και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό και την υλοποίησή τους.

Αδειοδοτική διαδικασία έργων Α.Π.Ε :



Εικόνα 4.1 : Διάγραμμα αδειοδοτικής διαδικασίας έργων Α.Π.Ε

Άδεια παραγωγής :

Η άδεια παραγωγής προβλέπεται από το άρθρο 9 του Ν. 2773/1999 και απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε ενεργειακή πηγή (συμβατικά καύσιμα, ΑΠΕ, κ.α.). Η άδεια παραγωγής χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης ύστερα από γνώμη της ΡΑΕ, σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στο Ν. 2773/99 και στον Κανονισμό Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΥΑ17951/8.12.2000). Σύμφωνα με το Ν. 2773/99, άρθρο 10:

«Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, που εκδίδεται ύστερα από γνώμη της ΡΑΕ και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, μπορεί να εξαιρούνται από την υποχρέωση να λαμβάνουν άδεια παραγωγής, τα πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από:

- a) Σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 20KW
- b) Εφεδρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος μέχρι 150KW και εφεδρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 400KW, εφόσον οι τελευταίοι εγκαθίστανται σε βιομηχανίες και βιοτεχνίες. Οι εφεδρικοί αυτοί σταθμοί λειτουργούν μόνο σε περίπτωση διακοπής της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω βλάβης ή αδυναμίας του δικτύου
- c) Σταθμούς ισχύος μέχρι 2MW που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς με σκοπούς αποκλειστικά εκπαιδευτικούς ή πειραματικούς
- d) Σταθμούς που εγκαθίστανται από το ΚΑΠΕ για λόγους πιστοποίησης ή μετρήσεων και για όσο χρονικό διάστημα διεξάγονται μετρήσεις ή διενεργείται πιστοποίηση»

Σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο, για την έκδοση της άδειας παραγωγής απαιτείται η υποβολή σχετικής αίτησης προς τη ΡΑΕ. Το περιεχόμενο και οι προδιαγραφές της αίτησης αυτής καθορίζονται από τον Κανονισμό Αδειών Παραγωγής, από τον Οδηγό Αξιολόγησης Αιτήσεων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαραγωγή (ΣΗΘ) μικρής κλίμακας και από δημοσιευμένες συμπληρώσεις/διευκρινήσεις στην ιστοσελίδα της ΡΑΕ.

Η διερεύνηση / αξιολόγηση μιας αίτησης άδειας παραγωγής αφορά πρωτίστως στη σκοπιμότητα του ενεργειακού έργου, ώστε να εξυπηρετούνται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι στόχοι που θέτει ο Νόμος 2773/99 (άρθρο 3). Σημειώνεται ότι ένα από τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης που τίθενται στον Κανονισμό Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΥΑ 17951/8.12.2000, άρθρο 9, παρ. 1) είναι **η προστασία του περιβάλλοντος**.

Άδεια εγκατάστασης - λειτουργίας :

Η διαδικασία χορήγησης άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας έργων ΑΠΕ διέπεται από τις διατάξεις της υπ' αριθμόν Δ6/Φ1/2000/6.2.2002 Απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης με τίτλο : «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας».

Η παραπάνω απόφαση ισχύει μέχρι σήμερα, όπως έχει τροποποιηθεί με την υπ' αριθμόν Δ6/Φ1/10200/5.6.2002 Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης. Στη διαδικασία έκδοσης της άδειας εγκατάστασης περιλαμβάνεται και η **περιβαλλοντική αδειοδότηση**. Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ αποτελεί μία από τις πλέον σημαντικές προϋποθέσεις που απαιτούνται για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης. Η διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων διέπεται από τις διατάξεις του Ν. 1650/85 για την προστασία του περιβάλλοντος, όπως αυτός έχει τροποποιηθεί από το Ν. 3010/02. Στόχος του αρχικού Ν. 1650/86 ήταν η ενσωμάτωση στο ελληνικό δίκαιο της Οδηγίας 85/337/ΕΚ σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.

Κατ' εξουσιοδότηση του άρθρου 4 παρ. 10β του Ν. 1650/86, όπως αυτό αντικαταστάθηκε από το άρθρο 2 του Ν. 3010/02, εκδόθηκε η ΚΥΑ 1726/2003 (ΦΕΚ Β' 522) της 8-5-2002 για την «Προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση, έγκριση περιβαλλοντικών όρων και επέμβαση ή παραχώρηση δάσους ή δασικής έκτασης, έκδοση άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/03, πρέπει να τηρείται μία αυστηρά καθορισμένη διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) για τα έργα ΑΠΕ.

Η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση αποτελεί «γνωμοδότηση» και δεν εκφράζει την οριστική και δεσμευτική άποψη της διοίκησης. Η απόφαση έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων μπορεί να επιβάλει προϋποθέσεις, όρους, περιορισμούς και διαφοροποιήσεις σε σχέση με την Π.Π.Ε.Α για την υλοποίηση ενός έργου ή μιας δραστηριότητας ή και να αποφασίσει την μη υλοποίησή του.

Για την έκδοση της Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης με την συγκεκριμένη κατηγορία Α.Π.Ε που εξετάζουμε (αξιοποίηση κυματικής ενέργειας) ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

Για Α.Π.Ε που περιλαμβάνουν λιμενικά και θαλάσσια έργα που δεν εμπίπτουν στην αρμοδιότητα της Επιτροπής Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Λιμένων (Ε.Σ.Α.Λ) η κατά περίπτωση αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος διαβιβάζει την Π.Π.Ε του έργου για γνωμοδότηση στους εκάστοτε συναρμόδιους φορείς σύμφωνα με τον Ν.3010/02. Συναρμόδιοι φορείς για να γνωμοδοτήσουν είναι το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, το Υπουργείο Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας, η Διεύθυνση Λιμενικών Έργων του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφοράς και Δικτύων ή η Διεύθυνση Δημ. Έργων της οικείας περιφέρειας, οι Διευθύνσεις Χωροταξίας και Περιβάλλοντος και το Τμήμα Φυσικού Περιβάλλοντος (για περιοχές καταλόγου NATURA) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ή οι αντίστοιχες της περιφέρειας και οι κατά περίπτωση αρμόδιες Εφορίες του Υπουργείου Πολιτισμού-Τουρισμού. Μετά την λήψη των γνωμοδοτήσεων **εκδίδεται από την αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (θετική ή αρνητική)**.

Στην συνέχεια η κατά περίπτωση αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος, μετά από τη γνωμοδότηση των εκάστοτε συναρμοδίων φορέων σύμφωνα με τον Ν.3010/02, εκδίδει την απόφαση έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων (Κοινή Υπουργική Απόφαση ή απόφαση Γεν. γραμματέα Περιφέρειας ή απόφαση Νομάρχη). Συναρμόδιοι φορείς για να γνωμοδοτήσουν είναι το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού, η Διεύθυνση Λιμενικών Έργων του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφοράς και Δικτύων, οι Διευθύνσεις Χωροταξίας και Περιβάλλοντος και το Τμήμα Φυσικού Περιβάλλοντος (για περιοχές καταλόγου NATURA) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, οι αρμόδιες Εφορίες του Υπουργείου Πολιτισμού-Τουρισμού, καθώς και το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο.

Μετά την θετική γνωμοδότηση των παραπάνω φορέων εγκρίνεται η οριστική μελέτη και στη συνέχεια εκδίδεται :

- Για έργα εντός της ζώνης λιμένα, απόφαση εκτέλεσης των έργων από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας
- Για έργα εκτός της ζώνης λιμένα, απόφαση παραχώρησης δικαιώματος χρήσης αιγιαλού για την κατασκευή των έργων από την Κτηματική Υπηρεσία

4.3. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ο φάκελος αυτός περιλαμβάνει τα εξής δικαιολογητικά:

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

- Ονομασία και είδος του έργου (μέγεθος, τεχνολογία)
- Γεωγραφική θέση και υπάρχουσα κατάσταση περιβάλλοντος
- Συνοπτική περιγραφή του έργου (έκταση και είδος επέμβασης και μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων)

2. ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

- Γενική περιγραφή του έργου (θέση, είδος, έκταση)
- Είδος, εφαρμοζόμενη τεχνολογία και γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου ή της δραστηριότητας
- Συνθήκες της περιοχής που θα πραγματοποιηθεί το έργο ή η δραστηριότητα
 - Τοπογραφικές συνθήκες
 - Αναφορά σε τυχόν εγκεκριμένα χωροταξικά και ρυθμιστικά σχέδια, πολεοδομικά σχέδια και χρήσεις γης που εφαρμόζονται στην προτεινόμενη περιοχή εγκατάστασης του έργου ή της δραστηριότητας
 - Γεωλογικές - υδρολογικές και εδαφολογικές συνθήκες
 - Κλιματολογικές συνθήκες
 - Βλάστηση - πανίδα - βιότοποι
 - Τοπίο - αισθητική εκτίμηση
 - Τυχόν υφιστάμενη διαχείριση δασικών εκτάσεων
- Χρήση των φυσικών πόρων
- Σωρευτική δράση με άλλα έργα ή δραστηριότητες

- Παραγωγή αποβλήτων
- Προκαλούμενη ρύπανση και οχλήσεις
- Μεταβολές στη γεωμορφολογία και επιπτώσεις στο τοπίο
- Επιπτώσεις στη βλάστηση - βιότοπους
- Επιπτώσεις στην πανίδα
- Επιπτώσεις στον υδρολογικό κύκλο και στις υφιστάμενες χρήσεις του νερού
- Κίνδυνοι (φωτιάς, ξήρανσης, κλπ.) στο χώρο επέμβασης και στην ευρύτερη δασική περιοχή
- Επιπτώσεις από λύματα
- Ειδική μελέτη θορύβου
- Φωτορεαλιστική απεικόνιση της εγκατάστασης
- Επιπτώσεις στην κοινωνική και αναπτυξιακή φυσιογνωμία της περιοχής
- Επιπτώσεις στο πολιτιστικό και ανθρωπογενές περιβάλλον
- Πρόληψη ατυχημάτων ιδίως από τη χρήση ουσιών ή τεχνολογίας
- Περιγραφή των μέτρων που προβλέπονται προκειμένου να αποφευχθούν, να μειωθούν και εφόσον είναι δυνατόν, να επανορθωθούν σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις
- Αποκατάσταση γεωμορφολογίας
- Μέτρα για τη διατήρηση ειδών και βιοτόπων
- Διατήρηση - αποκατάσταση του χαρακτήρα του τοπίου-αισθητική αναβάθμιση
- Μέτρα για την προληπτική και κατασταλτική προστασία της βλάστησης
- Συνοπτική περιγραφή των εναλλακτικών λύσεων που εξέτασε ο κύριος του έργου ή της δραστηριότητας και αναφορά των βασικών λόγων της τελικής επιλογής του, λαμβανομένων υπ' όψη των επιπτώσεων στο περιβάλλον
- Οφέλη για την εθνική οικονομία, την εθνική ασφάλεια, τη δημόσια υγεία και την εξυπηρέτηση άλλων λόγων δημοσίου συμφέροντος
- Θετικές επιπτώσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, σε μία ευρύτερη περιοχή από εκείνη που επηρεάζεται άμεσα από το έργο ή τη δραστηριότητα
- Αναγκαία μέτρα μετά την οριστική παύση της δραστηριότητας

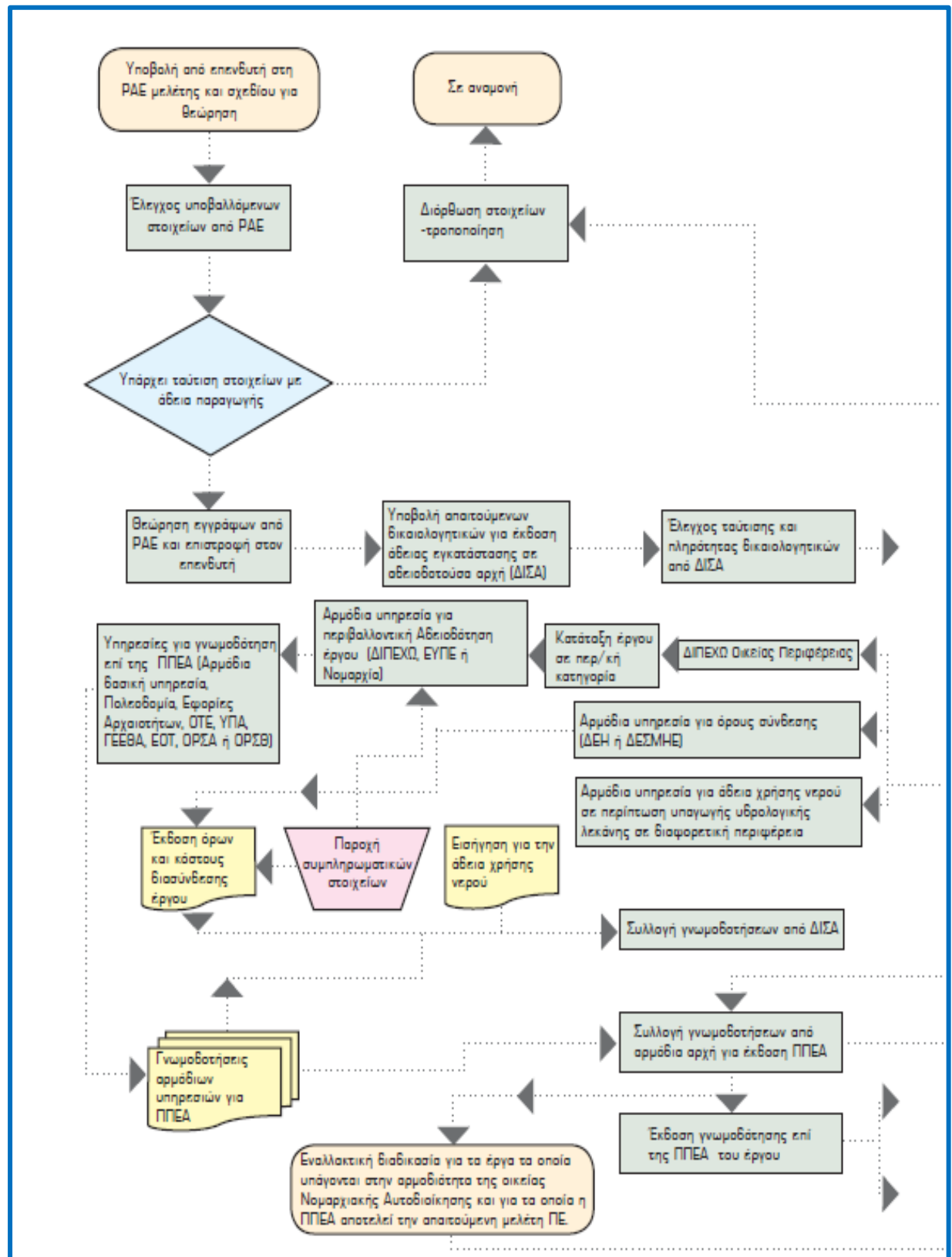
3. ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

- Τοπογραφικοί χάρτες κατάλληλης κλίμακας (1:50.000 και 1:5.000), που θα αποτυπώνουν τη θέση και την έκταση του έργου, όπως και τις υφιστάμενες υποδομές και χρήσεις γης στην περιοχή. Επίσης, στους ανωτέρω χάρτες θα αποτυπώνεται σε επίπεδο προμελέτης - βασικού σχεδιασμού, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. 1 του άρθρου 9 της ΚΥΑ 1726/03, η όδευση του δικτύου διασύνδεσης του σταθμού παραγωγής ενέργειας με το τυχόν υφιστάμενο Σύστημα Μεταφοράς ή Δίκτυο
- Φωτογραφικό υλικό της θέσης εγκατάστασης, τόσο από το εσωτερικό της, όσο και από χαρακτηριστικά σημεία της ευρύτερης περιοχής

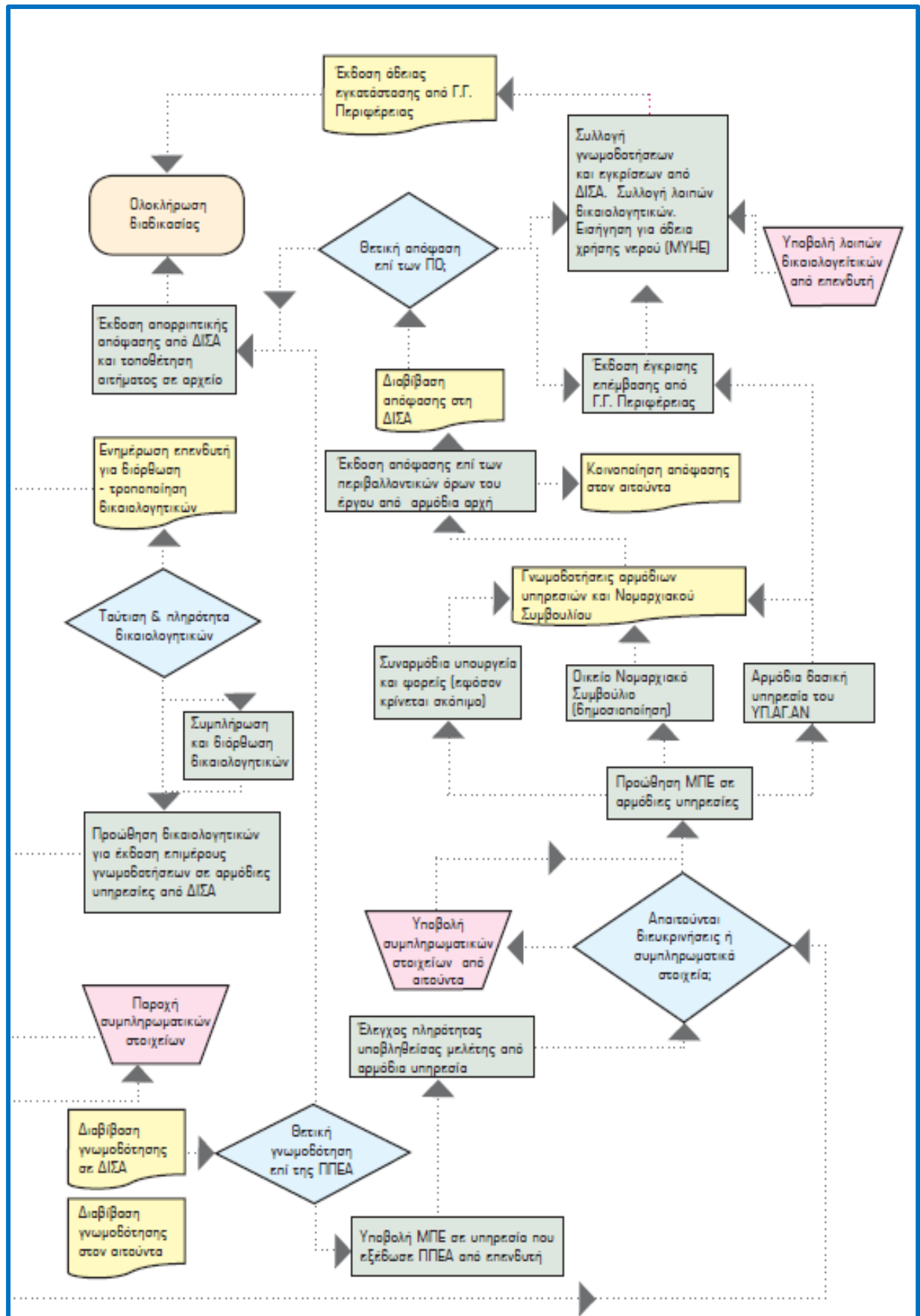
ΦΑΚΕΛΟΣ ΕΠΟ (Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων)

Ο φάκελος αυτός περιλαμβάνει την πλήρη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) του έργου, η οποία αναλύει εκτενέστερα και αναλυτικότερα το σύνολο των στοιχείων που περιέχονται στην Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.). Τόσο στην ΠΠΕΑ όσο και στη ΜΠΕ, περιλαμβάνεται χωριστό κεφάλαιο, το οποίο αναφέρεται στα έργα που

σχετίζονται με το δίκτυο διασύνδεσης, σε επίπεδο προμελέτης - βασικού σχεδιασμού. Η αδειοδότηση των άνω έργων διασύνδεσης γίνεται σύμφωνα με την κείμενη Νομοθεσία.



