

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

## Πτυχιακή Εργασία

# Η εφαρμογή της κυματικής ενέργειας στην παραγωγή της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας

Στεφανία-Γιοχάννε Μαρτίν-Φερνάντεζ ΑΜ : 33398

Επιβλέπων Καθηγητής: Παναγιώτης Γιαννακόπουλος

Νίκαια, 2014

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Τι είναι η κυματική ενέργεια.....	3
1.2 Πού είναι τα καλύτερα κύματα.....	4
1.3 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	4
1.4 Οι αναμενόμενες δαπάνες της ενέργειας των κυμάτων.....	4
1.5 Συσκευές μετατροπής της κυματικής ενέργειας.....	5
1.6 Γιατί η κυματική ενέργεια;.....	6
1.7 Πλεονεκτήματα.....	7
1.8 Δυσκολίες.....	8
1.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μονάδων παραγωγής κυματικής ενέργεια.....	10

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Πλωτά συστήματα.....	17
2.1.1 LIMPET.....	17
2.1.2 OSPREY.....	19
2.1.3 Salter's Duck.....	20
2.1.4 Wing Waves.....	22
2.1.5 WaveRoller.....	25
2.1.6 Wave Dragon.....	28
2.1.7 Archimedes Wave Swing (AWS).....	29
2.2 Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού.....	31
2.2.1 Pelamis.....	31
2.2.2 Mighty Whale.....	33
2.2.3 PowerBuoy.....	36
2.2.4 Aquabuoy.....	40
2.2.5 Wavebob.....	41

2.3 Συστήματα κωνικών καναλιών.....	43
2.3.1 TARCHAN.....	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
3.1 Άλλες Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .....	45
3.1.1 Παλιρροϊκή ενέργεια.....	45
3.1.2 Θαλάσσια θερμική ενέργεια .....	48
3.1.3 Θερμική σύντηξη.....	52
3.2 Λογισμικά για την κυματική ενέργεια.....	54
3.2.1 FLOW-3D.....	54
3.2.2 AquaSim.....	57
3.2.3 proWAVE.....	59
3.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη βοήθεια της υδροηλεκτρικής.....	61
3.4 Η κυματική ενέργεια και οι δυνατότητες της.....	65
3.4.1 Δυνατότητες της κυματικής ενέργειας και της έρευνας.....	66
3.4.2 Η κυματική ενέργεια σε όλο τον κόσμο.....	70

## ΠΗΓΕΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 Τι είναι η κυματική ενέργεια

Κυματική ενέργεια είναι μια ακανόνιστη και ταλαντευόμενη χαμηλής συχνότητας ενεργειακή πηγή που μπορεί να μετατραπεί σε συχνότητα 60 Hertz και στη συνέχεια μπορεί να προστεθεί στο δίκτυο ηλεκτρικής ωφέλειας. Η ενέργεια στα κύματα προέρχεται από την κίνηση στον ωκεανό και το μεταβαλλόμενο ύψος και ταχύτητα των κυμάτων. Η κινητική ενέργεια, η ενέργεια της κίνησης, στα κύματα είναι τεράστια. Κατά μέσο όρο ένα κύμα 4 ποδιών, διάρκειας 10 δευτερολέπτων, που χτυπάει μια ακτή δημιουργεί μια δύναμη πάνω από 35.000 ίππους ανά μίλι. [1]

Τα κύματα παίρνουν την ενέργειά τους από τον αέρα, ο οποίος με τη σειρά του προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Τα κύματα, ιδιαίτερα εκείνα του μεγάλου πλάτους, περιέχουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Η ενέργεια των κυμάτων είναι μια μορφή αποθηκευμένης και συμπυκνωμένης ηλιακής ενέργειας, ακόμη και ο άνεμος που παράγουν τα κύματα προκαλείται από τις διαφορές πίεσης στην ατμόσφαιρα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη από τον ήλιο. [2]

Τα κύματα μπορούν να συγκεντρώνουν, να αποθηκεύουν και να μεταδίδουν την ενέργεια αυτή χιλιάδες μίλια με ελάχιστη απώλεια. Για όσο διάστημα ο ήλιος λάμπει, η κυματική ενέργεια δεν θα εξαντληθεί ποτέ, η έντασή της ποικίλλει, ενώ είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο. Η τεχνολογία της κυματικής ενέργειας των ωκεανών βασίζεται στην πάνω-κάτω κίνηση των κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρισμού. [1]

Η ενέργεια των κυμάτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία και οι πιο έντονες έρευνες έγιναν τις δεκαετίες του 70 και του 80, βάσει προγραμμάτων που προωθούν διάφορες κυβερνήσεις και βιομηχανίες. Ακόμη, διενεργείται έρευνα για την ενέργεια των κυμάτων και έχουν επωφεληθεί από τα κεφάλαια που χορήγησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ως εκ τούτου, έχει προταθεί ένα ευρύ φάσμα των συσκευών για την ενέργεια των κυμάτων τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, για την κατανόηση διαφορετικών σχημάτων, μεγεθών και μεθόδων εξαγωγής την ενέργεια. Αν και πολλές από αυτές δεν εφαρμόστηκαν ποτέ από το στάδιο του σχεδιασμού, πολλοί έχουν αποτελέσει αντικείμενο των εργασιών έρευνας και ανάπτυξης και ορισμένοι έχουν αναπτυχθεί στην θάλασσα ως πρωτότυπα ή επιδείξεις. [2]

Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την ενέργεια των κυμάτων ήταν μια πρόταση του 1799 από έναν παριζιάνο με το όνομα Monsieur Girard και το γιο του, που χρησιμοποίησαν απευθείας μηχανική δράση για να χειρίζονται αντλίες, πριόνια, μύλους και άλλα βαριά μηχανήματα. Εγκαταστάσεις έχουν χτιστεί ή βρίσκονται υπό κατασκευή σε διάφορες χώρες, όπως Ηνωμένο Βασίλειο (Σκωτία), Πορτογαλία, Νορβηγία, ΗΠΑ, Κίνα, Ιαπωνία, Αυστραλία και Ινδία.

## **1.2 Πού είναι τα καλύτερα κύματα**

Γενικά, τα καλύτερα κύματα βρίσκονται σε ακραία γεωγραφικά πλάτη και στα δυτικά παράλια των ηπείρων. Η πρώτη, παγκοσμίως, μονάδα κυματικής ενέργειας, .5 MW, που αναπτύχθηκε από την WaveGen, βρίσκεται στη νήσο Islay της Σκωτίας.

## **1.3 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον**

Σε αντίθεση με τα φράγματα, οι δομές κυματικής ενέργειας που είναι εξίσου μακρόβιες, μπορούν να έχουν καλοήθειες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κυματική ενέργεια είναι ανανεώσιμη, πράσινη, χωρίς ρύπανση, και περιβαλλοντικά αόρατη. Το καθαρό δυναμικό (πόροι μείον «κόστος») είναι ίσο ή καλύτερο της αιολικής, της ηλιακής, της μικρής υδροηλεκτρικής ή της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

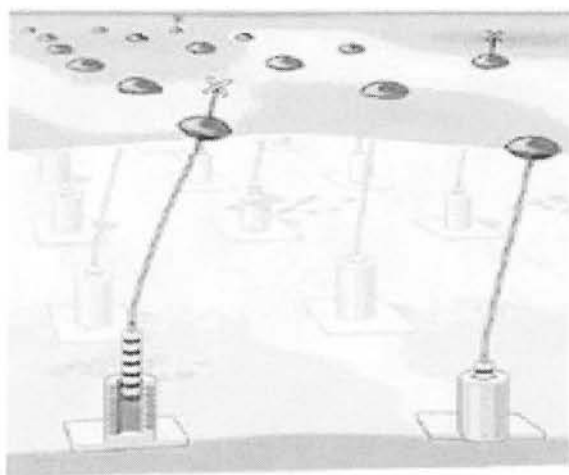
## **1.4 Οι αναμενόμενες δαπάνες της ενέργειας των κυμάτων**

Έχει υπολογιστεί ότι η βελτίωση της τεχνολογίας και της οικονομίας θα επιτρέψει στις γεννήτριες κυμάτων να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με κόστος συγκρίσιμο με τις τουρμπίνες που κινούνται με τον αέρα, οι οποίες παράγουν ενέργεια περίπου 4,5 λεπτά την kWh. Προς το παρόν, η καλύτερη τεχνολογία γεννήτριας κυμάτων που βρίσκεται στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι παραγωγής ενέργειας της οποίας το μέσο κόστος προβλέπεται/αξιολογείται σε 7,5 σεντς την kWh. Ενώ, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεγάλης ποσότητας άνθρακα κοστίζει περίπου 2,6 σεντς την κιλοβατώρα. Η τεχνολογία των τουρμπινών φυσικού αερίου, η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι περίπου 3 σεντς ανά κιλοβατώρα ή υψηλότερη. Ενώ, δεν είναι ασυνήθιστο το μέσο κόστος των 5 σεντς ανά κιλοβατώρα και για περιοχές δημοτικών κοινωφελών επιχειρήσεων.

## 1.5 Συσκευές μετατροπής της κυματικής ενέργειας

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι για την μετατροπή της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια:

- 1) **Πλωτά συστήματα** ή σηματοδούρες που χρησιμοποιούν την άνοδο και πτώση των κυμάτων του ωκεανού για να οδηγήσουν υδραυλικές αντλίες. Το αντικείμενο μπορεί να τοποθετηθεί σε μια πλωτή σχεδία ή σε μια συσκευή που καθορίζεται στον πυθμένα των ωκεανών. Μια σειρά από στάσιμες σηματοδούρες ανεβαίνουν και κατεβαίνουν μαζί με τα κύματα. Η κίνηση «χτυπάει» μια ηλεκτρική γεννήτρια και δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία αποστέλλεται στην ξηρά μέσω υποβρύχιου καλωδίου.
- 2) **Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού**, στις οποίες η μέσα-έξω κίνηση των κυμάτων στην ακτή εισάγει μια στήλη και αναγκάζει τον αέρα να κινήσει μια τουρμπίνα. Η στήλη γεμίζει με νερό καθώς ανεβαίνει το κύμα και αδειάζει καθώς πέφτει. Ο αέρας μέσα στην στήλη είναι συμπιεσμένος και χτυπάει πάνω δημιουργώντας ενέργεια όπως ένα πιστόνι. Αυτή η ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να αξιοποιηθεί και να σταλεί στην ακτή μέσω ηλεκτρικού καλωδίου.
- 3) **«Κωνικά κανάλια»** βασισμένα σε μια δομή ακτής για να διοχετεύουν και να επικεντρώνουν τα κύματα, οδηγώντας τα σε μια ανυψωμένη δεξαμενή. Η ροή του νερού μέσα σε αυτήν την δεξαμενή χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της τυπικής υδροηλεκτρικής ενέργειας.



Εικ. 1: Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού [1]

## 1.6 Γιατί η κυματική ενέργεια;

Ενώ η κυματική υστερεί σε εμπορική ανάπτυξη από την αιολική και την ηλιακή, αποτελεί μια πιο ελπιδοφόρα πηγή ενέργειας και από τις δύο:

- 1) Επειδή τα κύματα προέρχονται από καταιγίδες μακριά έξω στη θάλασσα και μπορούν να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς σημαντική απώλεια ενέργειας, η ισχύς που παράγεται από αυτά και είναι πολύ πιο σταθερή και πιο προβλέψιμη, τόσο από μέρα σε μέρα και από εποχή σε εποχή. Αυτό μειώνει και τον κίνδυνο του έργου.
- 2) Η κυματική ενέργεια περιέχει περίπου 1.000 φορές την κινητική ενέργεια του ανέμου, επιτρέποντας σε πολύ μικρότερες και λιγότερο εμφανείς συσκευές να παράγουν την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κλάσμα του χώρου.
- 3) Σε αντίθεση με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια, η κυματική ενέργεια συνεχίζει να παράγεται όλο το 24ωρο, ενώ η ταχύτητα του ανέμου τείνει να πεθαίνει το πρωί και το βράδυ, και η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας σε περιοχές με σχετικά μικρή νέφωση.
- 4) Η παραγωγή κυματικής ενέργειας είναι πολύ ομαλότερη και πιο συνεπής από την αιολική ή την ηλιακή, με αποτέλεσμα υψηλότερους συνολικά παράγοντες δυναμικότητας.
- 5) Η κυματική ενέργεια μεταβάλλεται με το τετράγωνο του ύψους του κύματος, ενώ η αιολική ενέργεια μεταβάλλεται με τον κύβο της ταχύτητας του αέρα. Το νερό όντας 850 φορές πιο πυκνό από τον αέρα, έχει ως αποτέλεσμα την πολύ υψηλότερη παραγωγή ενέργειας από τα κύματα κατά μέσο όρο.
- 6) Η εκτίμηση των δυνατοτήτων των πόρων είναι πολύ πιο εύκολη από ό, τι με την αιολική ενέργεια, το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την προσέλκυση δανειστών του έργου.

- 7) Επειδή η κυματική ενέργεια χρειάζεται μόνο το 1/200 της έκτασης του ανέμου και δεν απαιτεί δρόμους πρόσβασης, το κόστος των υποδομών είναι λιγότερο.
- 8) Οι συσκευές κυματικής ενέργειας είναι πιο ήσυχες και πολύ λιγότερο ενοχλητικές από τα οπτικά συστήματα αιολικής ενέργειας, τα οποία λειτουργούν συνήθως 40-60 μέτρα σε ύψος και συνήθως απαιτούν απομακρυσμένη χωροθέτηση συν το υψηλό κόστος μεταφοράς. Αντίθετα, οι 10μετρες συσκευές υψηλού κυματισμού μπορούν να ενσωματωθούν σε κυματοθραύστες ενός πολυσύχναστου λιμανιού παράγοντας ενέργεια ακριβώς εκεί που χρειάζεται.
- 9) Όταν κατασκευάζονται με υλικά που έχουν αναπτυχθεί για χρήση σε off-shore πλατφόρμες πετρελαίου, οι συσκευές κυματικής ενέργειας (που περιέχουν λίγα κινούμενα μέρη) κοστίζουν λιγότερο από όσα χρειάζονται για να διατηρηθούν εκείνες που κινούνται με αιολική ενέργεια.

Ακόμα κι αν η κυματική ενέργεια είναι στην αρχή της καμπύλης εκμάθησης στην παραγωγή, το κόστος κεφαλαίου ανά καθαρό kw είναι ήδη κάτω από το φάσμα των συσκευών της αιολικής ενέργειας, καθώς και κάτω από της ηλιακής. Σε περιοχές υψηλότερου κόστους ενέργειας, όπως οι πετρελαιο-κοινότητες που δεν συνδέονται με το δίκτυο, η απόδοση των επενδύσεων από τα έργα κυματικής ενέργειας είναι δυνητικά πολύ ελκυστική. [1]

## 1.7 Πλεονεκτήματα

- Προκαλεί ελάχιστη ζημιά ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Είναι ανεξάντλητη.
- Είναι καθαρή.
- Πλήρως ανανεώσιμη.
- Αθόρυβη.
- Έχει χαμηλή οπτική επίπτωση, δηλαδή λιγότερο ορατούς μηχανισμούς.