Εικόνα 4.2 : Διάγραμμα διαδικασιών για αδειοδότηση έργων Α.Π.Ε 1 από 2



Εικόνα 4.3 : Διάγραμμα διαδικασιών για αδειοδότηση έργων Α.Π.Ε 2 από 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ Α.Π.Ε

5.1. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Ένα σύνθημα επιχείρημα κατά την ανάπτυξη ενός θαλάσσιου ενεργειακού τομέα είναι η δυνητικά παγκόσμια αγοραστική αξία που παρουσιάζει. Υπάρχουν διάφορες εκτιμήσεις, αλλά μία από τις πιο περιεκτικές είναι από την Carbon Trust (2011), που υποστηρίζει ότι στο βέλτιστο σενάριο της για την αξιοποίηση της ενέργειας των κυμάτων και της παλίρροιας η αξία της παγκόσμιας αγοράς θα μπορούσε να ανέλθει σε περίπου 460 δισ. λίρες στερλίνες (σωρευτικά) την περίοδο 2010-2050, με την αγορά να φτάνει μέχρι και τα 40 δισ. λίρες ετησίως έως το 2050.

Παρόλο που το Carbon Trust δεν παρέχει στοιχεία για τη δημιουργία παγκοσμίως θέσεων εργασίας, η συμφωνία μεταξύ της Διεθνούς Οργάνωσης Ενέργειας (IEA) και του OES (Ocean Energy Systems) εκτιμά ότι, αν η ανάπτυξη της αξιοποίησης της ωκεάνιας ενέργειας ήταν σε καλό δρόμο για να φτάσει τα 748 GW μέχρι το 2050, αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει περίπου 160.000 άμεσες θέσεις εργασίας έως το 2030. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτή η οικονομική αξία θα ήταν άνισα κατανομημένη σε παγκόσμια κλίμακα και μόνο οι χώρες με τις μεγαλύτερες παραγωγικές δυνατότητες για εξαγωγές και την αναπτυχθείσα παραγωγική ικανότητα θα απολάμβαναν το μεγαλύτερο μέρος της προστιθέμενης αξίας. Για παράδειγμα, δεδομένης της πλούσιας κληρονομιάς του Ηνωμένου Βασιλείου όσο αναφορά την κυματική ενέργεια η Carbon Trust εκτιμά ότι «το Ηνωμένο Βασίλειο θα μπορούσε να συλλάβει περίπου £ 76δισ ή σχεδόν το 22% της προσβάσιμης παγκόσμιας αγοράς (για το βέλτιστο σενάριο) μεταξύ του 2010 και του 2050.

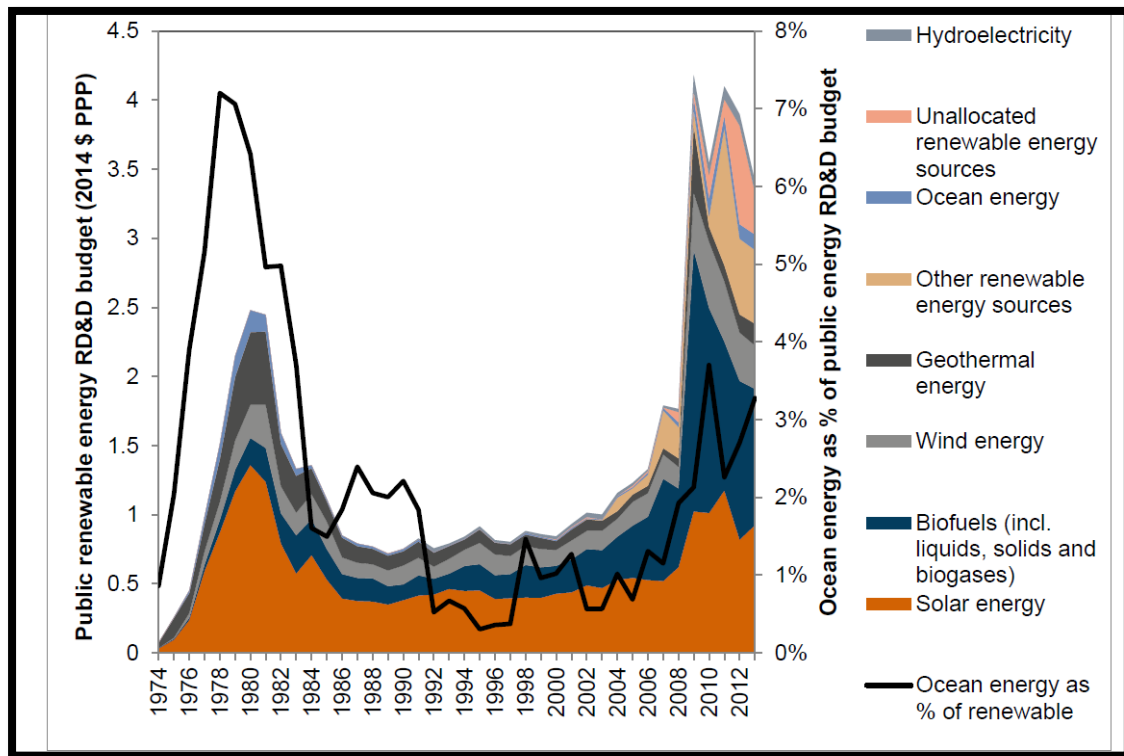
Μια μελέτη εκτιμά πως αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει πάνω από 68.000 θέσεις εργασίας στο Ηνωμένο Βασίλειο στον τομέα της θαλάσσιας ενέργειας μέχρι το 2050.

5.2. ΔΗΜΟΣΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗ

Μελέτες της δημόσιας αποδοχής της ωκεάνιας ενέργειας αποκαλύπτουν ένα ισχυρό βαθμό υποστήριξης για την τεχνολογία. Παρόλο που δεν μπορούσαν να αποκαλυφθούν παγκόσμιες έρευνες για την ενέργεια των ωκεανών, έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 25 κράτη μέλη της ΕΕ αποκαλύπτει ότι το 60% των ερωτηθέντων επιθυμεί τη χρήση ενέργειας από τον ωκεανό, ενώ το 24% έχει ουδέτερη στάση.

Εάν επικεντρωθούμε στο Ηνωμένο Βασίλειο, ένας διεθνής ηγέτης στην ανάπτυξη της ενέργειας των ωκεανών, διαπιστώνουμε ότι πρόσφατη έρευνα του Τμήματος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής διαπίστωσε ότι το επίπεδο υποστήριξης της κυματικής και παλιρροϊκής ενέργειας ήταν 73%, υψηλότερο ποσοστό σε σχέση με τη βιομάζα (65%) και αιολική ενέργεια (66%), όμοια με την αιολική (73%), αλλά χαμηλότερη από την ηλιακή (80%). Σε σύγκριση με την παραγωγή ορυκτών καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο σχιστόλιθου (23%), καταγράφεται πολύ ισχυρότερη υποστήριξη.

Παρόμοια επίπεδα στήριξης για την ενέργεια των ωκεανών εντοπίστηκαν επίσης στην Πορτογαλία, τις ΗΠΑ και τον Καναδά. Απόρροια της δημόσιας αποδοχής στην χρήση εναλλακτικής ενέργειας είναι και το παρακάτω γράφημα :



Εικόνα 5.1 : Χρηματοδότηση σε παγκόσμιο επίπεδο των Α.Π.Ε μεταξύ 1974-2012

Ενώ η δημόσια αποδοχή της ωκεάνιας ενέργειας φαίνεται σήμερα ισχυρή, εκφράζονται ανησυχίες ότι αυτό πιθανόν να είναι συνάρτηση των σχετικά χαμηλών επιπέδων ανάπτυξής του. Καθώς αυξάνεται η εγκατεστημένη χωρητικότητα, τόσο θα μεγαλώνει η ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ενέργειας των ωκεανών.

5.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από θαλάσσια κύματα, είναι ένα πεδίο ευρείας μελέτης καθώς τα θαλάσσια οικοσυστήματα αποτελούν ευαίσθητες βιοκοινωνίες. Από όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύοντας τον κάθε μηχανισμό, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι περιορισμένες σε σχέση με συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πόσο μάλλον αν συγκριθούν με πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου, τότε γίνεται αντιληπτό ότι η επίδρασή τους στο οικοσύστημα είναι περιορισμένη.

Environmental Effects	Shoreline	Nearshore	Offshore
Land use/sterilization	L		
Construction/maintenance sites	L		
Recreation	L	L	
Coastal erosion	L	L-M	L-M
Sedimentary flow patterns		L	L
Navigation hazard		L	L
Fish & marine biota	L	L	L
Acoustic noise	L		
Working fluid losses		L	L
Endangered species	L	L	
Device/mooring damage		L-M	L-M
(L: Low, M: medium)			

Εικόνα 5.2 : Παρουσίαση κινδύνων ανάλογα την τοποθεσία εγκατάστασης

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τέτοιου είδους τεχνολογίες εμπίπτουν σε τρεις κύριες κατηγορίες.

- Συγκρούσεις θαλάσσιων ζώων με τις συσκευές
- Υποθαλάσσιες διαταραχές λόγω θορυβώδους λειτουργίας
- Παρεμπόδιση της φυσικής ροής του νερού

Η πρώτη αφορά την αλληλεπίδραση των θαλάσσιων ζώων με τις συγκεκριμένες συσκευές. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για τα ζώα να συγκρουστούν με τα κινούμενα μέρη μιας συσκευής. Αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να είναι επιβλαβής τόσο για τα ζώα όσο και για τις συσκευές. Οι συσκευές θα μπορούσαν επίσης να αποτελέσουν εμπόδιο στις φυσικές κινήσεις των ζώων ή στις συχνές τους μεταναστεύσεις.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις υποβρύχιες διαταραχές που προκαλούνται από τον θόρυβο που παράγεται από τις συσκευές κυμάτων και παλιρροιακού ρεύματος, οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά διάφορων θαλάσσιων ζώων, κυρίως ορισμένα είδη φαλαινών, δελφινιών, θαλάσσιων χελωνών, μεταναστευτικών ψαριών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ζώα υποθαλάσσια τείνουν να χρησιμοποιούν ήχο και όχι φως για επικοινωνία, πλοήγηση κλπ. και έτσι κάθε θόρυβος περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάσει την ικανότητά τους να εκτελέσουν αυτές τις λειτουργίες. Δεδομένων των χαμηλών επιπέδων ανάπτυξης μέχρι στιγμής αυτής της τεχνολογίας, υπάρχει μια έλλειψη εμπειρικών πληροφοριών για το πώς αυτές οι συσκευές επηρεάζουν τα θαλάσσια ζώα.

Η τελική κατηγορία σχετίζεται με τις πιθανές επιπτώσεις από την εγκατάσταση και μόνο αυτών των συσκευών και τις επιπτώσεις που θα μπορούσαν να έχουν στην κίνηση του νερού που προέρχεται από την παλίρροια, τα κύματα, τα ωκεάνια ρεύματα. Ειδικότερα, εξετάζεται οι συνέπειες που μπορεί να προκληθούν από την απομάκρυνση της

ενέργειας από το θαλάσσιο περιβάλλον ή τις διαταραχές στην φυσική ροή του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο : ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

6.1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

Η μεθοδολογία για την επιλογή τοποθεσίας είναι μια προσέγγιση που βασίζεται σε διαδοχικά βήματα, που σχετίζονται με διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειών και πληροφοριών που χρειάζεται να συγκεντρωθούν.

Η εκμετάλλευση της ενέργειας μπορεί να γίνει σε οικονομικά συμφέρουσα βάση όταν τα επίπεδα αυτής είναι μεγαλύτερα απ' 15-20 kW/m. Ανάλογα με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής και της κατάστασης της θάλασσας (καιρικές συνθήκες στο σημείο δημιουργίας των κυμάτων) τα κύματα μπορεί να φτάσουν στην περιοχή προορισμού υπό διαφορετικές συνθήκες. Στις ακτές της Δυτικής Ευρώπης, ιδιαίτερα της Πορτογαλίας Ισπανίας και Γαλλίας, οι θερινοί μήνες Ιούνιος - Σεπτέμβριος) μπορεί να είναι εξαιρετικά φτωχοί σε κυματική ενέργεια. Εκτός από τη σημασία της για τη σύγκριση των γενικών επιπέδων κυματικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών περιοχών, η ετήσια μέση ενέργεια μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα αν δεν ερμηνευθεί σε συνδυασμό με την εποχιακή της διαφοροποίηση. Οι ετήσιες μέσες τιμές μπορεί να βασίζονται σε υψηλά επίπεδα ενέργειας, τα οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά ενδέχεται να έχουν δυσμενείς εντάσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα, καθώς και μεγάλα χρονικά διαστήματα με σχεδόν καθόλου εκμεταλλεύσιμη ενέργεια. Είναι σημαντικό η περιοδικότητα αυτή να μην είναι δυσανάλογη με την τοπική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αν πρόκειται να συμβάλει σημαντικά η κυματική ενέργεια στον εφοδιασμό της περιοχής με ηλεκτρική ενέργεια.

Ένας αποφασιστικός παράγοντας όσο αναφορά την καταλληλότητα της ακτογραμμής είναι τα βαθυμετρικά της χαρακτηριστικά (κλίση και μορφή πυθμένα). Σε αντίθεση με τα υπεράκτια αιολικά, οι τεχνολογίες κυματικής ενέργειας γενικά δεν έχουν κάποια οπτική επίπτωση στην ακτογραμμή, στοιχείο που καθιστά προτιμότερη την εγκατάσταση πάρκων πλησιέστερα στην ακτή. Αυτό θα σήμαινε σημαντική μείωση του κόστους καλωδιώσεων και εγκατάστασης, ενώ η εποπτεία και η συντήρηση γίνεται αποτελεσματικότερα. Το καταλληλότερο βάθος για τις συσκευές κυματικής ενέργειας είναι τα 50 m λαμβάνοντας υπόψη την εξισορρόπηση της διαθέσιμης ενέργειας και των δαπανών προσλιμενισμού, καθώς και την απόσταση από την στεριά. Περιοχές με οξεία βαθυμετρία (απότομη υφαλοκρηπίδα, βαθιά νερά κοντά στην ακτή) όπως για παράδειγμα η Πορτογαλία, έχουν πλεονέκτημα όσον αφορά τις εφαρμογές κυματικής ενέργειας. Οι συνθήκες του βυθού δεν αποτελούν τον κρισιμότερο παράγοντα αφού οι περισσότερες τεχνολογίες είναι πλωτού τύπου. Για την διέλευση των καλωδίων προς την ακτή, γενικά προτιμώνται οι αμμώδεις πυθμένες. Όσον αφορά τις συνθήκες στην στεριά, είναι σημαντικό ο επίγειος σταθμός που παρέχει την επαφή με το χερσαίο δίκτυο να βρίσκεται κοντά στις μονάδες παραγωγής, ενώ εάν είναι πιο μέσα στην ενδοχώρα, το έδαφος και η τοπογραφία να επιτρέπουν την τοποθέτηση των καλωδίων σε λογικό

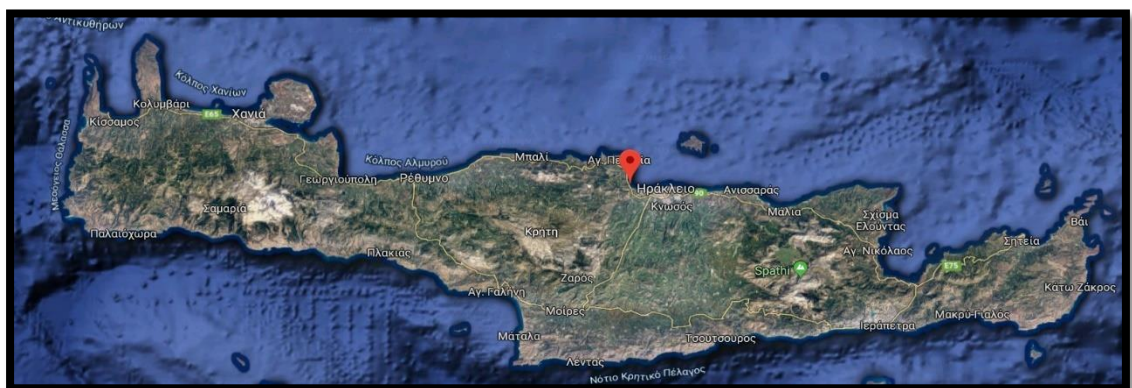
κόστος. Σε μερικές περιοχές η ανάγκη για δημιουργία τοπικής βιομηχανίας θα οδηγήσει στην ανάπτυξη, ενώ σε άλλες περιοχές η ύπαρξη συμπληρωματικών βιομηχανιών ναυπηγεία, χαλυβουργεία, υπεράκτιες δραστηριότητες) θα στηρίξει σημαντικά την ανάπτυξη μιας βιομηχανίας κυματικής ενέργειας. Σε έργα μεγάλης κλίμακας το σημαντικότερο εμπόδιο είναι η δυνατότητα και η διαθεσιμότητα του δικτύου διανομής. Αυτό διότι οι ευνοϊκοί πόροι κυματικής ενέργειας μπορεί να βρίσκονται σε περιοχές με σχετικά αδύνατο δίκτυο ακόμη και εντός Ευρώπης.

6.2. ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ - ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ

Πριν την παρουσίαση και ανάλυση του προτεινόμενου προς εγκατάσταση μηχανισμού στα Λινοπεράματα κρίνεται σκόπιμο η παρουσίαση των διαθέσιμων κυματικών δυναμικών στην περιοχή. Αυτό αποτελεί και τον βασικότερο παράγοντα για την μετέπειτα επιλογή μηχανισμού εγκατάστασης.

Ο τομέας της ενέργειας βρίσκεται στο επίκεντρο του ευρύτερου σχεδιασμού για βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς οι ενεργειακές επιλογές επηρεάζουν όλες τις πλευρές της κοινωνικής και οικονομικής ζωής. Η ύπαρξη επομένως ενός ολοκληρωμένου Ενεργειακού Σχεδιασμού σε επίπεδο Περιφέρειας αποτελεί βασικό εργαλείο για την υλοποίηση της βιώσιμης περιφερειακής ανάπτυξης με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και την εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού, την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η Κρήτη αποτελούσε και αποτελεί μία ιδιαίτερη ενεργειακά περίπτωση, λόγω του μεγέθους της, της θέσης της, του μεγάλου δυναμικού ΑΠΕ, της αυτοπαραγωγής ενέργειας, της μη ύπαρξης ηλεκτρικής διασύνδεσης, της πρόσφατης έρευνας στην ευρύτερη περιοχή για την αξιοποίηση των υδρογονανθράκων της, της ένταξής της σε ευρωπαϊκά στρατηγικού ενδιαφέροντος ενεργειακά έργα, καθώς και της ανάπτυξής της που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον τουρισμό, τον πρωτογενή τομέα, αλλά και στο πλούσιο πολιτιστικό και περιβαλλοντικό απόθεμά της.