- Έχει υψηλή οικονομική βιωσιμότητα.
- Υψηλό δυναμικό στις παράκτιες χώρες.
- Παράγει τοπική ενέργεια.
- Αυτόνομη και συνεχή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Υψηλή διαθεσιμότητα της ενέργειας (σε ώρες ανά έτος είναι μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). [2]

### 1.8 Δυσκολίες

- Ένα από τα κύρια τεχνικά προβλήματα είναι το πώς να απορροφήσει τη μηχανική ενέργεια, η οποία παρουσιάζεται με μια τυχαία ταχύτητα πεδίου, σε ηλεκτρική ενέργεια και αν είναι κατάλληλη για σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Το υψηλό οικονομικό κόστος της αρχικής επένδυσης οδηγεί τα κεντρικά γραφεία να έχουν μια μακρά περίοδο απόσβεσης. Από την άλλη πλευρά, η χρήση τους περιορίζεται σε παράκτιες περιοχές ή κοντά στην ακτή, το οικονομικό κόστος της μεταφοράς της ενέργειας που παράγεται στις χερσαίες εγκαταστάσεις.
- Ένα άλλο μειονέκτημα είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγκαταστάσεων που απαιτούν την τροποποίηση του τοπίου για την κατασκευή τους. Θα πρέπει να έχει πολύ χώρο για να χωρέσουν οι τεράστιοι στρόβιλοι, οι οποίοι γεννούν οικολογικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, παράκτια συνήθως.



Εικ. 2: Το «Seasnake» (Pelamis) [2]

Πρέπει να έχουμε κατά νου ότι αυτό το είδος της ενέργειας, έχει χαιρετηθεί ως η πιο πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για θαλάσσιες χώρες. Δεν προκαλεί ζημίες στο περιβάλλον όπως έχουμε ήδη πει, και είναι ανεξάντλητη.

Συνήθως είναι περίπου 2.000 GW, αν και στην UNESCO έχει δηλωθεί ως περίπου το διπλάσιο του ποσού αυτού. Η δυνατότητα για την απόκτηση ενέργειας από τα κύματα είχε μελετηθεί στο διάστημα της Γαλλικής Επανάστασης.

Υπήρχε μικρή πρόοδος στη στροφή αυτού του κινήματος σε χρήσιμα ενεργειακά, μέχρι το τελευταίο τέταρτο του περασμένου αιώνα, κυρίως λόγω της έλλειψης επιστημονικής γνώσης του τι κύμα ήταν, όπως ήταν σε κίνηση και πώς θα μπορούσε να μετατραπεί.

Μια διαφορά της υδροηλεκτρικής ενέργειας, είναι ότι τα κύματα δεν μπορούν να υπολογίζουν στην παροχή νερού προς τη μία κατεύθυνση. Δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ενός τροχού νερού στη θάλασσα, να κάνει μια στροφή και να παράγει ηλεκτρισμό, αν και για τον θεατή στην ακτή φαίνεται ότι τα κύματα κινούνται προς την ακτή σε μια ευθεία γραμμή.

Ένα κύμα κινείται προς τα εμπρός σε μια αόριστη κίνηση, πάνω και κάτω. Το μέγιστο ύψος είναι η βασική ένδειξη της ισχύς του. Έτσι, όσα περισσότερα διέρρευσαν στη θάλασσα, τόσο πιο επιτυχημένη, αλλά και πιο δύσκολη, θα είναι η συγκομιδή της ενέργειας. Οι μηχανικοί των κυμάτων ενέργειας πρέπει να σχεδιάσουν μια μονάδα παραγωγής ενέργειας σε θέση να απορροφήσουν την ισχύ και των πιο σφοδρών

κυμάτων χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να βουλιάξει. Δύο από αυτά, στη Σκωτία και στη Νορβηγία, έχουν ήδη πέσει θύματα της θάλασσας.

### **1.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μονάδων παραγωγής κυματικής ενέργειας**

Η εγκατάσταση των γεννητριών συστημάτων αυτού του τύπου της ενέργειας, έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Δημιουργία περιοχών ηρεμίας: είναι ευεργετική στην περίπτωση της εφαρμογής του στην υδατοκαλλιέργεια ήδη ότι σας επιτρέπει να τοποθετείτε τα κλουβιά στις πιο απομακρυσμένες περιοχές της ακτής. Με αυτό τον τρόπο μπορείτε να μειώσετε τη μεγάλη σύγκρουση που υπάρχει ανάμεσα σε αυτό το τομέα και τον τουρισμό λόγω της ενόχλησης που προκαλούν τα ψάρια τα κλουβιά με τις οπτικές επιπτώσεις και τον ευτροφισμό των κοντινών περιοχών (οσμές, κλπ. ) Από την άλλη πλευρά, ορισμένα συστήματα παραγωγής κυματικής ενέργειας μπορούν να παράγουν περιοχές ηρεμίας στις παραλίες ότι εναλλακτικά θα έχουν παραδοσιακούς κυματοθραύστες, δίνοντας μια διπλή χρησιμότητα αυτών των δομών. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί μια σημαντική οικονομική εξοικονόμηση για τα συμβούλια που επενδύουν ετησίως στην ανασύσταση των αμμουδερών παραλίων, δεδομένου ότι αυτές οι δομές μπορούν να μειώσουν τη διάβρωση των ακτών που παράγονται από τα κύματα.
- Ενεργειακής αυτάρκειας ορισμένων υποδομών του λιμένα: η γενιά της ενέργειας μπορεί να τροφοδοτήσει ηλεκτρικά με το λιμένα εξοπλισμού και την ψυχαγωγία που βρίσκονται στην περιοχή καθώς και τα πλοία είναι προσδεμένα. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη να οικοδομήσουμε για αστικά κέντρα, εκτός από μια σημαντική οικονομική εξοικονόμηση για το λιμάνι, αλλά και ένα απόθεμα ενέργειας σε περιόδους μεγαλύτερης ζήτησης.
- Χρήση των υφιστάμενων διαρθρώσεων: ορισμένα συστήματα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κύματα ενέργειας μπορούν να ενσωματωθούν στις παραδοσιακές δομές του λιμένα ( αναχωμάτων, κυματοθραύστες, κλπ. ) δίνοντας στα στοιχεία πολλαπλές χρήσεις και, επομένως, μία σημαντική

προστιθέμενη αξία. Σε ό,τι αφορά στην Τενερίφη, υπάρχει ένα σχέδιο για την κατασκευή βιομηχανικών στο λιμάνι στο νότο του νησιού ( λιμένας Granadilla). Η μελέτη σκοπιμότητας που προορίζεται για να εκτελέσει ευαισθητοποιημένη η δυνατότητα ενσωμάτωσης αυτών των συστημάτων σε όλα τα φράγματα έχουν προγραμματιστεί στο σχέδιο του λιμένα. Αυτή η ιδέα μπορεί να προεκταθεί προς άλλα λιμάνια του κόσμου, του οποίου η υποδομή μπορεί να πάρει διπλή χρήση, για να έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

- Νέες πηγές εσόδων για το λιμάνι: είναι ενδιαφέρον για τα λιμάνια να ενσωματώνουν την ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα των κυμάτων ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο, από την πώληση αυτή η ενέργεια παρέχει συμπληρωματικό εισόδημα για το λιμάνι και επιτρέπει να αποσβέσει την επένδυση πιο γρήγορα.

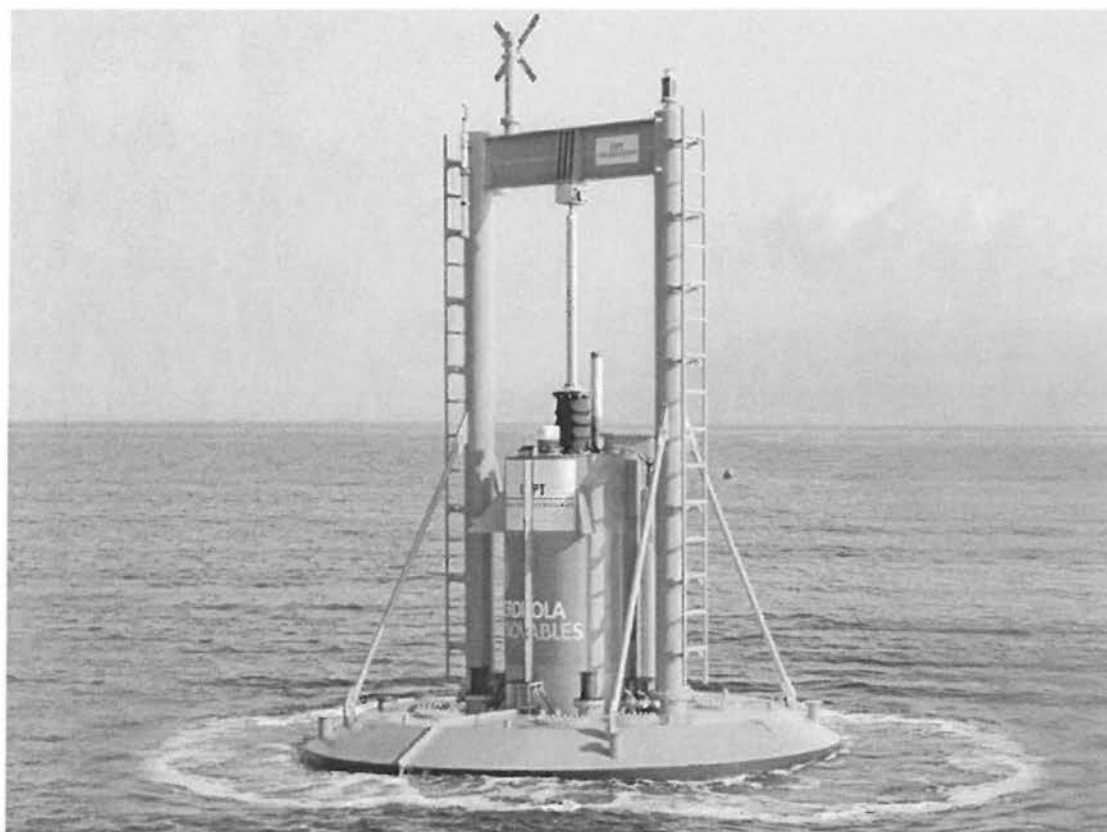
Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συσκευών που έχουν σχεδιασθεί για την χρησιμοποίηση αυτού του είδους ενέργειας, σε σαφή αντίθεση με κάθε άλλο τύπο ανάπτυξης ανανεώσιμης ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν περίπου 1.000 περίπου συνολικά ευρεσιτεχνίες των γεννητριών της κυματικής ενέργειας (GEO), οι έννοιες στις οποίες βασίζονται μπορούν να ταξινομηθούν σε μερικά βασικά είδη:

- 1) **Περιστροφή στήλης ύδατος:** Αποτελείται από την ταλάντωση του νερού μέσα σε μια φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιείται και το άνοιγμα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Υπάρχει μια αλλαγή στην πίεση του αέρα πάνω από το νερό.
- 2) **Δυναμικά συστήματα:** Μπορεί να είναι κυμαινόμενο ή σταθερό στην ξηρά. Πιάνουν το περιστατικό κύμα, αποθήκευση νερού σε ένα υψηλό φράγμα. Αυτό το νερό διέρχεται μέσα από μια τουρμπίνα για να το απελευθερώσει.
- 3) **Εναέρια συστήματα:** Μπορεί να είναι τόσο επιπλέοντα όσο και βυθισμένα. Η κίνηση γίνεται μέσα από ένα υδραυλικό ή μηχανικό σύστημα σε γραμμική ή περιστροφική κίνηση για την ηλεκτρική γεννήτρια.
- 4) **Υδραυλικά συστήματα:** Είναι συστήματα με διασυνδεδεμένα δίκτυα πλωτήρων. Η σχετική μετακίνηση των πλωτήρων μεταξύ τους

χρησιμοποιείται για την αντλία πετρελαίου υψηλής πίεσης μέσω υδραυλικών κινητήρων που οδηγούν ηλεκτρικές γεννήτριες.

- 5) **Συστήματα άντλησης:** Εκμεταλλεύονται την κάθετη μετακίνηση των μορίων από το νερό. Δημιουργούν ένα σύστημα άντλησης με τη χρησιμοποίηση ενός επιπλέοντος σώματος σε ένα ελαστικό σωλήνα.

Η Ισπανία θέλει να ανέβει σχετικά με την τεχνολογία της κυματικής ενέργειας. Διάφορα πρωτότυπα ήδη δοκιμάζονται σε πολλά μέρη της χώρας, με στόχο σε λίγα χρόνια να έχει το μονοπώλιο στην ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σε άλλα μέρη του κόσμου, όπως Πορτογαλία, Νορβηγία και Σκωτία, το έχουν πάρει στα σοβαρά και έχουν ήδη διάφορες διευκολύνσεις. Ωστόσο, αυτό είναι ακόμα μια τεχνολογία που χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη για να είναι ανταγωνιστική.



Εικ. 3: Το σύστημα της Ocean Power Technology's (OPT) [10]

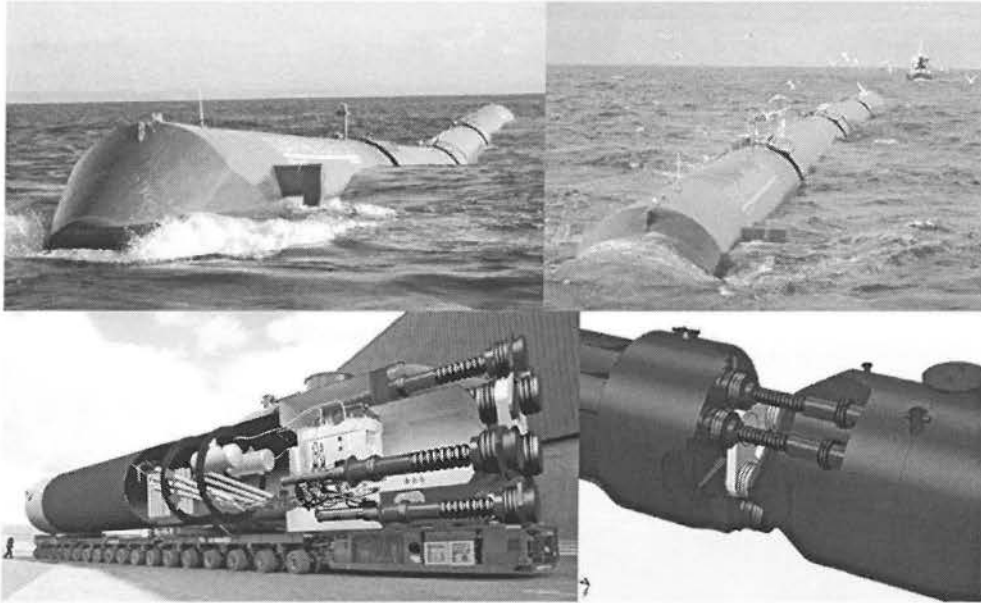
Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε μια σημαδόουρα, που βρίσκεται στην ακτή, που αξιοποιεί την κατακόρυφη κίνηση που παράγεται από τις κυματομορφές για την

παραγωγή ενέργειας. Η σημαδούρα έχει μια υδραυλική αντλία που κινείται η μηχανική ενέργεια που παράγεται σε ένα αλτερνέιτορ, του οποίου η ένταση ρεύματος μπορεί στη συνέχεια να μεταδοθούν στο σώμα μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου.