Εικόνα 6.1 : Συντεταγμένες τοποθεσίας εγκατάστασης μηχανισμού (35.375N, 25.125E)

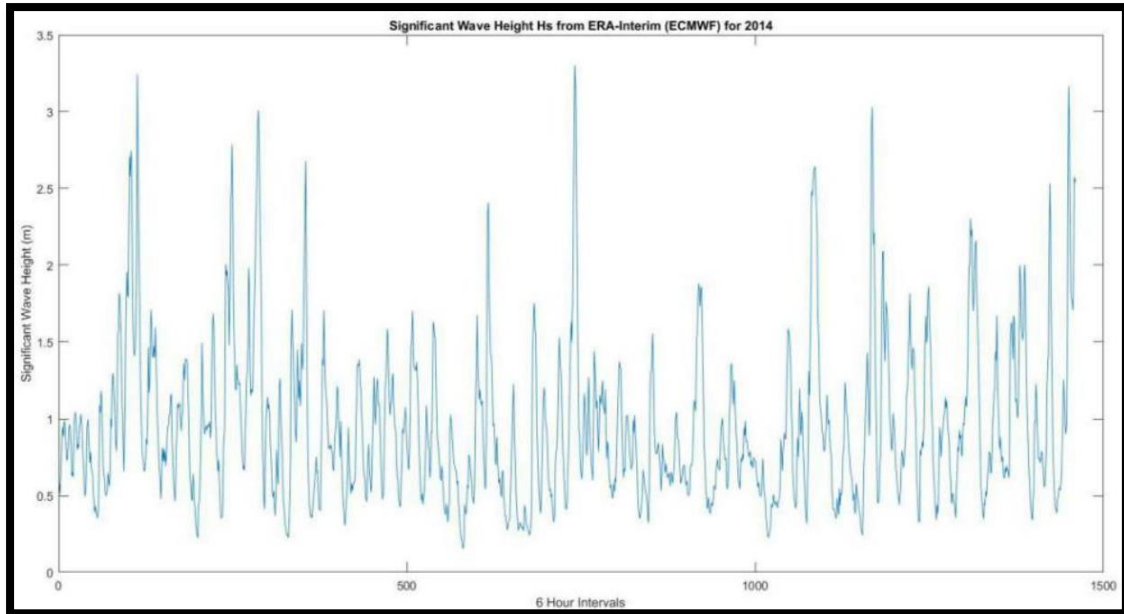
Σημαντικός όγκος δεδομένων αναφορικά με τα κυματικά δυναμικά της περιοχής δόθηκαν έπειτα από επικοινωνία με το Ελκεθε και την ευγενική χορηγία πληροφοριών που αφορούσαν χρονοσειρές δεδομένων οι οποίες εκτείνονταν σε μια περίοδο από 01/01/1979 έως 31/12/2014 και απεικονίζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα :

Wave Energy Data (35.375N, 25.125E)						
Year	Month	Day	Hour	Wave Height	Wave Period	Direction
1979.000	10.000	10.000	0.0000	14.269	49.654	255,7231
1979.000	10.000	10.000	60.000	17.408	53.704	244,8789
1979.000	10.000	10.000	120.000	22.169	59.141	242,2091
...
2014.000	120.000	310.000	60.000	25.760	67.436	251,7995
2014.000	120.000	310.000	120.000	25.395	74.517	249,5142
2014.000	120.000	310.000	180.000	25.626	75.178	250,3273

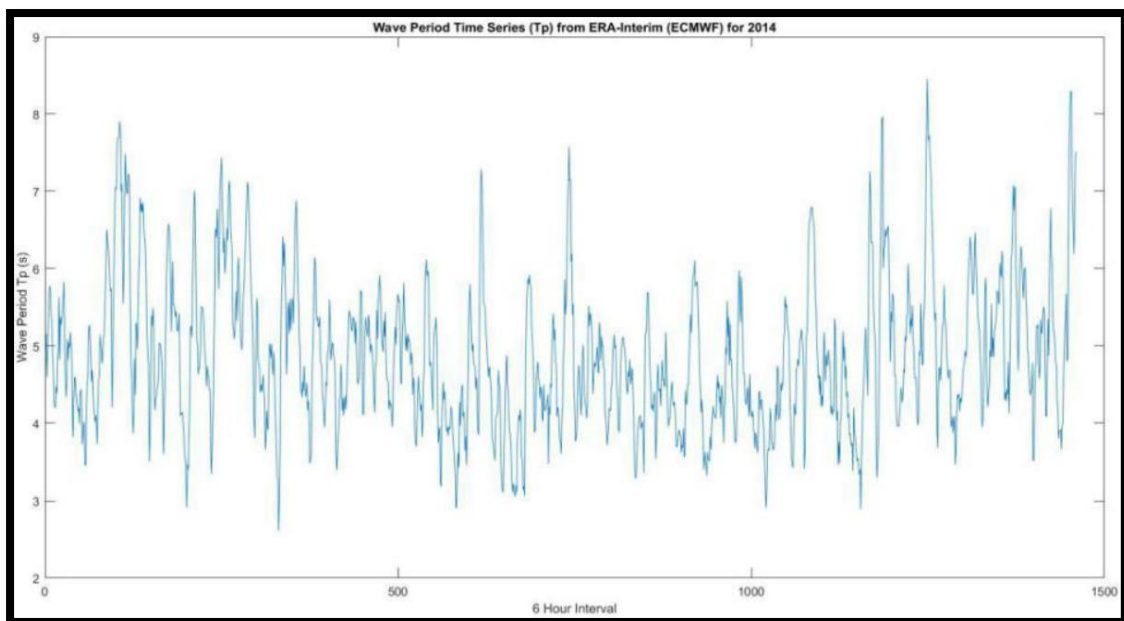
Εικόνα 6.2 : Κυματικά Δυναμικά στο πέρασμα των ετών

Για την όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη αποτύπωση του μέσου κυματικού δυναμικού που επικρατεί στα Λινοπεράματα από όλα τα δεδομένα που ελήφθησαν έγινε απομόνωση και περαιτέρω επεξεργασία του πιο πρόσφατου έτους (2014).

Πιο αναλυτικά στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται το μέσο ύψος κύματος όπως και η περίοδος κύματος που προέκυψαν από τις μετρήσεις που πάρθηκαν κατά το 2014 [συχνότητα δειγματοληψίας = 1 ανα 6 ώρες].



Εικόνα 6.3 : Σημαντικό ύψος Κύματος για το 2014



Εικόνα 6.4 : Περίοδος Κύματος για το 2014

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα :

1. Το μέγιστο ύψος κύματος στην περιοχή κυμαίνεται στα 3.5 m.
2. Μέση περίοδος κύματος υπολογίζεται στα 5 sec.

Έχοντας υπολογισμένα πλέον το σημαντικό ύψος και την περίοδο του κύματος είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το μέσο κυματικό δυναμικό της περιοχής.

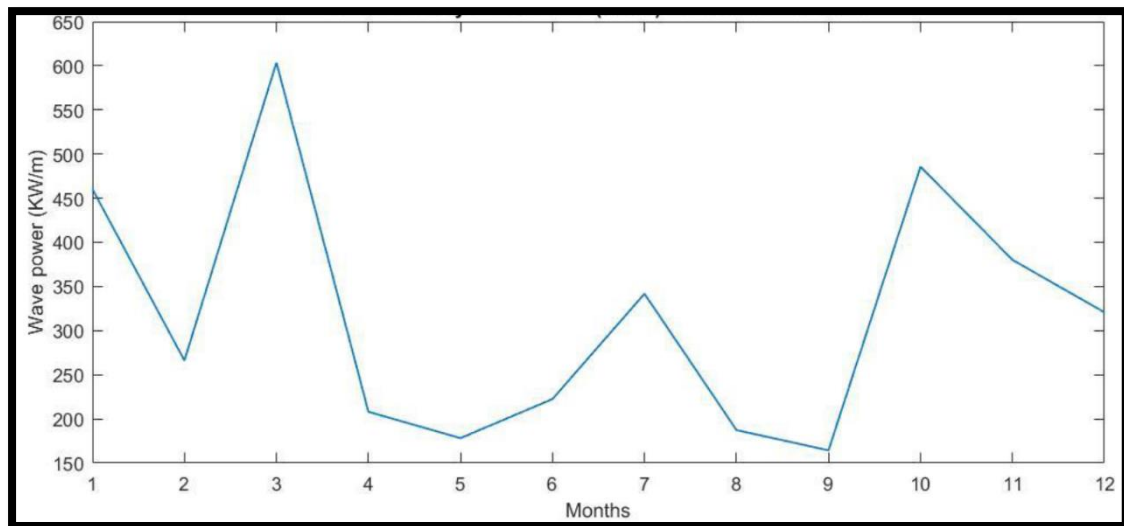
Οι εξισώσεις που θα χρησιμοποιηθούν έχουν αναφερθεί στο 2^ο κεφάλαιο και είναι οι εξής :

$$P_i = 0.49H^2T \quad \text{όπου } i \text{ ο αριθμός των διαθέσιμων μετρήσεων}$$

Κ το μέσο κυματικό δυναμικό προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}$$

Ακολουθεί το διάγραμμα του μέσου κυματικού δυναμικού για τα Λινοπεράματα για το έτος 2014 :



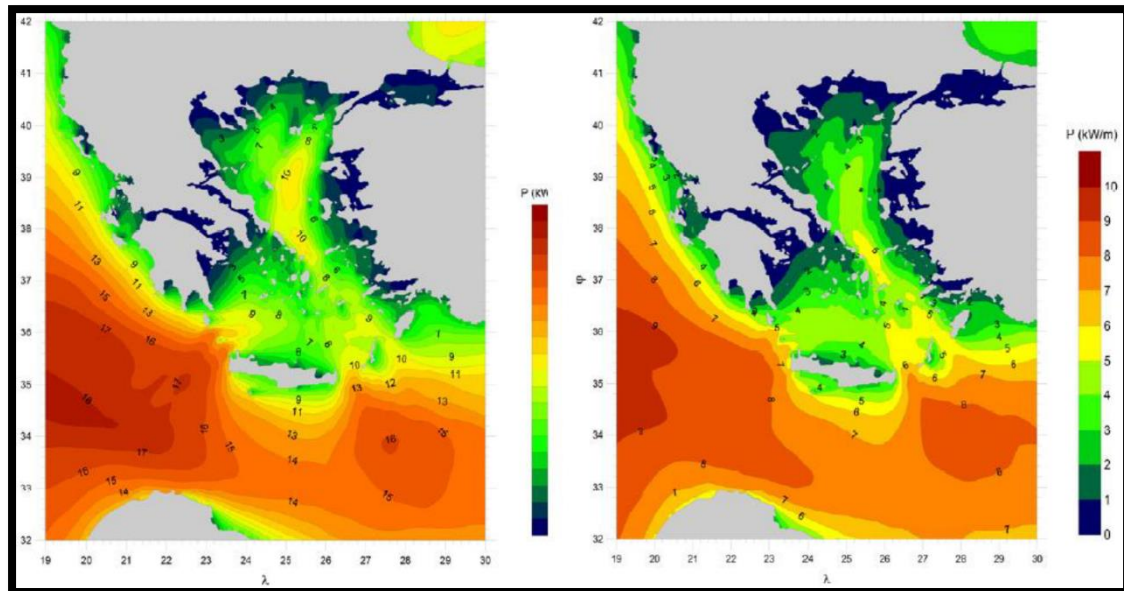
Εικόνα 6.5 : Μέσο κυματικό δυναμικό - Λινοπεράματα 2014

Η σημαντικότερη παρατήρηση που προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα είναι πως τα υψηλότερα κυματικά δυναμικά συναντώνται κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Αυτό είναι ένα 1^ο στοιχείο που μας υποδηλώνει ποιες περιόδους θα είναι προτιμότερο να λειτουργεί ο μηχανισμός επιτυγχάνοντας την μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα.

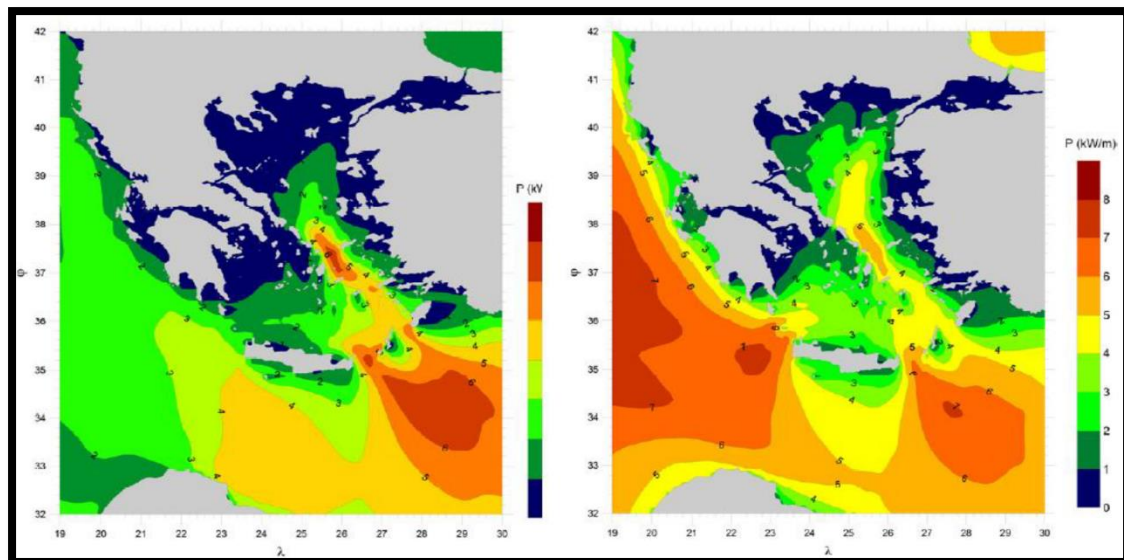
Υπάρχει λεπτομερής αξιολόγηση του κυματικού δυναμικού των ελληνικών θαλασσών, που χρησιμοποιεί στοιχεία από αριθμητικά πρότυπα προσομοίωσης κυμάτων σε συνδυασμό με επιτόπιες μετρήσεις κυμάτων. Τα στοιχεία είναι υψηλής χωρικής και χρονικής ανάλυσης και καλύπτει μια περίοδο 10 ετών (1995-2004) και δημοσιεύεται υπό την μορφή Wind and Wave Atlas (Soukissian).

Η συγκεκριμένη μελέτη, εκθέτει τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στα διαγράμματα της χωρικής διανομής της μέσης ενέργειας κυμάτων σε εποχιακή βάση (εικόνα 6.6, 6.7). Στην εποχιακή βάση, η μέση ενέργεια κυμάτων φθάνει στις μέγιστες τιμές της κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Βόρεια των Κυκλάδων, η μέγιστη δύναμη κυμάτων είναι 10 kW/m, ενώ νότια

των Κυκλάδων έχει χαμηλότερη αξία, 6-8 kW/m. Στο νοτιοανατολικό Αιγαίο, μεταξύ των νησιών Κρήτη και Κάσος, η δύναμη κυμάτων είναι περίπου 10-12 kW/m ενώ στο νοτιοδυτικό Αιγαίο, είναι περίπου 8-10 kW/m. Το υψηλότερο κυματικό δυναμικό στο Αιγαίο κυμαίνεται μεταξύ 12 και 14 kW/m και παρατηρείται μεταξύ των νησιών Κρήτη και Κύθηρα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, στο Ιόνιο Πέλαγος, οι τιμές είναι υψηλότερες (9-15 kW/m).



Εικόνα 6.6 : Μέση ενέργεια κυμάτων στις Ελληνικές θάλασσες : Αριστερά - Χειμώνας , Δεξιά - Άνοιξη



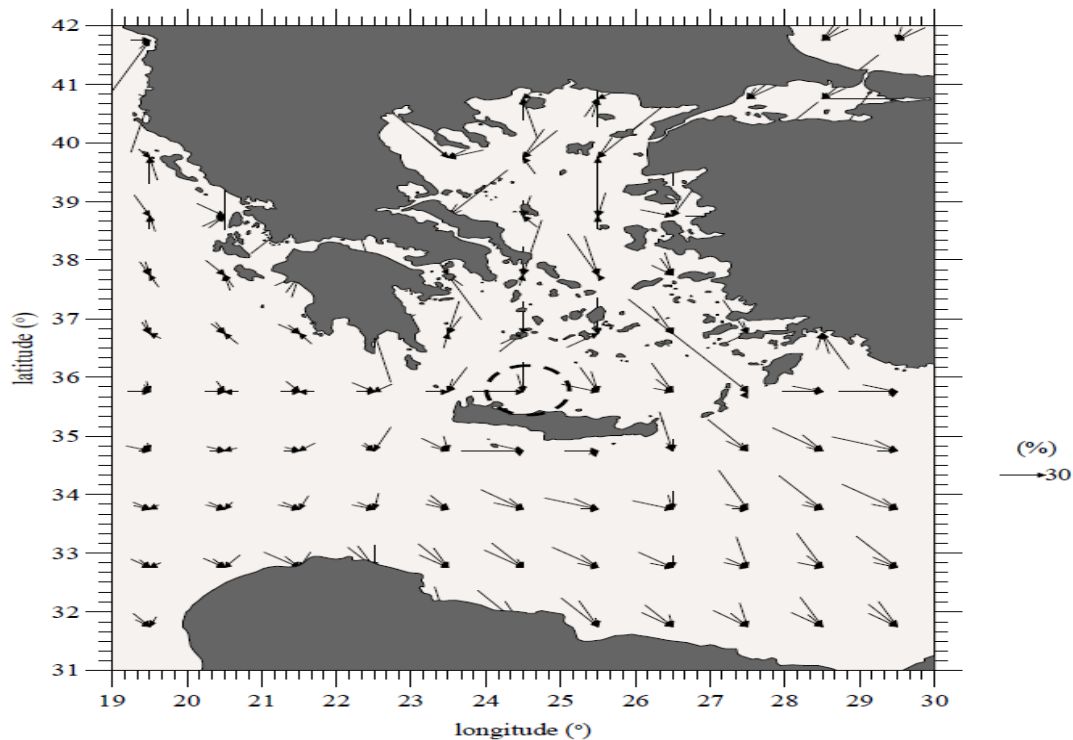
Εικόνα 6.7 : Μέση ενέργεια κυμάτων στις Ελληνικές θάλασσες : Αριστερά - καλοκαίρι , Δεξιά - Φθινόπωρο

Την άνοιξη στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο οι τιμές της μέσης ενέργειας κυμάτων δεν υπερβαίνει τα 5 kW/m. η μέγιστη τιμή παρατηρείται πάλι μεταξύ των νησιών Κρήτη - Κύθηρα, Κρήτη - Κάσος και Κάρπαθος - Ρόδος και φτάνει τα 7 kW/m. Την ίδια περίοδο, στο Ιόνιο η μέση τιμή κυμαίνεται επίσης στα 7 kW/m.

Το καλοκαίρι η υψηλότερη μέση κυματική ενέργεια παρατηρείται στο κεντρικό Αιγαίο, βόρεια των Κυκλάδων (5-6 kW/m) και στο νοτιοανατολικό Αιγαίο μεταξύ των νησιών Κρήτη - Κάσος (5-6 kW/m) και Κάρπαθος - Ρόδος (5 kW/m). Αυτό συμβαίνει λόγω των δυνατών ανέμων από βόρειο - βορειοδυτικές κατευθύνσεις προς τα νότια - νοτιοανατολικά που αναπτύσσονται στο Αιγαίο Πέλαγος το καλοκαίρι.

Το φθινόπωρο στο κεντρικό - βόρειο Αιγαίο η μέση κυματική ενέργεια κυμαίνεται στα 3 -5 kW/m. Στο νοτιοδυτικό Αιγαίο, μεταξύ των νησιών Κρήτη - Κύθηρα και στο νοτιοανατολικό Αιγαίο μεταξύ των νησιών Κρήτη - Κάσος, Κάρπαθος - Ρόδος κυμαίνονται μεταξύ 5-6 kW/m. Αντίστοιχες τιμές παρατηρούνται την ίδια περίοδο και στο Ιόνιο Πέλαγος.

Τέλος στο διάγραμμα 6.8 απεικονίζονται οι 3 πιθανότερες κατευθύνσεις ανέμου-κυματικής διάδοσης για το φθινόπωρο. Όπως γίνεται αντιληπτό οι κατευθύνσεις αυτές έχουν σαν προορισμό και την περιοχή των Λινοπεραμάτων.