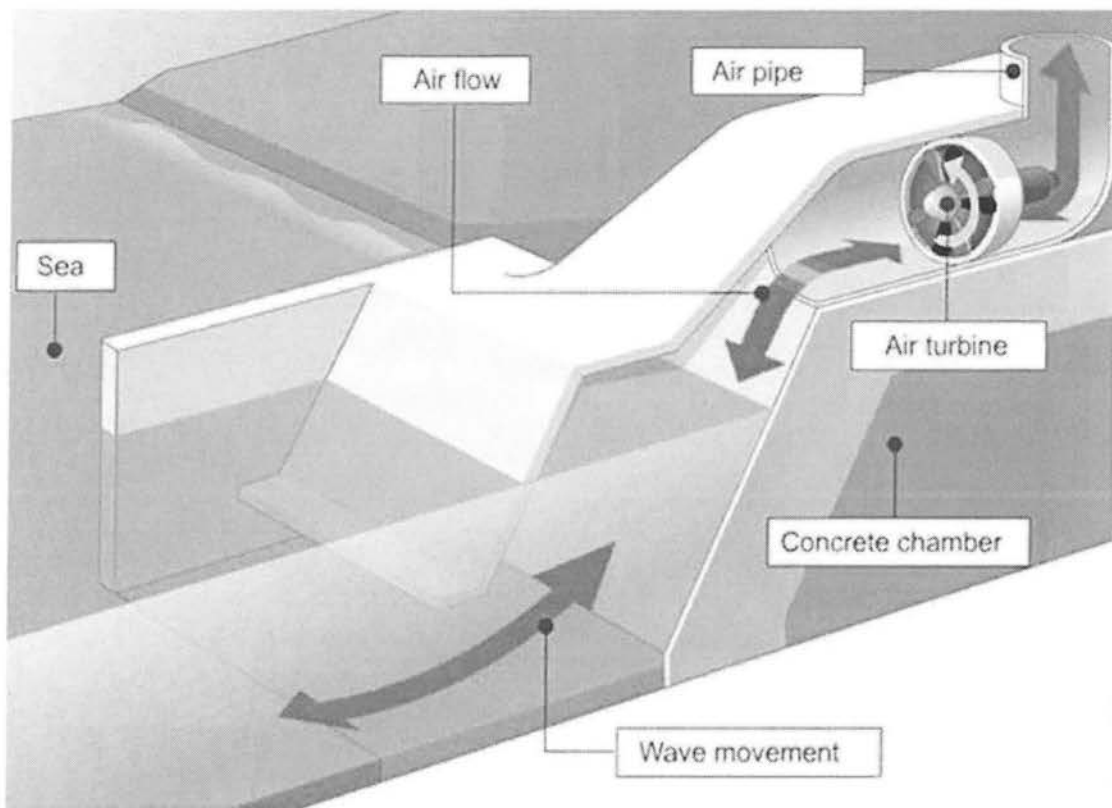
Εικ. 4: Σύστημα Pelamis στη Σκωτία [10]

Στη Γαλικία, δοκιμάζεται ένα άλλο είδος τεχνολογίας, γνωστή ως Pelamis. Το όνομα σημαίνει θαλάσσιο φίδι (seasnake), λόγω της εμφάνισής του. Το σύστημα αποτελείται από μια σειρά κυλίνδρων αρθρωτά και έχουν μερικώς βυθιστεί. Το κύμα επάγει μια σχετική κίνηση μεταξύ των κυλίνδρων, η οποία ενεργοποιεί ένα υδραυλικό σύστημα και στη συνέχεια την ηλεκτρική γεννήτρια. Αυτή η δομή δίνει προτεραιότητα αντίστασης σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ενεργειακής μετατροπής, καθώς πρόκειται για περιοχές με πολύ δυσμενείς συνθήκες της θάλασσας. Υπολογίζεται ότι 30 από αυτά τα συστήματα θα μπορούσαν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες 20.000 περίπου νοικοκυριών στην Ευρώπη. Το πρώτο "πάρκο κυμάτων" εγκαταστάθηκε στην ακτή της Πορτογαλίας με βάση ηλεκτρογεννήτριες Pelamis των 750 kW. [2]



Εικ. 5: Σύστημα Pelamis [10]

Η κυβέρνηση της Σκωτίας βράβευσε τον οργανισμό για την εμπορευματοποίηση των θαλάσσιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (MRCF) για το Pelamis, για την υποστήριξη στην εμπορευματοποίηση των συσκευών παραγωγής κυματικής ενέργειας του Pelamis και παράλληλα την ιστοσελίδα για αναπτυξιακές δραστηριότητες. [5]



Εικ. 6: Σύστημα OWC [10]

Με τη νέα βάση της το λιμάνι του Mutriku, επίσης, Guiruzcoa, θα ξεκινήσει στα μέσα του επόμενου έτους, ένα σύστημα OWC (Oscillating Water Column), παλλόμενες στήλες νερού. Αυτή η συσκευή, που κοστίζει 6,1 εκατομμύρια ευρώ, είναι ένα είδος τζάκι που βρίσκεται στο βυθό της θάλασσας. Τα κύματα έρχονται μέσα από ένα άνοιγμα, και όταν η στάθμη του νερού ανεβαίνει και πέφτει, ο αέρας οδηγείται μέσα από μια τουρμπίνα, που περιστρέφεται και οδηγεί τη γεννήτρια.

Και στο λιμάνι της Granadilla (Τενερίφη) επίσης αναμένεται να τεθεί σε δοκιμή ένα σύστημα κυματικής ενέργειας. Το έργο έχει προϋπολογισμό 400.000 ευρώ, χρηματοδοτείται κυρίως από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Cabildo τενερίφη. [2]



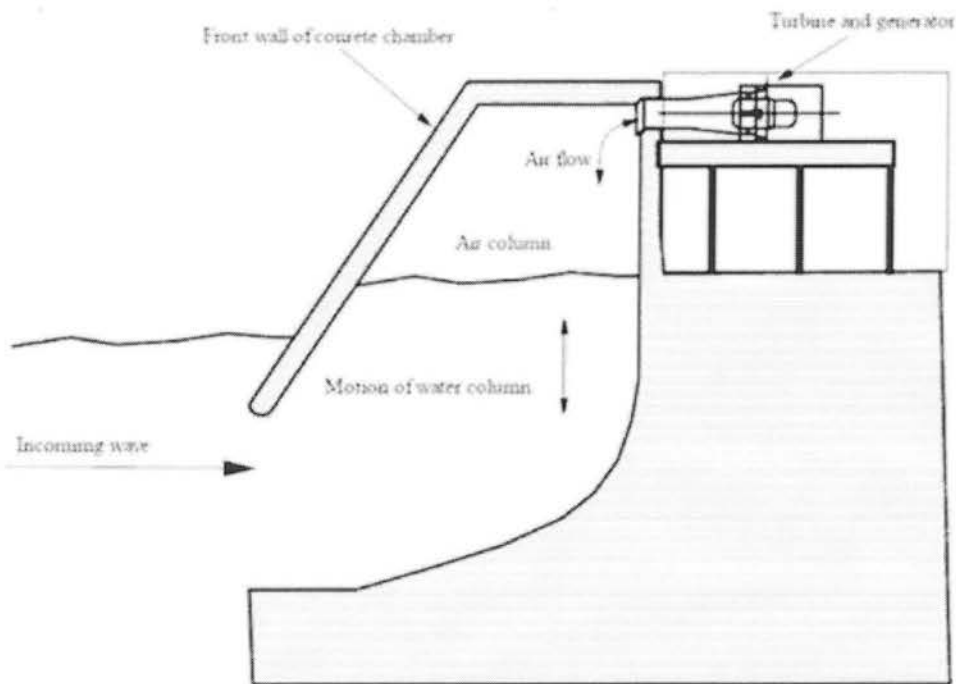
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Πλωτά συστήματα

#### 2.1.1 LIMPET

Αυτά τα συστήματα είναι μία από τις πιο προηγμένες έννοιες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ενέργεια των κυμάτων. Ένας αριθμός των συσκευών που βασίζονται στην ακτογραμμή έχουν κατασκευαστεί με επιτυχία σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της LIMPET που χτίστηκε σύμφωνα με την Scottish Renewables Order και έχει τεθεί σε λειτουργία στο νησί Islay από το 2000.

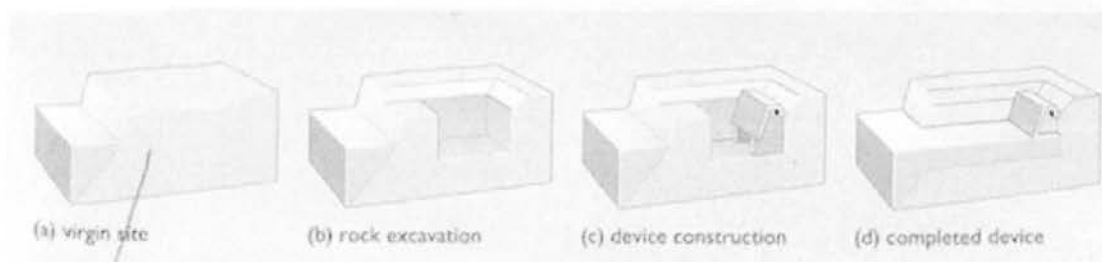
Ωστόσο, δεν είναι όλες οι συσκευές OWC βασισμένες στην ακτογραμμή. Οι OWC έχουν αναπτυχθεί ως γεννήτριες μικρής κλίμακας, προκειμένου να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε σηματοδούρες ναυσιπλοΐας, χωρίς να χρειάζονται μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Η ιδέα για αυτές τις συσκευές ρηχών νερών είναι βασικά η ίδια όπως και για τα συστήματα ξηράς, αλλά απαιτεί τη σηματοδούρα στερεωμένη στο βυθό. Η OSPREY είναι ένα παράδειγμα μιας μεγαλύτερης κλίμακας παράκτιας συσκευής που αναπτύχθηκε από την Wavegen. Το έργο αυτό ταλανίζεται από προβλήματα μετά το πρώτο πρωτότυπο πλήρους κλίμακας του καταστράφηκε από μια καταιγίδα.



Εικ. 7: Ο βασικός σχεδιασμός του LIMPET [9]

Μια ομάδα από το Πανεπιστήμιο Queen του Μπέλφαστ άρχισε την εργασία για μια συσκευή ακτογραμμής OWC το 1985. Από τότε έχουν παραχθεί δύο εργασίες, με πλήρους μεγέθους πρωτότυπα, και οι δυο στο σκωτσέζικο νησί Islay. Η πρώτη, που χτίστηκε το 1989, ήταν μια μερική επιτυχία, λειτουργούσε σχεδόν μια δεκαετία, αλλά παρήγαγε λιγότερη ενέργεια από ό, τι αναμενόταν. Αυτή η συσκευή παροπλίστηκε το 1999 και το σύνολο της ομάδας ξεκίνησε την οικοδόμηση της δεύτερης συσκευής τους, το LIMPET, αντλώντας διδάγματα από την πρώτη προσπάθειά τους.

Η πρώτη συσκευή είχε χτιστεί σε μια φυσική ρεματιά, αλλά και για το LIMPET ανασκάφηκε από την ομάδα το λεγόμενο «λουκι σχεδιαστών». Τα πλεονεκτήματα αυτού ήταν δυο: πρώτον, η ομάδα θα μπορούσε να σχεδιάσει το σχήμα του ρέματος, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα του LIMPET και δεύτερον, έχει πλεονεκτήματα στην κατασκευή, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



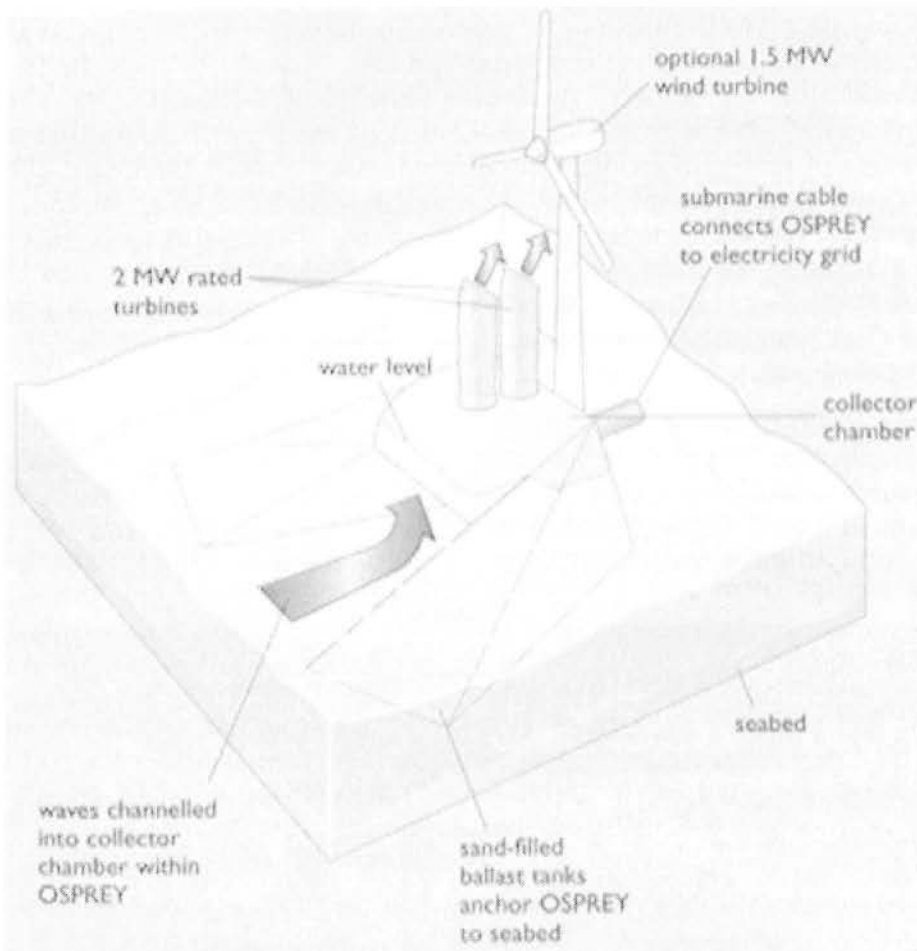
Εικ. 8: Η διαδικασία κατασκευής για το LIMPET [9]

Το LIMPET έχει ένα μοναδικό άνοιγμα στην κορυφή, μέσω του οποίου περνάει αναγκαστικά ο αέρας και οδηγεί δύο τουρμπίνες σε αντίθετες κατευθύνσεις. Κάθε τουρμπίνα κινεί μια γεννήτρια 250kW, δίνοντας μια συνολική μέγιστη ισχύ 500kW. Αυτό έχει προσφέρει πολύ στις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του Islay, δεδομένου ότι άρχισε να λειτουργεί το 2000.