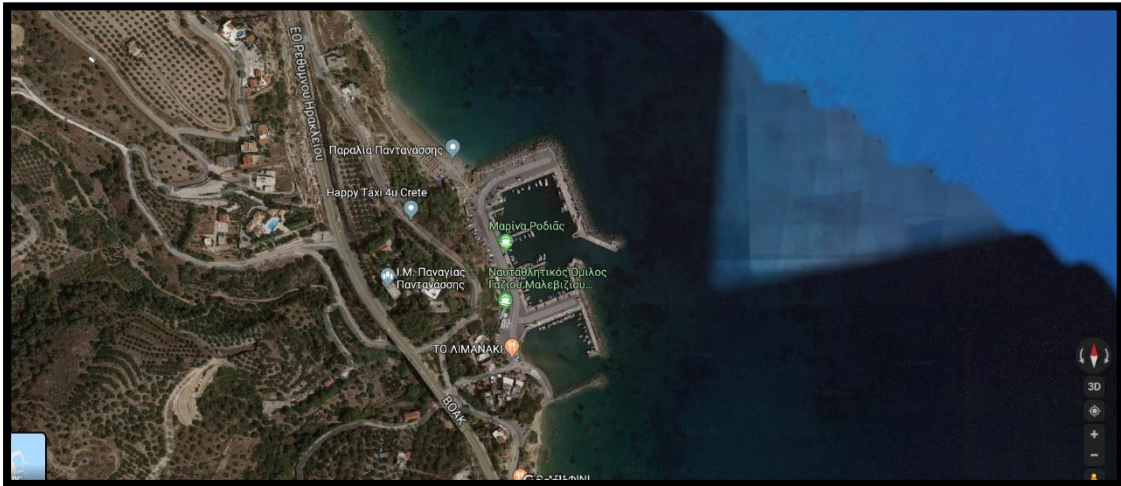


Εικόνα 6.8 : Χωρική κατανομή των 3 πιθανότερων κατευθύνσεων κυματικής διάδοσης για το φθινόπωρο

6.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το σημείο εγκατάστασης του υποψήφιου μηχανισμού είναι η μαρίνα Ροδιάς στα Λινοπεράματα. Όπως γίνεται αντιληπτό ο μηχανισμός θα εγκατασταθεί επάκτια στην εξωτερική μεριά της μαρίνας, αυτή δηλαδή που βρίσκεται εκτεθειμένη στους κυματισμούς. Οι κυριότεροι λόγοι επιλογής επάκτιου μηχανισμού είναι οι εξής :

1. Τα χαμηλά κυματικά δυναμικά που επικρατούν στην περιοχή θα καθιστούσαν οικονομικά ασύμφορη την εγκατάσταση ενός παράκτιου ή υπεράκτιου μηχανισμού
2. Το κόστος εγκατάστασης ενός επάκτιου μηχανισμού είναι χαμηλότερο σε σχέση με την εγκατάσταση σε πιο απομακρυσμένα σημεία από την ακτή
3. Η συντήρηση μιας επάκτιας εγκατάστασης είναι ευκολότερη λόγω προσβασιμότητας και άμεσης επέμβασης σε περίπτωση βλάβης



Εικόνα 6.9 : Μαρίνα Ροδιάς - Λινοπεράματα



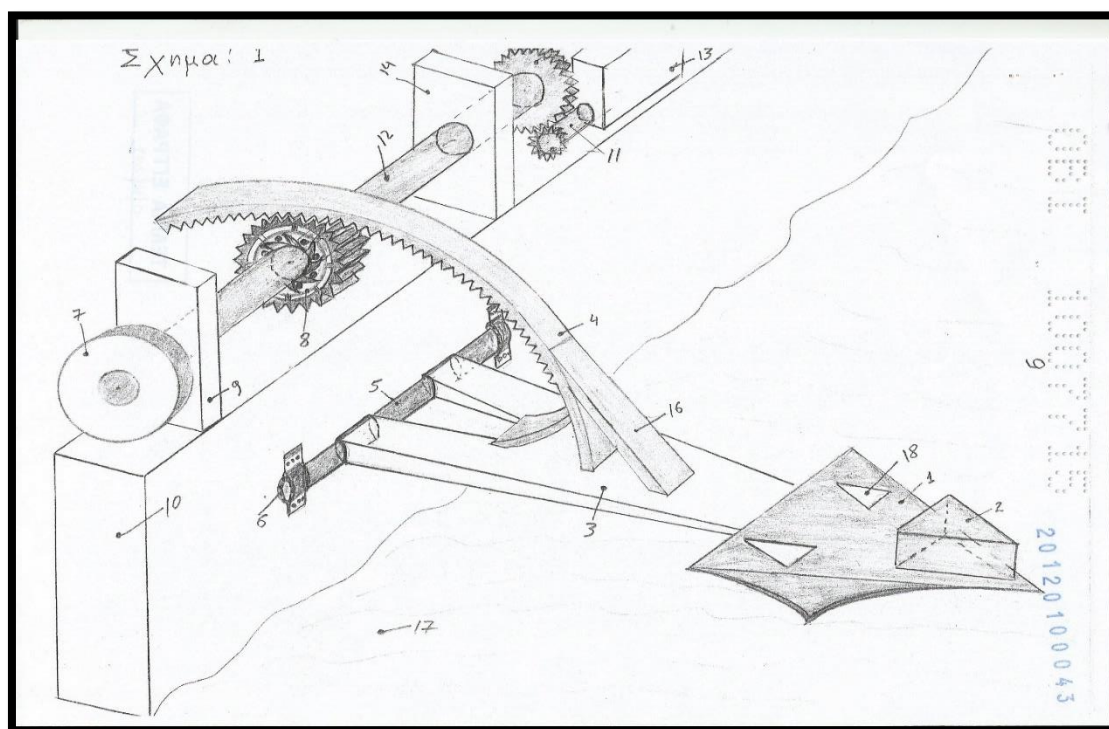
Εικόνα 6.10: Μαρίνα Ροδιάς - Λινοπεράματα , Ένδειξη σημείου εγκατάστασης μηχανισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο : ΕΠΑΚΤΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ

Αναλυτική περιγραφή των κύριων μηχανισμών ανά σημείο εφαρμογής πραγματοποιήθηκε στο 3^ο κεφάλαιο. Στο παρών κεφάλαιο θα παρουσιασθεί ο υποψήφιος προς εγκατάσταση επάκτιος μηχανισμός για τα Λινοπεράματα.

Ο μηχανισμός που επιλέχθηκε είναι μια πιλοτική εγκατάσταση επίσημα κατοχυρωμένη ευρεσιτεχνία με Αρ.1007715 και θέμα : Μηχανή παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας από την ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.



Εικόνα 7.1: Γενική διάταξη μηχανισμού

Στην Εικ.7.1 απεικονίζεται ο μηχανισμός μετατροπής κυματικής ενέργειας ο οποίος είναι εγκαταστημένος σε μια βάση από μπετό (10) η οποία βάση στηρίζεται στην βραχώδη ακτή.

Αποτελούμενος από δυο οριζόντιους μεταλλικούς άξονες, ο ένας σε απόσταση πάνω από τον άλλον όπου ο κάτω άξονας(5), εγκαταστημένος στο κάτω μέρος της βάσης, χρησιμεύει όχι μόνο για την στήριξη του μηχανισμού κράτησης(3) ενός μεταλλικού σκάφους (1) όπου πλέει στην ακτή, αλλά και την εξασφάλιση της ελεύθερης κάθετης μετακίνησης του από τις δυνάμεις των κυμάτων της θάλασσας και την ενέργεια όπου απελευθερώνεται από αυτά με το σκάσιμο τους στην ακτή μετατοπίζοντας μεγάλες μάζες νερού προς τα πάνω και ακολουθώντας μια μεγάλη εκκένωση προς τα κάτω.

Ο πάνω άξονας (12), ο άξονας της ενέργειας, εγκαταστημένος σε ένα ψηλότερο και ασφαλέστερο σημείο, παίρνει την ροπή όπου προκαλεί η κάθετη κίνηση (το πέσιμο) του σκάφους (1) μέσω του μηχανισμού κράτησης (3), του οδοντωτού μεταλλικού τόξου (4) και του μηχανισμού μονόπλευρης κυκλικής κίνησης (8), μετατρέποντας έτσι την βαρυτική ενέργεια του σκάφους (1) σε κινητική ενέργεια του πάνω μεταλλικού άξονα (12).

Έτσι στο ανέβασμα του σκάφους (1) από τις δυνάμεις του κυματισμού και του σκασίματος του κύματος στην ακτή, παίρνουμε την μέγιστη βαρυτική ενέργεια χωρίς να του φέρουμε καμιά αντίσταση. Έτσι στο πέσιμο του, μετατρέπουμε αυτήν την ενέργεια σε μονόπλευρη κυκλική κινητική κίνηση του πάνω άξονα (12). Για την εξομάλυνση της κυκλικής κίνησης του πάνω άξονα (12) τοποθετείτε στην μια πλευρά του άξονα ένας σφόνδυλος (7) όπου με την μεγάλη περιστροφική αδράνεια που τον χαρακτηρίζει δίνει συνέχεια και ομαλοποιεί την κυκλική κίνηση του άξονα αυτού.

Στην άλλη άκρη του πάνω άξονα (12) μέσω μια διάταξης γранаζιών περιστρέφεται ο άξονας (11) της ηλεκτρογεννήτριας (13) η οποία παράγει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Μηχανικά Μέρη Μηχανισμού :

- Κάτω μεταλλικός οριζόντιος άξονας (5)

Ο κάτω μεταλλικός οριζόντιος άξονας (5) χρησιμεύει για την κράτηση του μηχανισμού κράτησης (3), του μεταλλικού σκάφους (1) αλλά και την δυνατότητα να στριφογυρίζει ο μηχανισμός αυτός μαζί με το σκάφος ελεύθερα μόνο στο κάθετο πλάνο. Το μέγεθος του θα είναι ανάλογο του μεγέθους και του βάρους του μεταλλικού σκάφους (1). Ξεκινώντας από την ιδέα της αρχής της λειτουργίας της μηχανής όπου η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται θα είναι ανάλογη της βαρυτικής ενέργειας του μεταλλικού σκάφους (1), τότε τα μεγέθη του σκάφους θα είναι μερικά κυβικά μέτρα σε όγκο και μερικούς τόνους σε βάρος. Αν υπολογισθούν και οι μεγάλες δυνάμεις με διαφορετικές κατευθύνσεις, όπου τα θαλάσσια κύματα θα χτυπούν το σκάφος, τότε συμπεραίνεται ότι ο κάτω μεταλλικός άξονας (5) μαζί με τα ρουλεμάν κράτησης του (6) είναι σημαντικά μέρη της μηχανής αφού εξασφαλίζουν την απόλυτη κράτηση και διαχείριση του μεταλλικού σκάφους (1).

Αν δεν ληφθούν υπόψιν τα άλλα μέρη της μηχανής, ο κάτω άξονας (5) πρέπει να εξασφαλίσει από μόνος του την απόλυτη κράτηση και κάθετη μετακίνηση του σκάφους (1) σε οποιαδήποτε θαλάσσια συνθήκη. Για να αντέξει περισσότερο τις ταλαντώσεις όπου του προκαλούν οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω του, θα ήταν προτιμότερο αυτός να είναι ένας μεταλλικός σωληνωτός άξονας. Το μήκος θα εξαρτηθεί από το γενικό πλάτος του σκάφους κυρίως της πίσω πλευράς του όπου αποτελεί και τη βάση σύνδεσης του σκάφους (1) με τον μηχανισμό κράτησης (3), αλλά και από το μήκος του μηχανισμού κράτησης. Εφόσον όλα αυτά μαζί και το βάρος του σκάφους καθορίζουν τις δυνάμεις όπου θα ασκούνται πάνω στον άξονα (5) και τα ρουλεμάν στήριξης και κράτησης(6). Η τοποθέτηση του κάτω άξονα

κράτησης του σκάφους κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, όχι μόνο εξασφαλίζει την κράτηση και κάθετη μετατόπιση του από την δύναμη του κύματος, αλλά δίνει την δυνατότητα λήψης του μέγιστου βήματος περιστροφικής κίνησης από την κάθετη κίνηση του σκάφους, όπου του προκαλούν οι δυνάμεις του κυματισμού και του σκασίματος του κύματος.

Το ύψος όπου θα εγκατασταθεί ο κάτω άξονας (5), στην βάση από μπετό (10), θα εξαρτηθεί από το ύψος του πίσω μέρους του μεταλλικού σκάφους (1) όπου εξέχει από την επιφάνεια της θάλασσας. Π.χ. εάν το σκάφος εξέχει 1μ. τότε και ο άξονας (5) θα εγκατασταθεί περίπου σε αυτό το ύψος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθορίσει την οριζόντια θέση του μηχανισμού κράτησης(3) του σκάφους όταν έχουμε μια ήρεμη θάλασσα και αυτό με τη σειρά του εξασφαλίζει την μέγιστη περιστροφική γωνία(α), όταν το σκάφος ανεβοκατεβαίνει από τον κυματισμό της θάλασσας. Η περιστροφική γωνία (α) είναι σημαντική γιατί καθορίζει το μέγεθος της περιστροφής του πάνω άξονα(12) από το οδοντωτό τόξο (4).

- Ρουλεμάν (6)

Τα ρουλεμάν (6) χρησιμεύουν για την στήριξη και μείωση της τριβής του άξονα αυτού. Μαζί με το μεταλλικό κέλυφος της κράτησης τους θα καθορίσουν την αντοχή κράτησης του άξονα (5) και την διαχείριση της κάθετης κίνησης του σκάφους (1). Η στήριξη τους θα ξεκινήσει από το δέσιμο της βάση τους με το στέρεο σκυρόδεμα της βάσης (10) από μπετόν. Ο αριθμός τους, όχι λιγότεροι από τέσσερεις, θα επιμεριστεί τις δυνάμεις κράτησης του βάρους του σκάφους και θα εγγυηθούν τις αντοχές τη στερέωσης και καλής λειτουργίας όλης της μηχανής. Για την προστασία από το θαλάσσιο περιβάλλον (υγρασία και άλατα) η μονάδα του κάθε ρουλεμάν (βάση +ρουλεμάν +μεταλλικό κέλυφος +τσιμούχες + βίδες + λιπαντικά) θα περιληφθεί από ένα πλαστικό κέλυφος όπου θα αγκαλιάζει όλη την μονάδα. Στην εγκατάσταση τους για την ευθυγράμμιση του άξονα (5) είναι καλό να χρησιμοποιηθεί ένα αντίγραφο του άξονα όπου θα ακολουθήσει την διαδικασία εγκατάστασης της βάσης τους από την στιγμή όπου ρίχνεται το μπετό της βάσης (10).

- Μηχανισμός κράτησης του σκάφους (3)

Ο μηχανισμός κράτησης του σκάφους (3) είναι μια ενιαία μεταλλική πλατφόρμα, όπως φαίνεται και στο σχήμα (7.1), σε μορφή τριγώνου όπου χρησιμεύει για να κρατήσει το σκάφος(1) σε απόσταση από την ακτή, αλλά και τη σύνδεση του πίσω μέρος του, μέσω του άξονα (5), στα ρουλεμάν (6) της βάσης από μπετόν (10). Έτσι ο μηχανισμός αυτός αποτελεί μια γερή μεταλλική κατασκευή όπου θα μπορεί να κρατά το βάρος του σκάφους, να απορροφά τος κραδασμούς από την σύγκρουση με τα κύματα και μαζί με τον άξονα (5) και τα ρουλεμάν(6) να μετατρέπουν την κίνηση του μόνο σε κάθετη. Ο μηχανισμός κράτησης του σκάφους χρησιμεύει και για την στήριξη του μεταλλικού οδοντωτού τόξου(4) μέσω των στηριγμάτων (16). Επίσης στον παραπάνω μηχανισμό, ανάμεσα στον άξονα στήριξης (5) και του

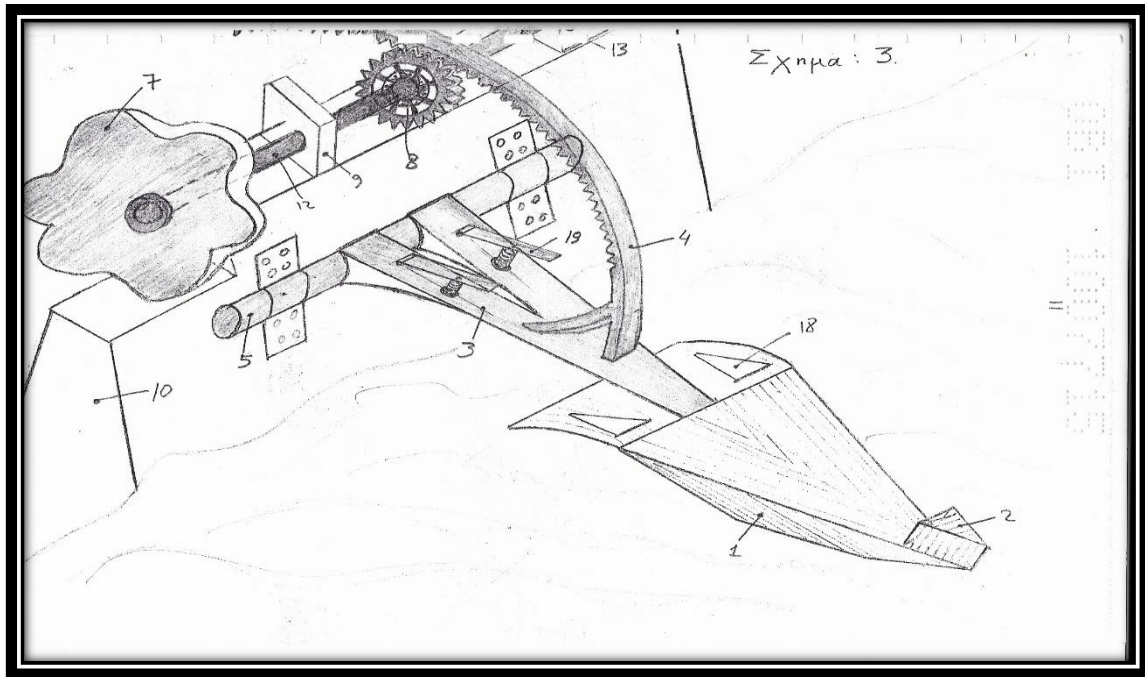
σημείου όπου ξεκινά το μεταλλικό οδοντωτό τόξο στηρίζονται τα αμορτισέρ (19) της μηχανής. Τα αμορτισέρ, δυο από την πάνω και δυο από την κάτω πλευρά του μηχανισμού, θα απορροφήσουν τις δυνάμεις σύγκρουσης του μηχανισμού κράτησης (3) με την βάση (10) σε μια ακραία φουρτουνιασμένη θάλασσα και μαζί με αυτό θα καθορίσουν και τα όρια της κάθετης μετακίνησης του σκάφους στην πάνω και κάτω πλευρά της βάσης (10).

Η απόσταση όπου ο μηχανισμός (3) κρατάει το σκάφος (1) από την ακτή καθορίζετε από τους εξής παράγοντες :

α) Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή λειτουργίας του μηχανισμού, η ενέργεια όπου εκμεταλλεύεται είναι από τα κύματα της θάλασσας, όχι μόνο σαν κυματισμό, αλλά και από το σκάσιμο τους στην ακτή, όπου αυτό αποτελεί και ένα από τα προτερήματά της. Για να το εκμεταλλευτεί αυτό πρέπει και η απόσταση τους σκάφους από την ακτή να είναι μέσα στην περιοχή του σκασίματος του κύματος (π.χ. μερικά μέτρα).

β) Από το νόμο της ροπής ($t=R \times F$ όπου t -είναι η ροπή , R - η απόσταση και F -η δύναμη). Όσο μεγαλύτερη η απόσταση του σκάφους από την βάση (10) τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη (ροπή) που ασκείτε στον άξονα της ενέργειας (12). Από την άλλη μεριά με τον ίδιο νόμο τόσο μεγάλες είναι και οι καταστροφικές δυνάμεις όπου ασκούνται στον άξονα κράτησης (5), στα ρουλεμάν (6) αλλά και στον ίδιο τον μηχανισμό κράτησης του σκάφους(3). Άρα η δύναμη όπου θα επιβάλει το βάρος του σκάφους (1), θα καθορίσει και την απόσταση του από την ακτή υπολογίζοντας την αντοχή όλου του συστήματος κράτησης του σκάφους (άξονας 5 + ρουλεμάν 6 + μηχανισμός κράτησης 3).

γ) Στην απόσταση του σκάφους από την ακτή, μέσω του μήκους του μηχανισμού κράτησης (3), θα πρέπει να υπολογιστεί και το μέγεθος, το ύψος του κάτω μέρους του σκάφους, όπου είναι μέσα στο νερό. Αν η απόσταση αυτή είναι πολύ μικρή τότε το κάτω σημείο του σκάφους θα συγκρούετε με την προέκταση της βάσης (10), η την προέκταση της βραχώδης ακτής ως προς το βυθό. Για τον λόγο αυτό για την επιλογή της θέσης κατασκευής της βάσης (10) θα ωφελήσει ο απότομος βυθός της ακτής.



Εικόνα 7.2: Λεπτομερέστερη απεικόνιση του μηχανισμού

- Μεταλλικό σκάφος (1)

Το μεταλλικό σκάφος (1) αποτελεί το βασικό στοιχείο όπου καθορίζει όχι μόνο το μέγεθος της ωφέλιμης ενέργειας, αλλά θα καθορίσει και τα όρια αντοχής του μηχανισμού κράτησης και διαχείρισής του. Το σχήμα του σκάφους (1) θα εξαρτηθεί από την μεγαλύτερη απόδοση στην καθετή μετακίνηση του από τα κύματα της θάλασσας. Από το μέγεθος του θα καθοριστεί αντιστοίχως και το μέγεθος της μηχανής ανάλογα με τις δυνατότητες εγκατάστασης, τα μεγέθη παραγωγής, την αντοχή της μηχανής στις ακραίες συνθήκες μιας παραγμένης θάλασσας, αλλά και την ευαισθησία της μηχανής στην δυνατότητα μετατροπής της κυματικής ενέργειας σε σχέση με τον μικρό κυματισμό. Αφού είναι τόσο σημαντική η μορφή και το βάρος του σκάφους (1) στην απόδοση, στην αντοχή αλλά και στην επιτυχία όλης της προσπάθειας, θα αναλυθούν περαιτέρω οι επιλογές που θα επηρεάσουν στην διαμόρφωση της μορφής και του βάρους του.

α) Το σκάφος (1) όπου πλέει στην επιφάνεια της θάλασσας στην ακτή είναι εκτεθειμένο να συγκρούεται με τα θαλάσσια κύματα και το θαλάσσιο περιβάλλον όπου διαμορφώνεται εκεί. Αυτό από μόνο του καθορίζει τη μορφή του αντικείμενου, όπου τα σημεία της επαφής και σύγκρουσης με την επιφάνειά της θάλασσας πρέπει να είναι κοφτερά με σκοπό το αντικείμενο αυτό να απορροφά, αλλά και να αντέχει τους κραδασμούς της σύγκρουσης. Έτσι η κάτω και η μπροστινή πλευρά του σκάφους πρέπει να είναι κοφτερή με σκοπό το σκάφος (1) να αντέχει τις δυνάμεις της σύγκρουσης και να έχει χρόνο και χώρο να παίρνει την απαιτούμενη ενέργεια από τα κύματα όπου χτυπούν το μπροστά και κάτω μέρος του σκάφους (1).