### 2.1.2 OSPREY

Όπως και το LIMPET, το OSPREY είναι μια συσκευή OWC που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Wavegen. Ωστόσο, αυτή η συσκευή δεν βρίσκεται στην ακτογραμμή, αλλά μόνο υπεράκτια σε ρηχά νερά (λιγότερο από 20 μέτρα βάθος). Αυτό έχει το πλεονέκτημα των μεγαλύτερων κυμάτων, αλλά είναι ένα πιο προκλητικό περιβάλλον. Αυτό αποδείχθηκε το 1995, όταν το πρώτο πρωτότυπο OSPREY, κατασκευασμένο από ατσάλι, καταστράφηκε σε μια καταιγίδα. Η Wavegen σχεδιάζει μια δεύτερη έκδοση που θα κατασκευαστεί με τη χρήση σκυροδέματος.

Το OSPREY βρίσκεται στο βυθό της θάλασσας, όπου υποστηρίζεται από δύο δεξαμενές οι οποίες οδηγούν τα κύματα στο κεντρικό θάλαμο. Είναι σχεδιασμένο για να δώσει τη μέγιστη δυνατή ισχύ εξόδου συνδυάζοντας την παραγωγή κυματικής ενέργειας με την επιλογή της τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας στην κορυφή. [9]



Εικ. 9: Διάγραμμα του OSPREY 1 [9]

### 2.1.3 Salter's Duck

Κατά τη διάρκεια της «ενεργειακής κρίσης» της δεκαετίας του 1970 ο Stephen Salter, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου, σχεδίασε ένα σύστημα παραγωγής κύματος δυνητικά ικανό να συλλάβει το 90% της ενέργειας των κυμάτων.

Η «Πάπια» του Salter (Salter's Duck) (επίσης γνωστή ως η «πάπια» του Εδιμβούργου) προβλέφθηκε ως μια μακρά σειρά από σημαδούρες έκκεντρου σχήματος αγκυροβολημένη παράλληλα με τα εισερχόμενα μέτωπα κύματος, καθιστώντας τη συσκευή της οικογένειας τερματισμού (βλέπε τύπους τμήμα γεννήτριας κυμάτων).

Σαφώς, αν η γεννήτρια συλλαμβάνοντας ένα τέτοιο υψηλό ποσοστό της ενέργειας των κυμάτων, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια για να περάσει στη γεννήτρια, και έτσι φαίνεται ότι τα νερά στην απώτερη πλευρά μιας Salter's Duck είναι πολύ ήρεμα, όπως φαίνεται στην εικόνα.



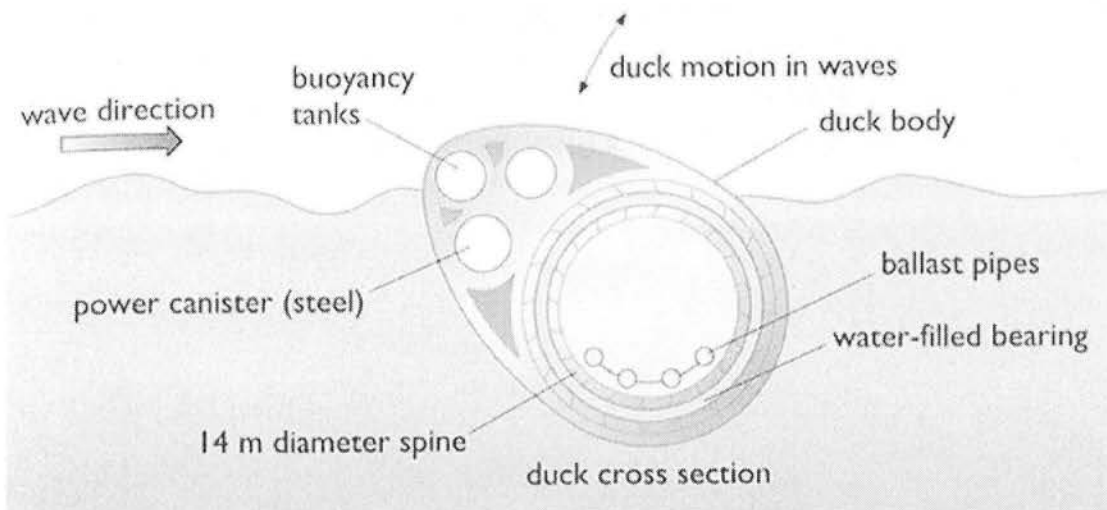
Εικ. 10: Καλλιτεχνική απεικόνιση μιας Salter's Duck [9]

Η πολύ υψηλή απόδοση που προβλέφθηκε από τα μαθηματικά μοντέλα και τις δοκιμές που βασίζονταν σε δεξαμενές, φαίνονταν πολύ ενθαρρυντικά, ωστόσο μια αναθεώρηση της κυβέρνησης στη δεκαετία του 1980 που κατεύθυνε τη χρηματοδότηση προς την πυρηνική ενέργεια, μετά από ανάλυση έδειξε ότι το κόστος κεφαλαίου για την παραγωγή ενός τέτοιου συστήματος ήταν πολύ υψηλό.

Συγκρίνοντας το αναμενόμενο συνολικό κόστος ανά kWh της ενέργειας που παράγεται, η Salter's Duck, καθώς και άλλες σύγχρονες παραλλαγές, είναι πιο ακριβά από τα άλλα μοντέλα της ενέργειας των κυμάτων, αλλά το κόστος κατεβαίνει.

Αυτή η περικοπή της χρηματοδότησης σήμαινε ότι η ομάδα Salter ποτέ δεν πραγματοποίησε τις δοκιμές στη θάλασσα, ωστόσο, λεπτομερή μαθηματικά μοντέλα φαίνεται να δείχνουν ότι οι αποδόσεις που υποσχέθηκαν ποτέ δεν θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στα τυχαία κύματα που βρίσκονται στη θάλασσα.

Η προπορευόμενη ακμή της πάπιας είναι διαμορφωμένη έτσι ώστε οι πιέσεις που ασκούνται σε αυτή από το κύμα που πλησιάζει να αναγκάσει την πάπια να περιστρέφεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα, και την άκρη των βαριδιών του έκκεντρου πάνω και κάτω από το νερό. Αυτή η περιστροφή, σε σχέση με τα σταθερά αγκυροβόλια και στα δύο άκρα, μετατρέπεται σε ωφέλιμη δύναμη από μία γεννήτρια που στεγάζεται στα σταθερά αγκυροβόλια. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με έμβολα οδήγησης, οι οποίες αναγκάζουν το υδραυλικό υγρό να οδηγεί έναν κινητήρα που τροφοδοτεί μια ηλεκτρική γεννήτρια. [9]