β) Όταν το σκάφος (1) βυθίζεται από τη σύγκρουση και ξανανεβαίνει από την δύναμη της άνωσης, όπου το ανέβασμα του είναι πάντα ωφέλιμο γιατί είναι αυτό όπου αυξάνει την βαρυτική ενέργεια, τότε στην διαδικασία του ανεβάσματος πρέπει να μειωθεί κάθε αχρείαστη αντίσταση στην πάνω επιφάνεια του σκάφους, όπως και στα υποβρύχια, να έχει τις απαραίτητες καμπύλες για να γλιστράει το νερό πάνω του.

γ) Και η πίσω πλευρά του σκάφους (1), όπου συγκρούεται με τη μάζα του νερού όπου επιστρέφει μετά το σκάσιμο του κύματος στην ακτή, πρέπει να είναι λίγο κοφτερή και πλαγιαστή (λιγότερο από την μπροστινή και κάτω πλευρά). Η κλίση της ως προς το κάθετο πλάνο να είναι τέτοια όπου να βοηθάει την συνιστώσα δύναμη του νερού να ανεβάζει κάθετα το σκάφος. Η κλίση προς τα μέσα του κάτω σημείου της πίσω πλευράς του σκάφους, απομακρύνει το κατώτερο σημείο του σκάφους από το κάθετο πίσω όριο του, μεγαλώνοντας την γωνία της κάθετης μετακίνησης του σκάφους και αποφεύγοντας την υποθαλάσσια σύγκρουση του με την προέκταση της βραχώδης ακτής προς τα κάτω.

δ) Βοηθητικό ρόλο στην μείωση της επίδρασης των πλευρικών δυνάμεων των κυμάτων της θάλασσας με αποτέλεσμα το σπάσιμο και την αποκόλληση των ρουλεμάν στήριξης (6), θα παίξει η δημιουργία **εσκεμμένων ξέχειλων (18)**, σε μορφή τριγώνου με βάση προς την πλώρη. Όσο μεγαλύτερη η δύναμη και το μέγεθος του κύματος τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το ξεχείλισμα από τις τρύπες και ανάλογα τόσο θα μειώνονται οι πλευρικές δυνάμεις όπου καταστρέφουν το σκάφος στα πολλά μποφόρ.

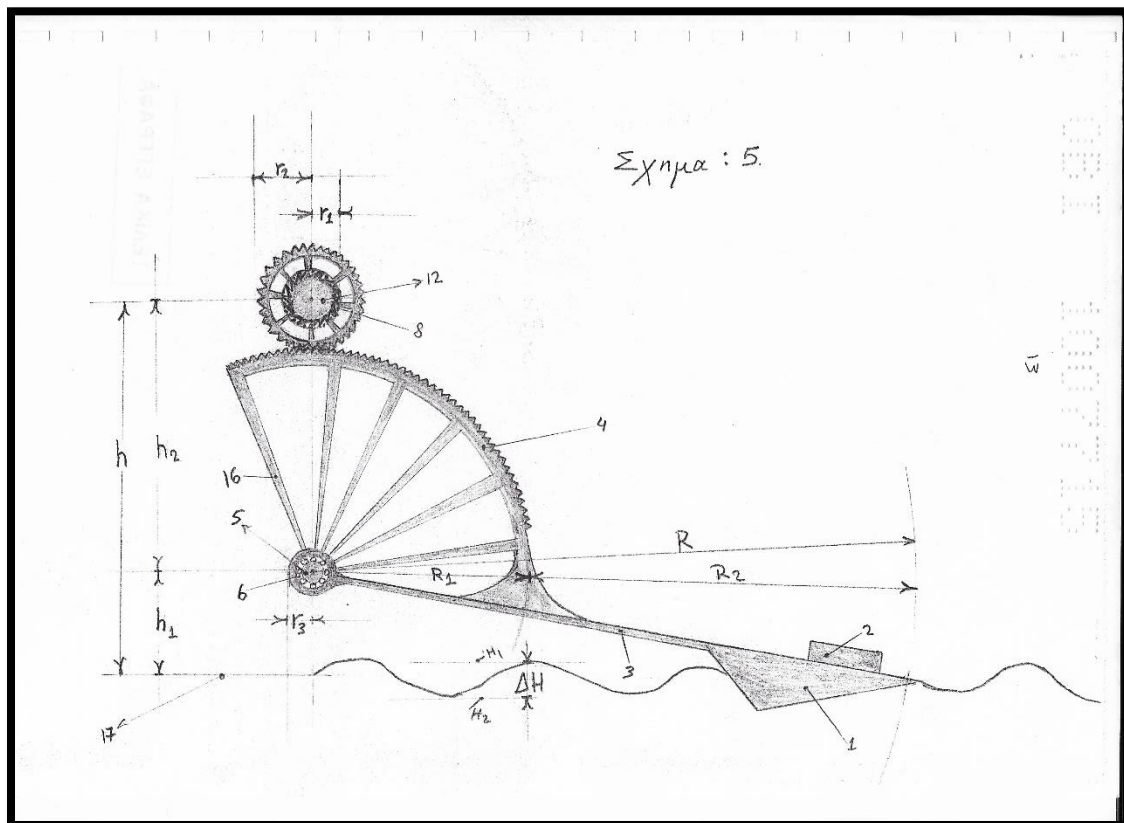
Παίρνοντας υπόψιν όλους τους παραπάνω παράγοντες μπορούμε τώρα να καταλήξουμε σε μια ευέλικτη μορφή του σκάφους (1) όπου θα ικανοποιεί τις παραπάνω ιδέες και θα μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε κινητική.

Στην κατασκευή του μεταλλικού σκάφους(1) η εξωτερική επιφάνεια θα είναι μια μεταλλική λαμαρίνα η οποία θα στηρίζεται σε ένα εσωτερικό μεταλλικό, σωληνωτό σκελετό. Η πίσω πλευρά του σκάφους(1) θα είναι η συνέχεια του μηχανισμού κράτησης (3). Η πλώρη, με μια ψηλή κοφτερή μορφή, θα εξασφαλίζει τη στήριξη του **ρυθμιστικού βάρους (2)**. Η χρήση του ρυθμιστικού βάρους (2) (οποιοδήποτε βαρύ υλικό) στην πλώρη του σκάφους(1), βάση της θεωρίας των μοχλών και τους νόμους της ροπής, εξασφαλίζει τη μέγιστη περιστροφική ροπή για τον άξονα της ενέργειας. Έτσι στην κατασκευή του σκάφους (1) πέρα από το βάρος των υλικών κατασκευής (μεταλλικός εσωτερικός σκελετός και μεταλλική λαμαρίνα όπου θα καλύψει την επιφάνεια του), το υπόλοιπο βάρος, όπου θα καθορίσει το μέγεθος της βαρυτικής ενέργειας αλλά και τις συνθήκες πλεύσης του σκάφους, θα το καθορίσει μόνο το ρυθμιστικό βάρος (2). Το ρυθμιστικό βάρος (2) αποτελείται από οποιοδήποτε βαρύ υλικό, βαρύ μέταλλο ή κομμάτια από μπετό προσαρμοσμένα στην μορφή όπου εμείς θέλουμε να δώσουμε. Η τοποθέτηση του ρυθμιστικού βάρους στην πλώρη του σκάφους (1) αποτελεί μια μοναδική ιδέα όπου όχι μόνο μας μεγιστοποιεί την βαρυτική δύναμη ως προς τον άξονα της ενέργειας (12), αλλά μηδενίζει και τις αρνητικές πλευρικές δυνάμεις από οποιοδήποτε άλλο σημείο του σκάφους όπου θα ήταν τοποθετημένη αυτή η μάζα βάρους. Έτσι ο κενός εσωτερικός χώρος του σκάφους (1) θα μπορεί να συμπληρωθεί με πιεσμένο αφρό (π.χ.

αφρός πολυουρεθάνης) ο οποίος δεν θα έχει καμία επιρροή στις πλευρικές δυνάμεις και θα δημιουργεί μια συμπαγή κατασκευή όπου θα απορροφά τους κραδασμούς των μεταλλικών επιφανειών του σκάφους όταν συγκρούεται με τις μάζες του νερού.

- Μεταλλικό οδοντωτό τόξο (4)

Το μεταλλικό οδοντωτό τόξο (4) είναι ένας σημαντικός μηχανισμός όπου χρησιμεύει για την μεταφορά της κάθετης κίνησης του μεταλλικού σκάφους (1) και μετατροπής αυτής μέσω του οδοντωτού ρουλεμάν (8) σε κυκλική κίνηση του άξονα της ενέργειας (12). Όπως φαίνεται και στο σχήμα (7.3), τα μεταλλικά δόντια μπορεί να εξέχουν από την κάτω ή την πάνω πλευρά του μεταλλικού τόξου, αναλόγως της ευκολίας κατασκευής, της καλύτερης απόδοσης και της αντοχής του ίδιου του μεταλλικού τόξου. Στα παρακάτω σχέδια φαίνεται επίσης ένα μεταλλικό οδοντωτό τόξο, όπου αποτυπώθηκε για ευκολία σχεδιασμού.



Εικόνα 7.3: Δείχνει την εξοχή των μεταλλικών δοντιών από την πάνω μεριά του μεταλλικού τόξου (4) και τον τρόπο στήριξης του μέσω των μεταλλικών ακτινωτών στηριγμάτων (16) στον μεταλλικό άξονα (5) και μηχανισμό κράτησης του σκάφους (3)

Ο αριθμός και το μέγεθος των μεταλλικών δοντιών θα εξαρτηθεί από την διαφορά υψομέτρου ανάμεσα στον μεταλλικό άξονα (5) και στον άξονα της ενέργειας (12), της δύναμης όπου ασκείται πάνω τους από το βάρος του σκάφους (1) και από την ευαισθησία του μηχανισμού (πως θα αντιδράει στον χαμηλό κυματισμό).

- Μεταλλικός πάνω άξονας (12) (άξονας της ενέργειας)

Στον πάνω άξονα (12) όπου είναι και ο άξονας της ενέργειας, μέσω της περιστροφικής κίνησης του οδοντωτού τόξου(4) και του μηχανισμού μονόπλευρης κυκλικής κίνησης(8), μεταφέρεται και μετατρέπεται η βαρυτική ενέργεια του σκάφους(1) σε κινητική ενέργεια του άξονα (12). Η τοποθέτηση του στο πάνω σημείο της βάσης (10) από μπετό εξασφαλίζει την δυνατότητα ομαλής λειτουργίας ολόκληρης της μηχανής, αλλά και την ασφαλέστερη θέση για την προστασία των μηχανισμών και της ηλεκτρογεννήτριας από τα θαλάσσια κύματα. Ο μεταλλικός άξονας (12) είναι τοποθετημένος σε μονάδες ρουλεμάν (το λιγότερο τέσσερεις) κλειστού τύπου όπου τηρούν τις τεχνικές δυνατότητες, όπως τα ρουλεμάν (6) του κάτω μεταλλικού άξονα (5), αφού θα διαχειριστούν τα ίδια μεγέθη δυνάμεων.

Στην μια άκρη του μεταλλικού άξονα (12) τοποθετείτε ο βαρύς σφόνδυλος(7), στη μέση του άξονα τοποθετείτε ο μηχανισμός μονόπλευρης κυκλικής κίνησης(8) και στην άλλη άκρη τοποθετείτε μια διάταξη γραναζιών όπου μεταφέρει την κυκλική κίνηση του άξονα (12) σε κυκλική κίνηση του άξονα(11) της ηλεκτρογεννήτριας (13). Οι βάσεις (9) και (14), οι οποίες κρατούν τις μονάδες των ρουλεμάν κλειστού τύπου στις οποίες στηρίζετε ο άξονας (12), είναι ειδικά ανθεκτικές κατασκευές, προέκταση της μεγάλης βάσης από μπετό (10), όπου θα αντέχουν τις μεγάλες δυνάμεις του βάρους του σφονδύλου(7) και τις δυνάμεις του βάρους του σκάφους(1) οι οποίες ασκούνται στον μηχανισμό μονόπλευρης κυκλικής κίνησης(8).

- Σφόνδυλος (7)

Η χρήση του σφονδύλου(7) όχι μόνο αποτελεί μια φτηνή κατασκευαστική λύση, αφού μπορεί να φτιαχτεί από οποιοδήποτε βαρύ υλικό, αλλά και η χρήση του καθορίζει την εξομάλυνση της κυκλικής κίνησης του άξονα της ενέργειας(12) και την συνεχή παροχή της ροπής στον άξονα (11) της ηλεκτρογεννήτριας (13) όταν το σκάφος (1) ανεβαίνει. Η χρήση του σφονδύλου μοιάζει με την χρήση των πυκνωτών στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα οποία σαν ηλεκτρονικά στοιχεία αποθηκεύουν το ηλεκτρικό φορτίο και εξομαλύνουν τις τάσεις τροφοδοσίας μετά την ανόρθωση τους.

Η ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται σε ένα σφόνδυλο εξαρτάται από το πώς είναι καταμεμημένη η μάζα του σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του, την ακτίνα του τροχού και της ταχύτητας περιστροφής. Η δύναμη όπου χρειάζεται να γυρίσει ο σφόνδυλος(7) θα είναι μικρότερη από τη δύναμη που χρειάζεται για να περιστραφεί ο μεταλλικός άξονας (12) μέσω του οδοντωτού τόξου(4) από το πέσιμο του μεταλλικού σκάφους (1) και μεγαλύτερη από την δύναμη όπου χρειάζεται για να περιστραφεί ο άξονας(11) της ηλεκτρογεννήτριας (13). Άρα η ροπή που προκύπτει από το πτώση του μεταλλικού σκάφους (1) θα είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα της ροπής περιστροφής του σφονδύλου(7) συν την ροπή όπου χρειάζεται για να περιστραφεί ο άξονας της ηλεκτρογεννήτριας(13).

- Μηχανισμός μονόπλευρης κυκλικής κίνησης (8)

Ο μηχανισμός μονόπλευρης κυκλικής κίνησης (8) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέρη της μηχανής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα. Μέσω του μηχανισμού αυτού επιτυγχάνεται η μετατροπή της κάθετης μετατόπισης του μεταλλικού σκάφους (1), βαρυτική ενέργεια, σε κυκλική κίνηση του μεταλλικού άξονα (12), κινητική ενέργεια. Ο μηχανισμός μονόπλευρης κυκλικής κίνησης αποτελείται από ένα ρουλεμάν καστανίας, όπου έχει την δυνατότητα να περιστρέφει τον άξονα μόνο σε μια κατεύθυνση και περιβάλλεται από μια σωληνωτή μεταλλική προέκταση με μεταλλικά δόντια, τα οποία προσαρμόζονται στο μέγεθος του μηχανισμού και κουμπώνει με τα μεταλλικά δόντια του οδοντωτού τόξου(4).

Η μονόπλευρη κυκλική κίνηση είναι ένα ξεχωριστό προτέρημα όπου χαρακτηρίζει όλη την κατασκευή. Στην κατανόηση αυτής της ιδέας είναι ότι δεν παράγεται άμεσα ενέργεια στην ηλεκτρογεννήτρια από το ανέβασμα του αντικείμενου όπου πλέει ,μεταλλικό σκάφος (1), για να μην προστεθεί περεταίρω αντίσταση πέρα από το ίδιο το βάρος του. Έτσι αποφεύγεται η ιδιότητα του νερού (θαλάσσιου κύματος) να γλιστρήσει και να μην υπάρξει όφελος από την βαρυτική ενέργεια την στιγμή όπου το κύμα έρχεται σε επαφή, συγκρούεται, με ένα στέρεο αντικείμενο (μεταλλικό σκάφος(1)). Άρα στο ανέβασμα του μεταλλικού σκάφους(1) από το χτύπημα του θαλάσσιου κύματος δεν επιβάλλεται καμία άλλη αντίσταση πέρα από το βάρος του, το οποίο θα υπάγεται στους νόμους της άνωσης και σε αυτή τη φάση θα ανεβάσει την βαρυτική του ενέργεια στο μέγιστο.

Όταν το μεταλλικό σκάφος(1) ανεβαίνει, τότε το μεταλλικό οδοντωτό τόξο (4), όπου μεταφέρει την κάθετη κίνηση του σκάφους προς τα πάνω, σπρώχνει ελευθέρα τα εξωτερικά μεταλλικά δόντια του ρουλεμάν καστανίας (8) προς τα πίσω. Τη στιγμή όπου το μεταλλικό σκάφος (1) πέφτει, τα μεταλλικά δόντια του οδοντωτού τόξου (4) τραβάνε μπροστά τα εξωτερικά μεταλλικά δόντια του ρουλεμάν καστανίας (8) το οποίο σε αυτή τη κατεύθυνση κουμπώνει και περιστρέφει τον μεταλλικό άξονα της κινητικής ενέργειας (12) μπροστά. Έτσι σε αυτή τη φάση της πτώσης του μεταλλικού σκάφους(1), απελευθερώνεται η βαρυτική του ενέργεια στην περιστροφή του μεταλλικού άξονα (12), μαζί με τον οποίο περιστρέφεται και ο άξονας (11) της ηλεκτρογεννήτριας και ο σφόνδυλος (7) όπου παίρνει την απαραίτητη ροπή για να συνεχίσει να περιστρέφει τον άξονα (12) και μαζί με αυτόν και τον άξονα της ηλεκτρογεννήτριας (13), όταν το σκάφος ξανανεβαίνει. Η κατασκευή του μηχανισμού μονόπλευρης κυκλικής κίνησης θα είναι κλειστού τύπου και θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό τη δύναμη και ευαισθησία της μηχανής.

- Διάταξη γραναζιών και ηλεκτρογεννήτρια (13)

Η διάταξη γραναζιών, όπου εφαρμόζεται στην μια άκρη του μεταλλικού πάνω άξονα (12) και στην άλλη άκρη του μεταλλικού άξονα (11) της ηλεκτρογεννήτριας, καθορίζει τις απαραίτητες στροφές και ροπή όπου πρέπει να έχει ο άξονας (11) της ηλεκτρογεννήτριας (13) η οποία θα παράγει ηλεκτρικό ρεύμα με χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος του δικτύου όπου θα συνδεθεί η παραπάνω ηλεκτρογεννήτρια. Η ηλεκτρογεννήτρια (13) θα είναι τοποθετημένη στο ψηλότερο σημείο της βάσης (10) και σε χώρο

κλειστό ώστε να προστατεύεται πλήρως από τις συνθήκες του θαλασσίου περιβάλλοντος.

- Αμορτισέρ (19)

Με βάση το σχήμα (7.2), τα αμορτισέρ (19) τοποθετούνται ανάμεσα από τον άξονα (5) του μηχανισμού κράτησης (3) και από το σημείο όπου ξεκινάει το μεταλλικό οδοντωτό τόξο (4) στη πάνω και κάτω πλευρά του μηχανισμού κράτησης (3). Το μέγεθος του θα εξαρτηθεί από το μέγεθος των δυνάμεων όπου θα χρειαστεί να απορροφηθούν. Η μορφή τους και ο τύπος τους, μηχανικά με ελατήρια ή υδραυλικά, θα εξαρτηθεί από το κόστος και την αντοχή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα αμορτισέρ (19) απορροφούν τους κραδασμούς και τις δυνάμεις της σύγκρουσης του κινητού μέρους του μηχανισμού, όπως μεταλλικό σκάφος (1), μηχανισμός κράτησης (3) και οδοντωτό τόξο (4), με το σταθερό μέρος είναι η βάση από μπετό (10). Τα αμορτισέρ θα αποτελούνται από δυο κύλινδρους, ο ένας μέσα στον άλλον, οι οποίοι θα κρατούν το ελατήριο ή το λαδί για τα υδραυλικά ή και τα δυο μαζί. Ο ένας κύλινδρος στηρίζεται σταθερά στην βάση στήριξης (3) και ο άλλος είναι κινούμενος μέσα στον σταθερό. Ο κινούμενος κύλινδρος εξέχει και θα συναντήσει την σταθερή πλευρά της βάσης (10). Για την καλύτερη απορρόφηση των κραδασμών, την αποφυγή των ήχων σύγκρουσης και την αντοχή των επιφανειών αυτών καλύπτονται και οι δυο πλευρές με φαρδιές επιφάνειες λάστιχου τύπου καουτσούκ. Έτσι και η δυο πλευρές, η βάση (10) και ο μηχανισμός κράτησης (3), θα απορροφούν με τον καλύτερο τρόπο τις δυνάμεις της σύγκρουσης όπου μπορεί να προκαλέσει μια πολύ ταραγμένη θάλασσα και να προστατευτεί έτσι όλος ο μηχανισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα.

7.2. POWER TAKE OFF ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα κύματα της θάλασσας στην ακτή βασίζεται στην αλλαγή του μεγέθους της βαρυτικής ενέργειας ενός μεταλλικού σκάφους όπου κρατείται και πλέει στην ακτή. Το μεταλλικό σκάφος (1), όπου κρατείται από τον μεταλλικό κάτω άξονα (5) και τον μηχανισμό κράτησης (3), ανεβοκατεβαίνει μόνο κάθετα, μεταβάλλοντας την βαρυτική του ενέργεια αναλόγως του ύψους του θαλάσσιου κύματος και της ωφέλιμης κατάστασης όπου δημιουργείτε από το σκάσιμο του κύματος στην ακτή. Έτσι με το σκάσιμο του κύματος στην ακτή, απελευθερώνεται η ενέργεια του, πετώντας ψηλά την μάζα του νερού και ακολουθώντας μετά μια μεγάλη εκκένωση της ακτής αναλόγως το ύψος του κύματος, δημιουργώντας ένα ωφέλιμο (ΔΗ) για την κάθετη μετατόπιση του σκάφους. Με την άνοδο του θαλάσσιου κύματος, το μεταλλικό σκάφος (1) παίρνει

ύψος μέχρι αυτό να φτάσει στο ψηλότερο του σημείο (H_1) και η βαρυτική του ενέργεια σε αυτό το σημείο παίρνει την αξία:

$$E_1 = m * g * H_1$$

Όπου το:

- E_1 -- μέγιστη βαρυτική ενέργεια του μεταλλικού σκάφους (1) όταν το ύψος του κύματος φτάνει στο μεγαλύτερο ύψος του (H_1).

- m -- το συνολικό βάρος του μεταλλικού σκάφους (1) [το βάρος του μεταλλικού σκάφους (μεταλλική λαμαρίνα + μεταλλικός σκελετός) + το βάρος του μεταλλικού μηχανισμού κράτησης (3) + το ρυθμιστικό βάρος (2)].

- g - σταθερά βαρύτητας $\sim = 9,8$.

- H_1 - μέγιστο ύψος όπου μετατοπίζεται το μεταλλικό σκάφος(1) όταν το κύμα φτάνει το ανώτερό του σημείο H_1 .

Όταν το θαλάσσιο κύμα κατεβαίνει μαζί με το τράβηγμα τη θάλασσας από σκάσιμο του κύματος τότε κατεβαίνει και το μεταλλικό σκάφος (1) στο κατώτερο σημείο H_2 , όπου η βαρυτική ενέργεια του μεταλλικού σκάφους (1) μειώνεται στο μέγεθος:

$$E_2 = m * g * H_2$$

Όπου το:

- E_2 -- κατώτερη βαρυτική ενέργεια του μεταλλικού σκάφους (1) όταν το θαλάσσιο κύμα φτάνει στο κατώτερο του σημείο(H_2).

- m -- το συνολικό βάρος του μεταλλικού σκάφους (1) [το βάρος του μεταλλικού σκάφους (μεταλλική λαμαρίνα + μεταλλικός σκελετός) + το βάρος του μεταλλικού μηχανισμού κράτησης (3) + το ρυθμιστικό βάρος (2)].

- g - σταθερά βαρύτητας $\sim = 9,8$.

- H_2 - κάτω σημείο όπου μετατοπίζεται το μεταλλικό σκάφος(1) όταν το κύμα φτάνει στο κατώτερο του σημείο H_2 .

Η βαρυτική ενέργεια όπου μπορούμε να επωφεληθούμε από αυτήν την μεταβολή της κάθετης μετακίνησης του μεταλλικού σκάφους (1) είναι:

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad \Delta E = m * g * (H_1 - H_2) \quad \Delta E = m * g * \Delta h$$

Όπου το Δh είναι το μέγεθος της κάθετης μετατόπισης του μεταλλικού σκάφους (1) από ένα θαλάσσιο κύμα μεγέθους ΔH .

Ο λόγος $\Delta h / \Delta H$ εκφράζει την απόδοση της ωφέλιμης κάθετης μετατόπισης του μεταλλικού σκάφους (1) Δh , από ένα θαλάσσιο κύμα μεγέθους ΔH . Σε αυτό το λόγο παίζει ρόλο η μορφή και το βάρος του μεταλλικού σκάφους (1). Όμως στο θαλάσσιο περιβάλλον όπου δημιουργείται στην ακτή με το σκάσιμο του κύματος, επιβάλλει από μόνο του ένα μέγιστο λόγο $\Delta h / \Delta H$.

Ο τρόπος με τον οποίο θα πάρουμε την βαρυτική ενέργεια ΔE θα είναι από την μετατροπή της σε κινητική ενέργεια του πάνω μεταλλικού άξονα (12) μέσω του μεταλλικού οδοντωτού τόξου (4) και του μηχανισμού μονόπλευρης κυκλικής κίνησης (8). Έτσι όταν το μεταλλικό σκάφος (1) ανεβαίνει το οδοντωτό τόξο (4) σπρώχνει ελεύθερα, χωρίς να αντιμετωπίζει κάποια αντίσταση, τα μεταλλικά δόντια του μηχανισμού μονόπλευρης κίνησης(8). Φτάνοντας στο ανώτατο σημείο H_1 το μεταλλικό σκάφος (1) αρχίζει να πέφτει και τα μεταλλικά δόντια του οδοντωτού τόξου (4) τραβάνε μπροστά τα μεταλλικά δόντια του μηχανισμού μονόπλευρης κίνησης (8), περιστρέφοντας έτσι τον μεταλλικό άξονα (12) μπροστά, μέχρι το μεταλλικό σκάφος να φτάσει στο κατώτερο σημείο H_2 . Συνεπώς η βαρυτική ενέργεια $\Delta E = m * g * \Delta h$ μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του πάνω μεταλλικού

άξονα (12). Με την περιστροφή μπροστά του άξονα αυτού, περιστρέφονται μαζί του στην μια άκρη, μέσω μιας διάταξης γραναζιών, ο άξονας(11) της ηλεκτρογεννήτριας (13), η οποία παράγει της ηλεκτρική ενέργεια, και στην άλλη άκρη του μεταλλικού άξονα (12) περιστρέφεται ο σφόνδυλος(7) όπου από το μέγεθος της ροπής όπου παίρνει από την πτώση του σκάφους δίνει συνέχεια της κυκλικής κίνησης του μεταλλικού άξονα (12) και μαζί με αυτόν και του άξονα (11) της ηλεκτρογεννήτριας (13) όταν το μεταλλικό σκάφος(1) ανεβαίνει. Η περιστροφική δύναμη, ροπή, όπου το μεταλλικό οδοντωτό τόξο (4) μεταφέρει στον μεταλλικό άξονα (12) της ενέργειας είναι:

$$F_a = m \cdot r \quad F_a = m_k \cdot r_k + m_\sigma \cdot r_\sigma + m_\rho \cdot r_\rho \quad m = m_k + m_\sigma + m_\rho$$

Όπου:

- m_k ----Το βάρος του μηχανισμού κράτησης(3)
- m_σ ----Το βάρος του μεταλλικού σκάφους(1)
- m_ρ ----Το βάρος του ρυθμιστικού βάρους(2)
- r_k -----Μέση απόσταση του μηχανισμού κράτησης (3) από τον μεταλλικό κάτω άξονα(5)
- r_σ -----Μέση απόσταση του μεταλλικού σκάφους(1) από τον μεταλλικό κάτω άξονα(5)
- r_ρ -----Μέση απόσταση του ρυθμιστικού βάρους(2) από τον μεταλλικό κάτω άξονα(5).

Για να περιστρέφει ο πάνω μεταλλικός άξονας(12) χρειάζεται η περιστροφική δύναμη F_a , η οποία θα ασκείται πάνω του από το πέσιμο του μεταλλικού σκάφους(1) μέσω του μεταλλικού οδοντωτού τόξου(4) να είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα της δύναμης που χρειάζεται για να περιστραφεί ο σφόνδυλος (7), F_σ , και της δύναμης που χρειάζεται για να περιστραφεί η ηλεκτρογεννήτρια (13), F_γ .

$$F_a > F_\sigma + F_\gamma$$

Όπου:

- F_a -----Η ροπή όπου το μεταλλικό οδοντωτό τόξο(4) μεταφέρει στον μεταλλικό πάνω άξονα(12)
- F_σ -----Η ροπή όπου χρειάζεται να περιστραφεί ο σφόνδυλος(7)
- F_γ -----Η ροπή όπου χρειάζεται για να περιστραφεί η ηλεκτρογεννήτρια(13)

Για να μπορεί ο σφόνδυλος(7) να συμπληρώνει την περιστροφική δύναμη της ηλεκτρογεννήτριας(13), όταν το μεταλλικό σκάφος(1) ανεβαίνει, η περιστροφική δύναμη του F_σ πρέπει να είναι μεγαλύτερη αυτής της ηλεκτρογεννήτριας F_γ .

$$F_\sigma > F_\gamma$$

Στην διάρκεια μιας περιόδου(T) του θαλάσσιου κύματος, η περιστροφική δύναμη F_σ του σφονδύλου(7) μας εξασφαλίζει και εξομάλυνση της περιστροφικής κίνησης του μεταλλικού άξονα(12) και συμπληρώνει την περιστροφική δύναμη της ηλεκτρογεννήτριας(13) όταν το μεταλλικό σκάφος(1) ανεβαίνει. Η ανάγκη να δώσουμε βάρος στο μεταλλικό σκάφος(1) για να μπορεί να μας καλύψει τις δυνάμεις F_σ και F_γ μας ανεβάζει το κόστος διαχείρισής του αλλά και μας μειώνει τον λόγο αποδοτικότητας $\Delta h/\Delta H$.

Όμως αυτή η ανάγκη κατασκευής μας αποζημιώνει στη διάρκεια μιας περιόδου κυματισμού(T) αφού η μεγάλη κινητική ενέργεια που αποκτά ο βαρύς σφόνδυλος(7) εξασφαλίζει και συνεχομένη παροχή κινητικής ενέργειας προς την ηλεκτρογεννήτρια (13) και την εξομάλυνση της περιστροφικής κίνησης της. Για αυτό το σημαντικότερο στην κατασκευή

είναι να εξασφαλίσουμε μια πολύ καλή στήριξη και διαχείριση του μεταλλικού σκάφους (1) σε οποιαδήποτε θαλάσσια συνθήκη και θαλάσσιου κυματισμού.

7.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ

Στον υπολογισμό της ισχύος όπου αποδίδει ο εξεταζόμενος μηχανισμός θα πρέπει να πάρουμε υπόψιν την τελική μορφή και βάρος του μεταλλικού σκάφους (1), αφού πρώτα έχει εξασφαλιστεί η στέρεα στήριξη του στον κάτω μεταλλικό άξονα (5). Αν για παράδειγμα, καταφέρουμε με την μορφή και τον όγκο του μεταλλικού σκάφους(1) να διαχειριστούμε ένα ρυθμιστικό βάρος (2) 2Τ(δύο τόνων) σε απόσταση περίπου 7 μέτρων από την ακτή ή από το κάτω μεταλλικό άξονα(5), τότε στην διάρκεια μιας περιόδου κυματισμού και για 1 μέτρο θαλάσσιου κυματισμού, $\Delta H=1\mu$, θα δημιουργηθεί μια περιστροφική δύναμη για τον μεταλλικό άξονα(12):

$$F_a = F_p \cdot r_p = m_p \cdot g \cdot r_p = 2000 \cdot 10 \cdot 7 = 140000 \text{ N},$$

η οποία θα παραχθεί από την αντίστοιχη βαρυτική ενέργεια μιας κυματικής περιόδου:

$$\Delta E = m \cdot g \cdot \Delta h = 2000 \cdot 10 \cdot 1 = 20000 \text{ J}$$

Η ενεργειακή απόδοση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των θαλάσσιων κυμάτων μπορεί να υπολογισθεί από τις παρακάτω εξισώσεις.

Η ενέργεια ορίζεται ως το γινόμενο της ισχύος επί τον χρόνο και περιγράφεται από την εξίσωση :

$$\text{Ενέργεια (Wh)} = \text{Ισχύς (W)} \cdot \text{Χρόνος (secs)} \quad (1)$$

Η κυματική ενέργεια ποσοτικοποιείται από 2 παραμέτρους, οι οποίες αναπαριστώνται σε έναν δισδιάστατο πίνακα : το ύψος κύματος και την περίοδο κύματος. Η παράμετρος H_s είναι το μέσο σημαντικό ύψος κύματος, το οποίο υπολογίζεται σε μέτρα και η παράμετρος T_z είναι η μέση περίοδος μηδενικής διέλευσης και υπολογίζεται σε δευτερόλεπτα. Στο διάγραμμα διασποράς για την Pelamis χρησιμοποιείται η παράμετρος T_e , η οποία αντιστοιχεί στην περίοδο ενός απλού ημιτοννοειδούς κύματος το οποίο θα μετέφερε την ίδια ενέργεια στη θάλασσα, και υπολογίζεται από την T_z στην Εξίσωση 2 :

$$T_e = 1.2 \cdot T_z \quad (2)$$

Ορισμένες φορές χρησιμοποιείται η παράμετρος T_p , η οποία αντιστοιχεί στην περίοδο αιχμής του ενεργειακού φάσματος και υπολογίζεται από την Εξίσωση 3 :

$$T_p = 1.4 \cdot T_z \quad (3)$$

Η ολική ετήσια αποδιδόμενη ενέργεια [Annual Energy Output - AEO] ενός συστήματος κυματικής ενέργειας υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή κάθε κελιού του πίνακα ισχύος του συστήματος (χαρακτηριστικό το

παράδειγμα του πίνακα ισχύος για το Pelamis ,(Pelamis 2008)), με την τιμή του αντίστοιχου κελιού του πίνακα που προκύπτει από το διάγραμμα διασποράς των ωρών. Ένα παράδειγμα του πίνακα αποδιδόμενης ενέργειας παρουσιάζεται στον πίνακα 2.1. Η ολική ετήσια αποδιδόμενη ενέργεια φαίνεται στη κάτω δεξιά γωνία του πίνακα :

	Υψος (Hs)	Περίοδος (Te)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	29	37	38	35	29	23	0	0	0
1.5	0	0	0	0	32	65	83	86	78	65	53	42	33	0
2	0	0	0	0	57	115	148	152	138	116	93	74	59	0
2.5	0	0	0	0	89	180	231	238	216	181	146	116	92	0
3	0	0	0	0	129	260	332	332	292	240	210	167	132	0
3.5	0	0	0	0	0	354	438	424	377	326	260	215	180	0
4	0	0	0	0	0	462	540	530	475	384	339	267	213	0
4.5	0	0	0	0	0	544	642	628	562	473	382	338	266	0
5	0	0	0	0	0	0	726	707	670	557	472	369	328	0
5.5	0	0	0	0	0	0	750	750	737	658	530	446	355	0
6	0	0	0	0	0	0	750	750	750	711	619	512	415	0
6.5	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	658	579	481	0
7	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	613	525	0
7.5	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	686	593	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	625	0
8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	0
9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750	750	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750	0
10.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 7.4: Παράδειγμα πίνακα ισχύος [Pelamis (Pelamis 2008)]. Η τιμή κάθε κελιού αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ σε kW για την συγκεκριμένη κατάσταση θάλασσας (για την Pelamis χρησιμοποιείται η παράμετρος περιόδου Te)

Με βάση τις επικρατέστερες κυματικές συνθήκες στην περιοχή των Λινοπεραμάτων και σε συνδυασμό με τους πίνακες ισχύος παρεμφερών μηχανισμών για συγκλίνουσες περιόδους και ύψη κύματος η ακόλουθη διάταξη προκρίνεται :

- 20 μηχανισμοί τοποθετημένοι σε παράλληλη διάταξη κατά μήκος του λιμένα
- Περίοδος λειτουργίας μεταξύ Οκτωβρίου - Απριλίου αφού για εκείνα τα χρονικά διαστήματα εντοπίζονται τα υψηλότερα κυματικά δυναμικά
- Αναμενόμενη απόδοση συστήματος τα 450 KW

7.4. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ

Η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση θα αποτελείται από :

- Μια σύγχρονη γεννήτρια, η οποία θα μετατρέπει την κινητική σε ηλεκτρική ενέργεια
- Έναν κύριο μετασχηματιστή ανύψωσης ώστε να μπορεί η εγκατάσταση να συνδεθεί απευθείας στη μέση τάση του Δικτύου
 - Ηλεκτρικούς πίνακες χαμηλής και μέσης τάσης
- Διατάξεις αυτοματισμού, ελέγχου και επικοινωνιών
- Βοηθητικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό

Στην διάταξη μας θα χρησιμοποιήσουμε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, το κόστος εγκατάστασης των οποίων θα αναλυθεί περαιτέρω σε επόμενη παράγραφο. Σύμφωνα με τα παγκόσμια θεσμικά πλαίσια που ισχύουν, η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να δίνει προς κατανάλωση πρώτα την ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ και στην συνέχεια των υπόλοιπων μονάδων παραγωγής. Αντίθετα, όταν πρόκειται για υπεράκτιες κατασκευές λόγω των απωλειών αποθήκευσης και μεταφοράς στο δίκτυο της ΔΕΗ θα φτάνει μια ενέργεια υποβιβασμένη από τις απώλειες που προκύπτουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8° : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

8.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Στην βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης μακροπρόθεσμων επενδύσεων όπως ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία) και ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης). Όσον αφορά τον τομέα της ενέργειας και λόγω των πολλών διαφορετικών τεχνολογιών η οικονομική αξιολόγηση προτείνεται μέσω της μεθόδου Levelized Cost Of Energy. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί ένα κριτήριο σύγκρισης μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενέργειας.

Τα κύρια κόστη σε έναν μηχανισμό μετατροπής κυματικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα :

- 1) Κόστος λειτουργίας
- 2) Δαπάνες κατασκευής
- 3) Επιχειρησιακές δαπάνες (ΟΡΕΧ)
- 4) Δαπάνες παροπλισμού

Το προ-λειτουργικό κόστος περιλαμβάνει το κόστος των προκαταρκτικών μελετών, των έργων, της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των

διαδικασιών συγκατάθεσης κλπ., Καθώς και την κατεύθυνση και το συντονισμό. Η καθιέρωση μιας γενικής αξίας για το κόστος αυτό είναι μια περίπλοκη διαδικασία, καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της εγκατάστασης, της θέσης και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου έργου. Συχνά θεωρείται ως το 10% των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX). Στη συνέχεια, πρέπει να προστεθούν τα έξοδα που σχετίζονται με τις διαδικασίες και τις άδειες. αυτά υπολογίζονται σε 2% του αρχικού κόστους των WEC ή, ειδικότερα, 3,7% της ισχύος της εγκατάστασης (W) σε δολάρια ΗΠΑ.

Όσον αφορά το αρχικό κόστος ($C_{initial}$), αναφέρεται στο ποσό που απαιτείται για την αγορά των μετατροπέων ενέργειας Wave (WEC) και άλλων στοιχείων της εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας από κύμα, καθώς και για την εγκατάστασή της :

$$C_{initial} = N \times C_{WEC} + L_{offshore} \times C_{und.cab.} + L_{onshore} \cdot C_{subt.cab.} + C_{subest.} + C_{elect.inst.} + C_{mooring}$$

όπου N είναι ο αριθμός των μετατροπέων, το C_{WEC} είναι το κόστος ενός μετατροπέα και της εγκατάστασής του, $L_{offshore}$ είναι το μήκος του υποβρύχιου ηλεκτρικού καλωδίου, $C_{und.cab}$ είναι το κόστος ανά μονάδα μήκους υποβρύχιο καλώδιο, $L_{onshore}$ είναι η διάρκεια του υπόγειου καλωδίου μέχρι το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, $C_{subt.cab}$ είναι το κόστος ανά μονάδα μήκους καλωδίου υπόγειας, $C_{subest.}$ είναι το κόστος του υποσταθμού, $C_{elect.inst.}$ είναι το κόστος της ηλεκτρικής εγκατάστασης και το $C_{mooring}$ είναι το κόστος του συστήματος πρόσδεσης και της εγκατάστασής του.

Η τιμή WEC περιλαμβάνει την αγορά της συσκευής, μαζί με το κόστος που συνδέεται με την εγκατάστασή της. Μετά την ανάλυση και τη σύγκριση διαφόρων μελετών και πηγών, μπορεί να συναχθεί ότι το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 6,0 εκατ. € ανά εγκατεστημένο MW. Ο Πίνακας 8.1 παρουσιάζει τις τιμές αναφοράς για το κόστος του μετατροπέα ανά MW εγκατεστημένης ισχύος.

WEC cost per MW	
WEC power (MW)	€/MW
0.25	5000,000
0.5	4000,000
1	3000,000

Πίνακας 8.1

Πέραν των WEC και των αγκυροβολίων, η καλωδίωση και η ηλεκτρική εγκατάσταση είναι τα βασικά στοιχεία ενός WEC. Για τον προσδιορισμό του κόστους τους, πρώτα απ' όλα, είναι απαραίτητο να επιλέξουμε τον τύπο της εξόδου ισχύος, δηλαδή συνεχούς ρεύματος ή εναλλασσόμενου ρεύματος. μπορεί να μετασχηματιστεί εύκολα αλλά, στην περίπτωση των υπόγειων και υποβρύχιων γραμμών, συνεπάγεται σχετικές απώλειες λόγω της χωρητικότητας των αγωγών.

Εκτός από το κόστος του καλωδίου, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τα άλλα στοιχεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Ο πιο σχετικός είναι ο ηλεκτρικός υποσταθμός, το κόστος του οποίου ποικίλλει ανάλογα με την ανύψωση της τάσης που απαιτείται για την απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για παράδειγμα, το κόστος ενός υποσταθμού για την ανύψωση της τάσης από 11 έως 33 kV είναι 1110.000 €, και από 11 to 66kV, 1330.000 € [107]. Ο Πίνακας 8.2 συνοψίζει τις παραπάνω πληροφορίες σχετικά με το αρχικό κόστος ενός κυμαρικού αγροκτήματος και τις υποκατηγορίες :

Element	Cost
WEC and installation	2.5–6.0 Μ€/MW
Mooring system	10% WECs cost
	0.265 €/N
Mooring installation	50,000 €/day
Underwater cable	10% CAPEX
Cable installation	2.07 €/m
Electrical substation	≈ 1.2 Μ€

Πίνακας 8.2

Εκτός από την αρχική επένδυση, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (OPEX) πρέπει να συμπεριληφθεί σε οικονομική ανάλυση. Ο υπολογισμός αυτού του κόστους είναι μια περίπλοκη διαδικασία, καθώς δεν υπάρχει αρκετή εμπειρία στην εγκατάσταση ενέργειας κυμάτων. Παρόλα αυτά, είναι δυνατή η εκπόνηση μιας πρώτης εκτίμησης βάσει της εμπειρίας στον τομέα των πετρελαίων, του φυσικού αερίου και της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Στον Πίνακα 8.3, μερικές από αυτές τις δαπάνες συλλέγονται σε χέρια € / MW ή / και ως ποσοστό του CAPEX ή του OPEX :

Annual costs of operation and maintenance			
Cost	€/MW h	% CAPEX	% OPEX
O&M tasks	20-35	1.5-5%	57%
Revision and time off		10	
Spares		90	
Public services	3.5		
Renting		2.5	
Insurance cost	15	0.8-2%	13-14%

Πίνακας 8.3

Εξάλλου, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη ότι δέκα χρόνια μετά την πρώτη εγκατάστασή τους, τα WEC πρέπει να αφαιρεθούν από τη θάλασσα για μια γενική επισκευή, συμπεριλαμβανομένης της βαφής και της αντικατάστασης ορισμένων στοιχείων. Το εκτιμώμενο κόστος είναι περίπου. Το 4,2% των αρχικών δαπανών. Επιπλέον, ολόκληρο το εργοστάσιο πρέπει να αποσυναρμολογηθεί μετά από 20 χρόνια και το κόστος παροπλισμού εκτιμάται ότι είναι 0,5-1% της αρχικής επένδυσης. Μια άλλη μελέτη θεωρεί ότι το μέσο κόστος παροπλισμού θα ήταν περίπου 50.000 € / MW. Εκτός από το καπέλο, υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες που σχετίζονται με το κόστος O & M, όπως το ποσοστό διαθεσιμότητας και αποτυχίας. Η διαθεσιμότητα αποτελεί βασικό παράγοντα στην κερδοφορία ενός τέτοιου μηχανισμού, δεδομένου ότι είναι ο χρόνος που η συσκευή είναι σε θέση να παράγει ενέργεια. Αυτό επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της αξιοπιστίας των συσκευών και της δυνατότητας

πρόσβασης της συσκευής για συντήρηση. Οι ενεργειακές συσκευές είναι πιθανό να είναι χαμηλότερες από την υπεράκτια αιολική ενέργεια, εξαιτίας των πιο επιθετικών κλιματικών συνθηκών που θα αναπτύξουν οι συσκευές κυμάτων, καθώς και του γεγονότος ότι οι ίδιες οι συσκευές δεν είναι στάσιμες, καθιστώντας ακόμη πιο δύσκολη την πρόσβαση από τα πλωτά πλοία. Ως αποτέλεσμα, τα επίπεδα διαθεσιμότητας για ενέργεια κύματος μπορεί να είναι χαμηλότερα από 90%. Όσον αφορά τα ποσοστά αποτυχίας, το σύστημα WEC μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα διαφορετικά υποσυστήματα:

- (1) πρόσδεση
- (2) δομή
- (3) τροφοδοτικό-off system
- (4) σύστημα μετάδοσης ισχύος

Παρατηρήθηκε ένας ρυθμός αποτυχίας 0,185 για το σύστημα πρόσδεσης. Όσον αφορά τη δομή, υποθέτοντας τη συγκρισιμότητα των πετρελαιοφόρων μονού κύτους και του δομικού περιβλήματος της WEC, μπορεί να οριστεί η αναμενόμενη αναλογία αποτυχίας ως 0,011. Το ποσοστό αποτυχίας των αρθρώσεων είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκτιμηθεί, δεδομένου ότι οι πληροφορίες δεν είναι πρακτικά διαθέσιμες στο δημόσιο τομέα ούτε για το σχεδιασμό ούτε για τα αναμενόμενα φορτία. Εντούτοις, προτάθηκε ένα ποσοστό αποτυχίας 0,315. Τέλος, ο Πίνακας 8.4 αντικατοπτρίζει το ποσοστό αποτυχίας που σχετίζεται με το σύστημα μετάδοσης ισχύος (PTO) και τα υποσυστήματα μετάδοσης ισχύος.

Power take-off		Power transmission	
Component	Failure rate	Component	Failure rate
Hydraulic ram	0.24	415 V busbar	0.01
Manifold	0.004	Transformer	0.07
Accumulator	0.42	Circuit breaker	0.26
Hydraulic motor	0.17	Umbilical	0.04
Electric generator	1.59	Sea cable	0.09

Πίνακας 8.4

Levelised cost Of Energy

Το κόστος της παραγωγής ενέργειας παραμένει ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό του κατά πόσον μια ενεργειακή τεχνολογία μπορεί να φτάσει στην εμπορία. Για να εκτιμηθεί σωστά το κόστος μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας μετατροπής της ενέργειας είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί ένα πρότυπο με το οποίο μπορούμε να συγκρίνουμε τις διάφορες τεχνολογίες. Ένα τέτοιο πρότυπο είναι το επίπεδο κόστους, το οποίο αναφέρεται ευρέως στη βιβλιογραφία της ενεργειακής πολιτικής. Είναι ο λόγος των συνολικών δαπανών διάρκειας ζωής έναντι των συνολικών αναμενόμενων αποτελεσμάτων, εκφρασμένων σε ισοδύναμο σημερινής αξίας. Υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για τον υπολογισμό του επιπέδου κόστους. Σε αυτό το έργο χρησιμοποιείται η μέθοδος προεξόφλησης. Το επίπεδο κόστος που μετράται με τη μέθοδο προεξόφλησης, LCD, δίνεται από την εξίσωση. (8.1.a): η ροή του (πραγματικού) μελλοντικού κόστους και των (ηλεκτρικών) εξόδων, που προσδιορίζονται ως C_t και O_t στην περίοδο t , προεξοφλούνται πίσω σε μια παρούσα τιμή (P-Val). Το P-Val του κόστους διαιρείται στη συνέχεια από το P-Val της απόδοσης χρόνου ζωής:

$$LCD = \frac{P - Val (Costs)}{P - Val (Output)} = \frac{\sum_{t=0}^n C_t / (1+r)^t}{\sum_{t=0}^n O_t / (1+r)^t}$$

Εξίσωση 8.1.a

Προκειμένου να εφαρμοστεί η εξίσωση (8.1.a) είναι απαραίτητο να επιλέξουμε ένα προεξοφλητικό επιτόκιο (r), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη μετατροπή της ροής μελλοντικών εξόδων και ηλεκτρικής παραγωγής στις τρέχουσες τιμές τους. Το εύρος των προεξοφλητικών επιτοκίων που χρησιμοποιούνται για την θαλάσσια ενέργεια κυμαίνεται από 5-15%. Για την ανάλυση της ανταγωνιστικότητας της κυματικής ενέργειας σε σχέση με

άλλες πηγές ενέργειας, το επίπεδο κόστους (€ / MWh) παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.5.

Technology	Cost (€/MWh)
Onshore wind	67.68
Offshore wind	101.43
PWR nuclear (pressurized water reactor)	49.96
CCGT (combined cycle gas turbine)	43.17
IGCC coal (integrated gasification combined cycle)	36.59
IGCC coal with CCS (carbon capture and storage)	55.76
Retrofit coal	44.40
Pulverized fuel	32.57
Pulverized fuel with CCS	50.79
CCGT with CCS	59.78

Πίνακας 8.5

Κοστολόγηση Εγκατάστασης και υπολογισμός LCOE

Capital Cost

Structure cost:

Κόστος κατασκευής μηχανισμού :

Stainless steel διαστάσεων 2*2*2 μέτρα πάχους 1 cm.

0.24 m³ * 20 πλωτήρες = 4.8 m³ Stainless steel

Το ειδικό βάρος του ανοξειδωτού χάλυβα είναι 7850 kg/m³.

Συνολικό βάρος 3.6 * 7850 = 37.680 kg

Τιμή ανοξειδωτού χάλυβα σε φύλλα 4,1 ευρώ/kg. Σύνολο **154.488 €**

Κόστος διαμόρφωσης και κατασκευής επιμέρους μηχανισμών :

5 ημέρες , 3 τεχνικοί με 50 €/ώρα

5 ημέρες * 3 εργάτες * 8 ώρες * 50 € = **6,000 €**

Κόστος κατασκευής μεταλλικών σκαφών μετάδοσης ενέργειας :

20 σκάφοι * 3,000€ = **60,000 €**

Ρακόρ - ενώσεις - Άξονες - Ρουλεμάν - Σφόνδυλος - Μεταλλικό Οδοντωτό

Τόξο : **45,000 €**

Foundations / Moorings

Ενίσχυση κυματοθραύστη διαμόρφωση αυτού με επιπλέον σκυρόδεμα.

Εξοπλισμός αγκύρωσης δεν χρησιμοποιείται.

Προμήθεια σκυροδέματος κ μεταφορά επί του έργου: περίπου 65

ευρώ/κυβικό +φπα = 77,35

Κόστος πρέσσας μέχρι 32 μέτρα: περίπου 6 ευρώ/κυβικό. +φπα= 7,14

Για σκυροδετήσεις κάτω των 35 κ.μ. ανά 'στήσιμο' αποζημίωση 210

ευρώ+φπα

Κόστος προμήθειας διαμορφωμένου χάλυβα: περίπου 70

ευρώ/κυβικό +φπα (για 135 κιλά/κ.μ.) = 83,3

Κόστος τοποθέτησης διαμορφωμένου χάλυβα: περίπου 19 ευρώ/κ.μ.

Κόστος διαμόρφωσης ξυλοτύπου+διάστρωσης σκυροδέματος: περίπου 60

ευρώ/κ.μ.

Ασφαλιστικές εισφορές:

Ξυλότυπος περίπου 45 ευρώ/κ.μ.

Χάλυβας: περίπου 8 ευρώ/κ.μ.

Σύνολο:περίπου 300 ευρώ/κ.μ

Για 10 m³ σκυροδέματος 300 * 10 = **3.000 ευρώ**

Για τις εργασίες θα χρειαστούμε 4 σκαπτικά μηχανήματα και γερανούς για 20 μέρες και 8 ώρες κάθε μέρα.

20 * 8 * 4 * 150 ευρώ / ώρα = **96.000 ευρώ**

Control / Instrument

Μ/Σ Ανύψωση Ανύψωσης Χαμηλής Τάσης σε Μέση (**2000 ευρώ**)

Βαλβίδες ελέγχου και αντεπιστροφής

Χρειαζόμαστε 4 ηλεκτρονικές βαλβίδες με κόστος 1.000 ευρώ η μία. Σύνολο **4.000 ευρώ**

Κόστος Γεννήτριας

Η γεννήτρια που θα χρησιμοποιήσουμε έχει κόστος **150.000 ευρώ**

Λοιπά ηλεκτρονικά εξαρτήματα

Για τα λοιπά εξαρτήματα (διακόπτες και πυκνωτές) **20.000 ευρώ**

Grid Connection & Insallation

Κόστος διασύνδεσης (Κόστος καλωδιώσεων) και εγκατάστασης είναι **62.250 ευρώ**

Installation of Structure

Κόστος εργασίας και σχεδιασμού της διάταξης.

Θα χρειστούμε ένα συνεργείο 10 ατόμων, 8 ώρες την ημέρα με ωρομίσθιο 50 ευρώ για 30 ημέρες. Σύνολο 10 * 8 * 30 * 50 = **120.000 ευρώ**

Operation & Maintenance Cost (Annual)

Σύμφωνα με Βιβλιογραφία 7% του capital cost.

Total Dicommissioning Cost

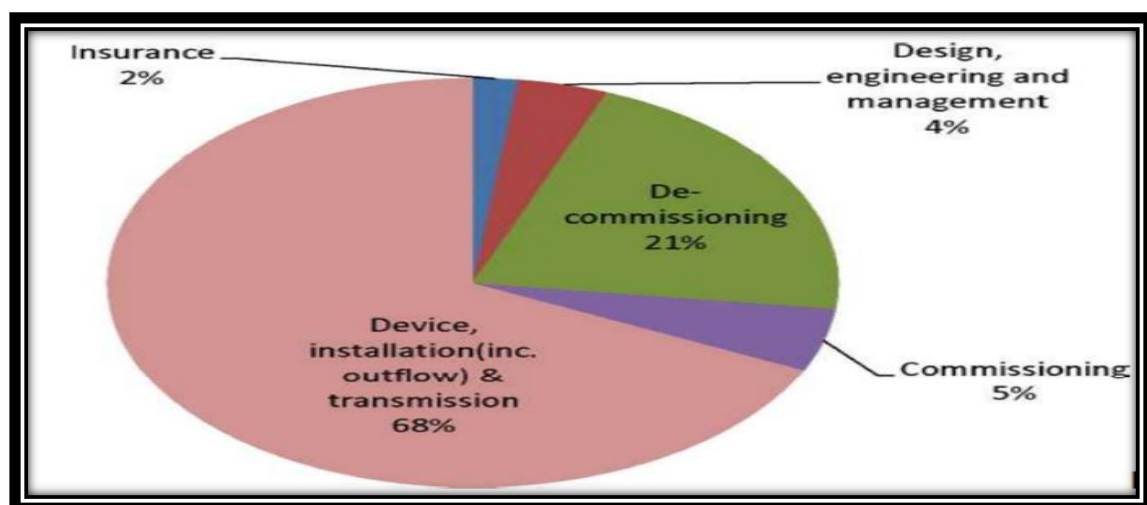
Σύμφωνα με Βιβλιογραφία 1% του capital cost.

Τα παραπάνω συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

CAPITAL COSTS	EURO
Structure	279.488
Foundations/moorings	99.000
Control/instrument	126.000
Grid connection & Installation	62.250
Installation of structure	120.000
Commissioning	
Total Capital Cost (including installation)	686.738
OPERATIONS AND MAINTENANCE COSTS	48.071
DECOMMISSIONING COSTS	6.867

Πίνακας 8.6

Για την πιο ολοκληρωμένη άποψη για το κόστος μιας τέτοιας διάταξης θα πρέπει να συνηπολογισθούν και τα κόστη του σχεδιασμού και της διαχείρισης μιας τέτοιας διάταξης, το κόστος της διαδικασίας της τοποθέτησης της εγκατάστασης καθώς και της απεγκατάστασής της. Θεωρείται και ένα 2% ως ποσοστό ανασφάλειας στους υπολογισμούς. Στο παρακάτω γράφημα παρατίθεται το κοστολογικό μοντέλο που ακολουθήθηκε:



Εικόνα 8.7 : Κοστολογικό μοντέλο εγκατάστασης μηχανισμού μετατροπής κυματικής ενέργειας

8.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LCOE

Στην συνέχεια γίνεται υπολογισμός του LCOE για την αξιολόγηση της εγκατάστασης. Χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση με την βοήθεια της οποίας θα υπολογίσουμε το κόστος ανά MW παραγόμενης ισχύος σε βάθος 20 ετών, ώστε μέσω του πίνακα 8.5 να συγκρίνουμε την συγκεκριμένη τεχνολογία :

$$LCOE = \frac{P - Val(\text{Costs})}{P - Val(\text{Output})} = \frac{\sum_{t=0}^n C_t / (1+r)^t}{\sum_{t=0}^n O_t / (1+r)^t}$$

ΕΤΟΣ	Ct	1+r	P- Val (costs)	Ot (MW)	P-Val(Output)
0	880,473 €	1.1	880473	0	0
1	57,601 €	1.1	52364.54545	605	550
2	57,601 €	1.1	47604.13223	605	500
3	57,601 €	1.1	43276.48385	605	454.5454545
4	57,601 €	1.1	39342.25804	605	413.2231405
5	57,601 €	1.1	35765.68913	605	375.6574005
6	57,601 €	1.1	32514.26285	605	341.5067277
7	57,601 €	1.1	29558.42077	605	310.4606615
8	57,601 €	1.1	26871.29161	605	282.236965
9	57,601 €	1.1	24428.44692	605	256.5790591
10	57,601 €	1.1	22207.67901	605	233.2536901
11	57,601 €	1.1	20188.7991	605	212.0488092
12	57,601 €	1.1	18353.45373	605	192.7716447
13	57,601 €	1.1	16684.95794	605	175.2469497
14	57,601 €	1.1	15168.14358	605	159.3154089
15	57,601 €	1.1	13789.22144	605	144.8321899
16	57,601 €	1.1	12535.65585	605	131.6656272
17	57,601 €	1.1	11396.05077	605	119.6960247
18	57,601 €	1.1	10360.04616	605	108.8145679
19	57,601 €	1.1	9418.22378	605	98.92233445
20	65,829 €	1.1	9785.061389	605	89.92939495
		SUM	1372085.824	SUM	5150.70605
		LCD =	266	Euro/MW	

Πίνακας 8.8 : Αξιολόγηση εγκατάστασης μέσω υπολογισμού LCOE

8.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Σκοπός της Ανάλυσης Ευαισθησίας είναι να αποδειχθεί η ύπαρξη κινδύνου και να εξεταστεί πως επηρεάζει ο κίνδυνος αυτός τα κόστη και τα οφέλη ενός έργου ή μέτρου παρέμβασης. Η προσέγγιση που θα παρουσιασθεί είναι η Μερική Ανάλυση Ευαισθησίας :

Μερική Ανάλυση Ευαισθησίας

Αποτελεί μια μέθοδο ελέγχου των βασικότερων αβέβαιων υποθέσεων. Χρησιμοποιείται είτε για την εξεύρεση του εύρους των τιμών των καθαρών ωφελειών είτε για την εξεύρεση των μεταβλητών που η διακύμανσή τους αλλάζει την απόφαση του έργου, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στη μεταβολή των επενδυτικών κριτηρίων.

Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα στους αναλυτές να προχωρούν σε αλλαγές στη σχεδίαση ενός έργου μειώνοντας το εύρος διακύμανσης των τιμών των εξεταζόμενων μεταβλητών.

Ο έλεγχος περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες μεταβλητές:

- ⇒ Τιμές Βασικών Εκροών,
- ⇒ Τιμές Βασικών Εισροών,
- ⇒ Επίπεδο Ζήτησης,
- ⇒ Κόστος Επένδυσης,
- ⇒ Διάρκεια Επένδυσης,
- ⇒ Προεξοφλητικό Επιτόκιο.

Ας ελέγξουμε για το επενδυτικό έργο που παρουσιάσαμε τα ακόλουθα σενάρια :

1^ο σενάριο : αύξηση ορεχ εξόδων κατά 20%

2^ο σενάριο : Μείωση ορεχ εξόδων κατά 20%

3^ο σενάριο : Αύξηση παραγωγής ενέργειας κατά 10%

4^ο σενάριο : Μείωση παραγωγής ενέργειας κατά 10%

1^ο σενάριο : αύξηση οpex εξόδων κατά 20%

ΑΥΞΗΣΗ ΟΡΕΧ + 20%						
ΕΤΟΣ	Ct	1 + r	P-(val) costs	Ot	P-(val) output	
0	880.473 €	1,1	880473	0	0	0
1	69.120 €	1,1	62836,3636	605	550	550
2	69.120 €	1,1	57123,9669	605	500	500
3	69.120 €	1,1	51930,879	605	454,5454545	454,5454545
4	69.120 €	1,1	47209,89	605	413,2231405	413,2231405
5	69.120 €	1,1	42918,0818	605	375,6574005	375,6574005
6	69.120 €	1,1	39016,438	605	341,5067277	341,5067277
7	69.120 €	1,1	35469,4891	605	310,4606615	310,4606615
8	69.120 €	1,1	32244,9901	605	282,236965	282,236965
9	69.120 €	1,1	29313,6274	605	256,5790591	256,5790591
10	69.120 €	1,1	26648,7522	605	233,2536901	233,2536901
11	69.120 €	1,1	24226,1383	605	212,0488092	212,0488092
12	69.120 €	1,1	22023,7621	605	192,7716447	192,7716447
13	69.120 €	1,1	20021,6019	605	175,2469497	175,2469497
14	69.120 €	1,1	18201,4563	605	159,3154089	159,3154089
15	69.120 €	1,1	16546,7785	605	144,8321899	144,8321899
16	69.120 €	1,1	15042,5259	605	131,6656272	131,6656272
17	69.120 €	1,1	13675,0235	605	119,6960247	119,6960247
18	69.120 €	1,1	12431,8396	605	108,8145679	108,8145679
19	69.120 €	1,1	11301,6723	605	98,92233445	98,92233445
20	77.120 €	1,1	11463,3966	605	89,92939495	89,92939495
		SUM	1470119,67	SUM		5150,70605
LCD = 285,42 €/MW						

Πίνακας 8.9

2^ο σενάριο : Μείωση οpex εξόδων κατά 20%

ΜΕΙΩΣΗ ΟΡΕΧ -20%						
ΕΤΟΣ	Ct	1 + r	P-(val) costs	Ot	P-(val) output	
0	880.473 €	1,1	880473	0	0	0
1	46.080 €	1,1	41890,9091	605	550	550
2	46.080 €	1,1	38082,6446	605	500	500
3	46.080 €	1,1	34620,586	605	454,5454545	454,5454545
4	46.080 €	1,1	31473,26	605	413,2231405	413,2231405
5	46.080 €	1,1	28612,0546	605	375,6574005	375,6574005
6	46.080 €	1,1	26010,9587	605	341,5067277	341,5067277
7	46.080 €	1,1	23646,3261	605	310,4606615	310,4606615
8	46.080 €	1,1	21496,6601	605	282,236965	282,236965
9	46.080 €	1,1	19542,4183	605	256,5790591	256,5790591
10	46.080 €	1,1	17765,8348	605	233,2536901	233,2536901
11	46.080 €	1,1	16150,7589	605	212,0488092	212,0488092
12	46.080 €	1,1	14682,5081	605	192,7716447	192,7716447
13	46.080 €	1,1	13347,7346	605	175,2469497	175,2469497
14	46.080 €	1,1	12134,3042	605	159,3154089	159,3154089
15	46.080 €	1,1	11031,1856	605	144,8321899	144,8321899
16	46.080 €	1,1	10028,3506	605	131,6656272	131,6656272
17	46.080 €	1,1	9116,68234	605	119,6960247	119,6960247
18	46.080 €	1,1	8287,89304	605	108,8145679	108,8145679
19	46.080 €	1,1	7534,44822	605	98,92233445	98,92233445
20	54.080 €	1,1	8038,6474	605	89,92939495	89,92939495
		SUM	1273967,17	SUM		5150,70605
LCD = 247,33 €/MW						

Πίνακας 8.10

3^ο σενάριο : Αύξηση παραγωγής ενέργειας κατά 10%

ΑΥΞΗΣΗ Ot +10%					
ΕΤΟΣ	Ct	1 + r	P-(val) costs	Ot	P-(val) output
0	880.473 €	1,1	880473	0	0
1	57.601 €	1,1	52364,5455	665,5	605
2	57.601 €	1,1	47604,1322	665,5	550
3	57.601 €	1,1	43276,4838	665,5	500
4	57.601 €	1,1	39342,258	665,5	454,5454545
5	57.601 €	1,1	35765,6891	665,5	413,2231405
6	57.601 €	1,1	32514,2628	665,5	375,6574005
7	57.601 €	1,1	29558,4208	665,5	341,5067277
8	57.601 €	1,1	26871,2916	665,5	310,4606615
9	57.601 €	1,1	24428,4469	665,5	282,236965
10	57.601 €	1,1	22207,679	665,5	256,5790591
11	57.601 €	1,1	20188,7991	665,5	233,2536901
12	57.601 €	1,1	18353,4537	665,5	212,0488092
13	57.601 €	1,1	16684,9579	665,5	192,7716447
14	57.601 €	1,1	15168,1436	665,5	175,2469497
15	57.601 €	1,1	13789,2214	665,5	159,3154089
16	57.601 €	1,1	12535,6559	665,5	144,8321899
17	57.601 €	1,1	11396,0508	665,5	131,6656272
18	57.601 €	1,1	10360,0462	665,5	119,6960247
19	57.601 €	1,1	9418,22378	665,5	108,8145679
20	65.829 €	1,1	9785,06139	665,5	98,92233445
		SUM	1372085,82	SUM	5665,776655
LCD = 242,17 €/MW					

Πίνακας 8.11

4^ο σενάριο : Μείωση παραγωγής ενέργειας κατά 10%

ΜΕΙΩΣΗ Ot -10%					
ΕΤΟΣ	Ct	1 + r	P-(val) costs	Ot	P-(val) output
0	880.473 €	1,1	880473	0	0
1	57.601 €	1,1	52364,5455	544,5	495
2	57.601 €	1,1	47604,1322	544,5	450
3	57.601 €	1,1	43276,4838	544,5	409,0909091
4	57.601 €	1,1	39342,258	544,5	371,9008264
5	57.601 €	1,1	35765,6891	544,5	338,0916604
6	57.601 €	1,1	32514,2628	544,5	307,3560549
7	57.601 €	1,1	29558,4208	544,5	279,4145954
8	57.601 €	1,1	26871,2916	544,5	254,0132685
9	57.601 €	1,1	24428,4469	544,5	230,9211532
10	57.601 €	1,1	22207,679	544,5	209,9283211
11	57.601 €	1,1	20188,7991	544,5	190,8439283
12	57.601 €	1,1	18353,4537	544,5	173,4944802
13	57.601 €	1,1	16684,9579	544,5	157,7222548
14	57.601 €	1,1	15168,1436	544,5	143,383868
15	57.601 €	1,1	13789,2214	544,5	130,3489709
16	57.601 €	1,1	12535,6559	544,5	118,4990644
17	57.601 €	1,1	11396,0508	544,5	107,7264222
18	57.601 €	1,1	10360,0462	544,5	97,93311111
19	57.601 €	1,1	9418,22378	544,5	89,03010101
20	65.829 €	1,1	9785,06139	544,5	80,93645546
		SUM	1372085,82	SUM	4635,635445
LCD = 295,98 €/MW					

Πίνακας 8.12

Στη συνέχεια καταρτίζουμε τον πίνακα ανάλυσης ευαισθησίας που αποτυπώνει πως μεταβάλλονται τα επενδυτικά κριτήρια λόγω πιθανών μεταβολών των στοιχείων κόστους και οφέλους:

Πίνακας Ανάλυσης Ευαισθησίας της ΚΠΑ

Ετήσια Παραγωγή				
		-10%	0%	+10%
ΟΡΕΧ	-20%		247,33	
	0%	295,98	266	242,17
	+20%		285,42	

Από τα παραπάνω αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό πως για κάθε δυνατό σενάριο το κόστος της ΚΠΑ παραμένει πολύ υψηλό κάτι που επαληθεύει ότι το υψηλό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν συνοδεύεται με το αντίστοιχο ανταποδοτικό.

Στην ανάλυση που πραγματοποιήσαμε ως τώρα, χρησιμοποιήσαμε εκτιμήσεις των προσδιοριστικών παραγόντων που αφορούν την επένδυση, όπως οι εκτιμήσεις εσόδων, εξόδων, κόστους επένδυσης, αποσβέσεων κ.α. Σε περίπτωση που οι εκτιμήσεις ήταν διαφορετικές από αυτές που κάναμε, είναι πιθανό να άλλαζε και το αποτέλεσμα της αποδοχής ή της απόρριψης της επένδυσης. Η ανάλυση ευαισθησίας αναφέρεται στον προσδιορισμό της αλλαγής στην ΚΠΑ ή στο εσωτερικό επιτόκιο απόδοσης μετά από μια μεταβολή των εκτιμήσεων των προσδιοριστικών παραγόντων.

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια τεχνική μέτρησης του κινδύνου μιας επένδυσης, βοηθώντας μας να ξεχωρίσουμε ποιοι παράγοντες είναι οι πιο σημαντικοί, ώστε να γίνουν οι εκτιμήσεις τους με μεγαλύτερη ακρίβεια. Από την άλλη, η ανάλυση αυτή δεν είναι επαρκής, αφού δεν μας δίνει τις μεταβολές όλων των παραγόντων αξιολόγησης της επένδυσης, αλλά μόνο έναν παράγοντα την φορά. Μας είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε πως μεταβάλλεται η ΚΠΑ ή το εσωτερικό επιτόκιο απόδοσης ως μια συνάρτηση των μεταβολών όλων μαζί των βασικών παραγόντων της αξιολόγησης, κάτι που επιτυγχάνεται με πιο σύνθετες τεχνικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενέργεια αποτελεί ένα από τα στρατηγικά “χαρτιά” μιας εθνικής οικονομίας. Όσο η ζήτηση για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται και όσο εξαντλούνται οι διαδεδομένες πηγές ενέργειας, τόσο θα αυξάνεται η ζήτηση για παραγωγή ενέργειας με ΑΠΕ. Η Ευρώπη έχει συνειδητοποιήσει την ανάγκη να επενδύσει σε ΑΠΕ και προωθεί την Έρευνα και Ανάπτυξη για την βελτιστοποίηση των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αντιληφθεί την απεριόριστη αξία των θαλάσσιων πηγών ενέργειας και έχει στραφεί στην προώθηση της θαλάσσιας ενέργειας μέσω διαφόρων διατάξεων, εισάγοντας την έννοια “Blue Growth”, μέσω ερευνών και ενίσχυσης οργανισμών κυματικής ενέργειας. Διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες συμμετέχουν στην στον τομέα της παραγωγής κυματικής ενέργειας είτε εμπορικά είτε ερευνητικά, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Πορτογαλία, η Ιταλία κλπ. Η Ελλάδα, ωστόσο, αντιλαμβάνεται τις Ευρωπαϊκές τάσεις με καθυστέρηση, ενώ θα μπορούσε τουλάχιστον να συμμετέχει σε ερευνητικό επίπεδο. Υπενθυμίζεται ότι στο Αιγαίο εντοπίζεται η μεγαλύτερη ισχύς κυμάτων στην Μεσόγειο. Όμως, σε εμπορικό επίπεδο, η εικόνα δεν είναι ακόμα ενθαρρυντική.

Η παρούσα μελέτη στηρίχθηκε σε ενδεχόμενη επένδυση στα Νότιο-Δυτικά της Κρήτης, σκοπός της οποίας ήταν ο σχεδιασμός της εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διασύνδεσης αυτής με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και κατόπιν η εκτίμηση της βιωσιμότητας της επένδυσης.

Με κριτήριο το κυματικά δυναμικά που επικρατούν στην περιοχή και σε συνδυασμό με την χρήση πινάκων ενεργειακών δυναμικών παρόμοιων διατάξεων (WEC Matrices) έγινε εκτίμηση συνολικής παραγόμενης ονομαστικής ισχύος τα 450 KW.

Ακολούθως παρουσιάστηκε η διάταξη με περιγραφή του τρόπου λειτουργίας, των επιμέρους χαρακτηριστικών όπως και της power take off μεθόδου. Η μέθοδος LCOE εφαρμόστηκε σε βάθος 20 ετών και με κριτήριο συνεχούς λειτουργίας 7 μήνες τον χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίστηκε $LCOE = 266 \text{ €/MW}$ η οποία συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα 8.5 προκύπτει το συμπέρασμα πως η εγκατάσταση δεν κρίνεται βιώσιμη.

Το συγκεκριμένο αναμενόμενο αποτέλεσμα έρχεται σαν φυσιολογική συνέχεια άλλων μελετών που επιβεβαιώνουν ότι οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας κρίνονται εμπορικά μη αποδοτικές λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης - συντήρησης σε συνδυασμό με τον μικρό βαθμό απόδοσής τους.

Ωστόσο, οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας είναι σχετικά νέες και μη διαδεδομένες σε εμπορικό επίπεδο, με αποτέλεσμα η χρηματοοικονομική εικόνα τους να απέχει πολύ από τη βέλτιστη κατάσταση. Το αρχικό κόστος παραμένει υψηλό, οι Ευρωπαϊκές και

Εθνικές πολιτικές έχουν δημιουργήσει ένα δυσμενές περιβάλλον για επενδύσεις στις ΑΠΕ στην Ελλάδα και η εύρεση πόρων και χρηματοδότησης για την επένδυση είναι περιορισμένη την παρούσα περίοδο της δημοσιονομικής ύφεσης. Τα οφέλη από την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας είναι μεγάλα για το σύνολο της κοινωνίας παρά για τον ίδιο τον επενδυτή, στην παρούσα φάση της τεχνολογίας και του πολιτικού σχεδιασμού.

Η οικονομική ανάλυση, υπέδειξε τα οφέλη της επένδυσης αυτής με εξοικονόμηση λιγνίτη και εκπομπών CO₂. Ο λιγνίτης είναι η κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και πρόκειται για εξαντλήσιμη πηγή, ρυπογόνα και μη αποδοτική. Η εθνική παραγωγή λιγνίτη δεν είναι αρκετή για την εξυπηρέτηση της ζήτησης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται η οικονομία με το κόστος της αγοράς εισαγόμενου λιγνίτη από Ρωσία, Τουρκία κλπ. Υπενθυμίζεται, ότι τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης, βασίστηκαν σε επένδυση μικρής ενεργειακής δυναμικότητας. Το σημαντικό όφελος για το κοινωνικό σύνολο μπορεί να παρατηρηθεί πιο έντονα με την υλοποίηση μεγαλύτερης επένδυσης.

Επιπλέον, οι επενδύσεις στις ΑΠΕ προσφέρουν νέες θέσεις εργασίας, και εξοικονόμηση εθνικών πόρων. Η εγκατάσταση ενεργειακών πάρκων εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας, μπορεί να τροφοδοτήσει τα νησιά με ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο και είναι ευάλωτα σε συχνές διακοπές ρεύματος, ειδικά τις καλοκαιρινές περιόδους. Η Ελλάδα, βρίσκεται σε ένα από τα πιο σημαντικά γεωστρατηγικά σημεία της Ευρώπης, ωστόσο είναι ενεργειακά εξαρτημένη από την Ανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια, την Τουρκία και τις Αραβικές χώρες. Η στροφή στις ΑΠΕ και η αποδοτική εκμετάλλευση τους θα μπορούσε να καταστήσει την Ελλάδα σημαντικό ενεργειακό παραγωγό και εξαγωγέα.

Για την πραγματοποίηση της παρούσας επένδυσης απαιτείται η συμμετοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ελληνικού Κράτους, με πόρους, και με την προώθηση της υλοποίησης επενδύσεων στις ΑΠΕ. Με βάση την παρούσα μελέτη, προκύπτει η ανάγκη για ενεργή παρουσία της Ελλάδας στις ΑΠΕ, πρωτίστως σε ερευνητικό επίπεδο. Η προώθηση της Έρευνας και Ανάπτυξης, θα ωφελήσει την εθνική οικονομία, και η μελλοντική εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας στη βέλτιστη οικονομοτεχνική μορφή της θα ωφελήσει την κοινωνία και την εθνική οικονομία. Κυρίως, όμως η εκμετάλλευση των ΑΠΕ και της κυματικής ενέργειας θα ωφελήσει το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χρήστος Μέμος : Νόμιμος κάτοχος ευρεσιτεχνίας περιγραφόμενου μηχανισμού μετατροπής κυματικής ενέργειας
2. (Friedlingstein et al., 2014.:
<http://www.nature.com/ngeo/journal/v7/n10/full/ngeo2248.html>)
3. «Τεχνική Προστασίας Περιβάλλοντος - Αρχές Αειφορίας» - Νικόλαος Μουσιόπουλος : <https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1009/6/full.pdf>
4. «ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ» - WWF Ελλάς :
https://www.wwf.gr/images/pdfs/Long_Term_Energy_Plan4Greece.pdf
5. «Χανιώτικα Νέα» :
<http://www.haniotika-nea.gr/to-diadiktyo-ton-ananeosimon-pigon-energeias/>
<http://www.haniotika-nea.gr/96005-%E2%80%88kriti-kai-oi-ananewsimes-piges-energeias/>
6. «Κυματική Ενέργεια: Τεχνολογίες Εκμετάλλευσης και Ελληνικό Κυματικό Δυναμικό» - Ντάβαλης Γεώργιος :
<https://ikee.lib.auth.gr/record/294389/files/Ntavalis-WaveEnergy.pdf>
7. «ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΗΕΠ» - Enex :
http://www.enexgroup.gr/fileadmin/groups/EDRETH/DAS_Monthly_Reports/2018_12_DAS_Monthly_Report.pdf
8. ΛΑΓΓΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ :
<http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/miniaia-deltia-aidikoy-logarismoy-ape-sithya/>
9. «Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά» - ΔΕΔΔΗΕ :
<https://www.deddie.gr/Documents2/MDN/PLIROFORIAKA%20DELTIA%202018/ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ%20ΔΕΛΤΙΟ-2018%20Απρίλιος.pdf>
10. “WAVE ENERGY TECHNOLOGY BRIEF» - IRENA :
https://www.irena.org/documentdownloads/publications/wave-energy_v4_web.pdf
11. «Wave power conversion systems fro electrical energy production» - Leao Rodriguez :
<http://www.icrepq.com/icrepq-08/380-leao.pdf>
12. «Developing offshore renewable energy in Mediterranean Sea: Political Environmental Social Technological (PEST) analysis and assessment of non-technological barriers for the implementation and sustainable development of Wave Energy» - E. Papadopoulos & C. Synolakis :
[https://oceanos-dspace.hcmr.gr/bitstream/handle/123456789/2703/PanhellSympOceanFish11\(973-976\)2015..pdf?sequence=1](https://oceanos-dspace.hcmr.gr/bitstream/handle/123456789/2703/PanhellSympOceanFish11(973-976)2015..pdf?sequence=1)
13. «Classification of Wave Energy Converters» - M Dolores Esteban*, José-Santos López-Gutiérrez and Vicente Negro :
<https://juniperpublishers.com/rapscl/pdf/RAPSCI.MS.ID.555593.pdf>

14. Bureau Of Ocean Energy Management :
<https://www.boem.gov/Renewable-Energy-Program-Overview/>
15. «Wave energy utilization: A review of the technologies» - AF.O Falcao :
<https://scinapse.io/papers/2027446201>
16. «Methodology for site selection for wave energy projects» - Laura Zubiate , University College Dublin :
https://www.researchgate.net/publication/228769826_Methodology_for_site_selection_for_wave_energy_projects
17. «Wind and Wave Atlas of the Hellenic Seas» - Takvor Soukissian , Hellenic Centre for Marine Research :
https://www.researchgate.net/publication/270579156_Wind_and_Wave_Atlas_of_the_Hellenic_Seas
18. «Governmental Regulation of Ocean Wave Energy Converter Installations» - J. G. VIVING. , Dept. of Electrical and Computer Engineering University of Wisconsin-Madison :
https://www.researchgate.net/profile/A_Muetze/publication/4280921_Governmental_Regulation_of_Ocean_Wave_Energy_Converter_Installations/links/00b7d51a65a3fefe17000000/Governmental-Regulation-of-Ocean-Wave-Energy-Converter-Installations.pdf
19. «Η εφαρμογή των ΑΠΕ στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις του νομού Χανίων» - Πυροβολάκη Ελευθερία , Πτυχιακή Εργασία :
<https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/7939/PyrovolakiEleftheria2016.pdf?sequence=1>
20. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ :
http://www.cres.gr/cres/pages/xrisima/xrisima_ekdoseis_GR.html