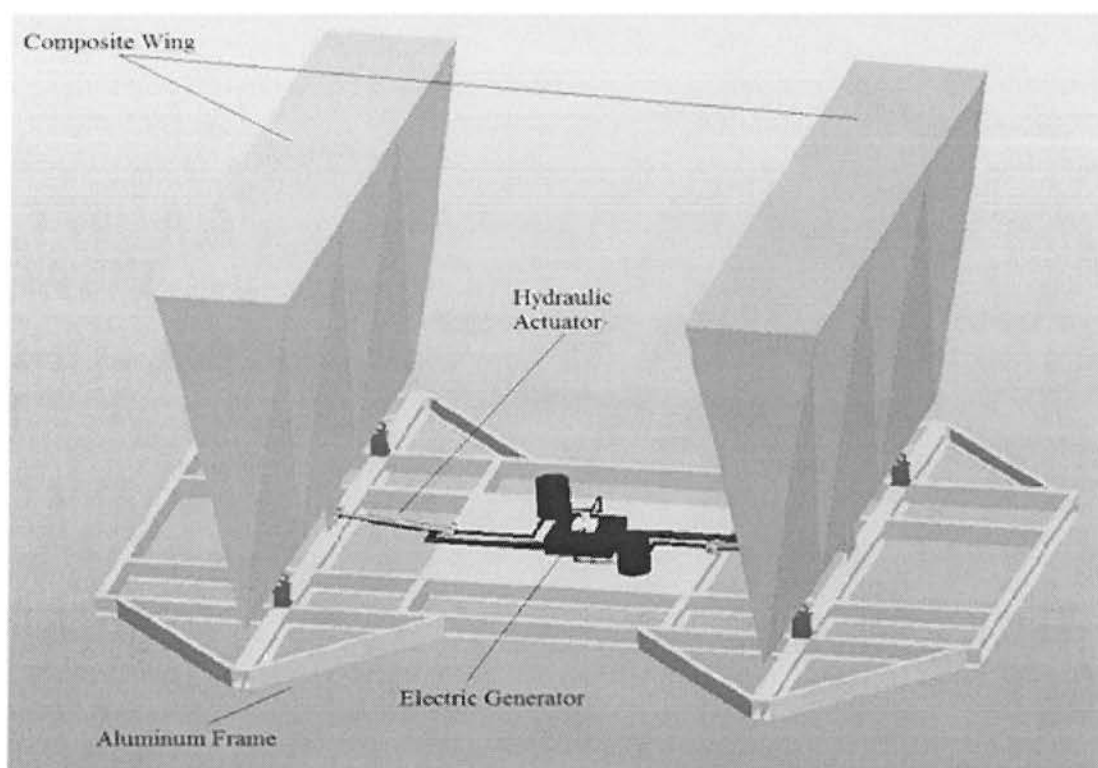


Εικ. 11: Ο βασικός σχεδιασμός της Salter's Duck [9]

## 2.1.4 Wing Waves

Όπως οι ανεμογεννήτριες και οι τουρμπίνες ανέμου που παράγουν ρεύμα και ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο, οι επιστήμονες σήμερα εργάζονται για να παράγουν ενέργεια από τη θάλασσα. Ο Stephen Wood, αναπληρωτής καθηγητής θαλάσσιων και περιβαλλοντικών συστημάτων στο Florida Institute of Technology's College of Engineering εργάζεται πάνω σε αυτήν την τεχνολογία για την εξέλιξη και την ορθή χρήση της. Αυτή η τεχνολογία θα χρησιμοποιήσει Wing Waves με έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο για να παράγουν ηλεκτρισμό και ενέργεια από τη θάλασσα.

Η τεχνολογία Wing Waves για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ενέργειας από τη θάλασσα είναι ένα πρόγραμμα που ξεκίνησε από μια εταιρεία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από την Tallahassee που ονομάζεται Clean and Green Enterprises Inc. (Καθαρές και Πράσινες Επιχειρήσεις).



Εικ. 12: Ο βασικός σχεδιασμός των Wing Waves [10]

Σύμφωνα με τον κ. Wood, περίπου 200.000 σπίτια μπορούν να ηλεκτροδοτηθούν με τη βοήθεια ενός τετραγωνικού μιλίου από φτερά που παράγουν περίπου 1.000 μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς δημιουργείται από την μετατροπή της

ελλειπτικής κίνησης του κύματος σε μηχανική ενέργεια αφού έχει παγιδευτεί 30 πόδια έως 60 πόδια κάτω από τη θάλασσα.

Ο επικεφαλής της εκτελεστικής εξουσίας Clean and Green Enterprises Inc., Terence Bolden, αναφέρει ότι τα φτερά έχουν ταλάντωση 30 μοίρες από πλευρά σε πλευρά. Χρειάζεται 8 έως 10 δευτερόλεπτα για να ολοκληρωθεί κάθε τόξο. Σε αυτή τη διαδικασία, παράγουν ηλεκτρισμό.

Για τη χρήση φτερών κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα, υπάρχουν δύο βασικές απαιτήσεις: βάθος 40 έως 50 πόδια και ένας αμμώδης πυθμένας. Στη θάλασσα οι ανεμιστήρες είναι τοποθετημένοι στην αμμώδη βάση. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερα φτερά με νερό βρύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά για αυτό, το εργοστάσιο για να κάνει αυτά τα φτερά θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στον ωκεανό. Μέχρι τότε, θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται οι ανεμιστήρες που έχουν τραπεζοειδούς σχήματος φτερά με ύψος 8 πόδια και πλάτος 15 πόδια και θα μεταφέρονται οδικώς. Το ύψος και το πλάτος των φτερών είναι προσεκτικά κατασκευασμένα έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρονται από το δρόμο και να μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν κάτω από τη θάλασσα.



Εικ. 13: Τοποθέτηση των Wing Waves στη θάλασσα [10]

Τα πλεονεκτήματα των Wing Waves:

- Είναι ένας καθαρός και πράσινος τρόπος για να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για την παροχή ρεύματος.
- Προστατεύει τη θαλάσσια ζωή. Τα φτερά κυμάτων είναι ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον, να μην προκαλούν κίνδυνο για τις θαλάσσιες χελώνες και προσελκύουν τα ψάρια.
- Η ισχύς που παράγεται στη θάλασσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επί της γης δια της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα στην ξηρά μέσω καλωδίων.
- Τα φτερά κυμάτων είναι ένα δώρο για το μάτι να δείτε.
- Αν αυτά τα φτερά συντηρούνται σωστά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι και 20 χρόνια.
- Τα φτερά λειτουργούν και παράγουν ισχύ ακόμα και όταν η θάλασσα είναι σε ηρεμία. Τα φτερά κλειδώνουν αυτόματα κατά τη διάρκεια τυφώνων, όταν η θάλασσα είναι ασταθής.
- Η τεχνολογία αυτή μπορεί να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε παράκτια ζώνη.
- Συμβάλλουν επίσης στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Το πρωτότυπο των Wing Waves που δουλεύει από τις 17 Νοεμβρίου 2010 στην ακτή της Φλόριντα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο. Βοήθησε να συλλεχθούν δεδομένα για την κίνηση των κυμάτων και άλλα συναφή θέματα. Το πρωτότυπο που χρησιμοποιείται τώρα θα αντικατασταθεί από ένα άλλο που είναι κατασκευασμένο από σύνθετο υλικό και πιο ανθεκτικό στη διάβρωση.

Τα Wing Waves θα είναι μια επανάσταση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας από τη θάλασσα. [4]



### 2.1.5 WaveRoller

Η απλή αλλά πολύ ισχυρή ιδέα για το σχεδιασμό του WaveRoller ήρθε σε μια στιγμή φώτισης, όταν ο Φιλανδός επαγγελματίας δύτης, Rauno Koivusaari, εξερευνούσε ένα ναυάγιο. Παρατήρησε ότι ένα πολύ βαρύ επίπεδο κομμάτι του σώματος του πλοίου κινείται μπρος πίσω, οδηγούμενο από την ενεργητική απότομη αύξηση του νερού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, τα κύματα του ωκεανού.

Από την πρώτη στιγμή, ο σχεδιασμός του WaveRoller έχει περάσει από πολλαπλούς κύκλους κατασκευής πρωτοτύπων, δοκιμές αυτών σε εργαστήρια, τη διεξαγωγή άκρως εξελιγμένων προσομοιώσεων και την αριθμητική προσομοίωση, και, τέλος, την ανάπτυξη των συσκευών δοκιμής σε πραγματικό περιβάλλον του ωκεανού για να κάνουν παρατηρήσεις, στην κλίμακα και στην επανάληψη του κύκλου ανάπτυξης.

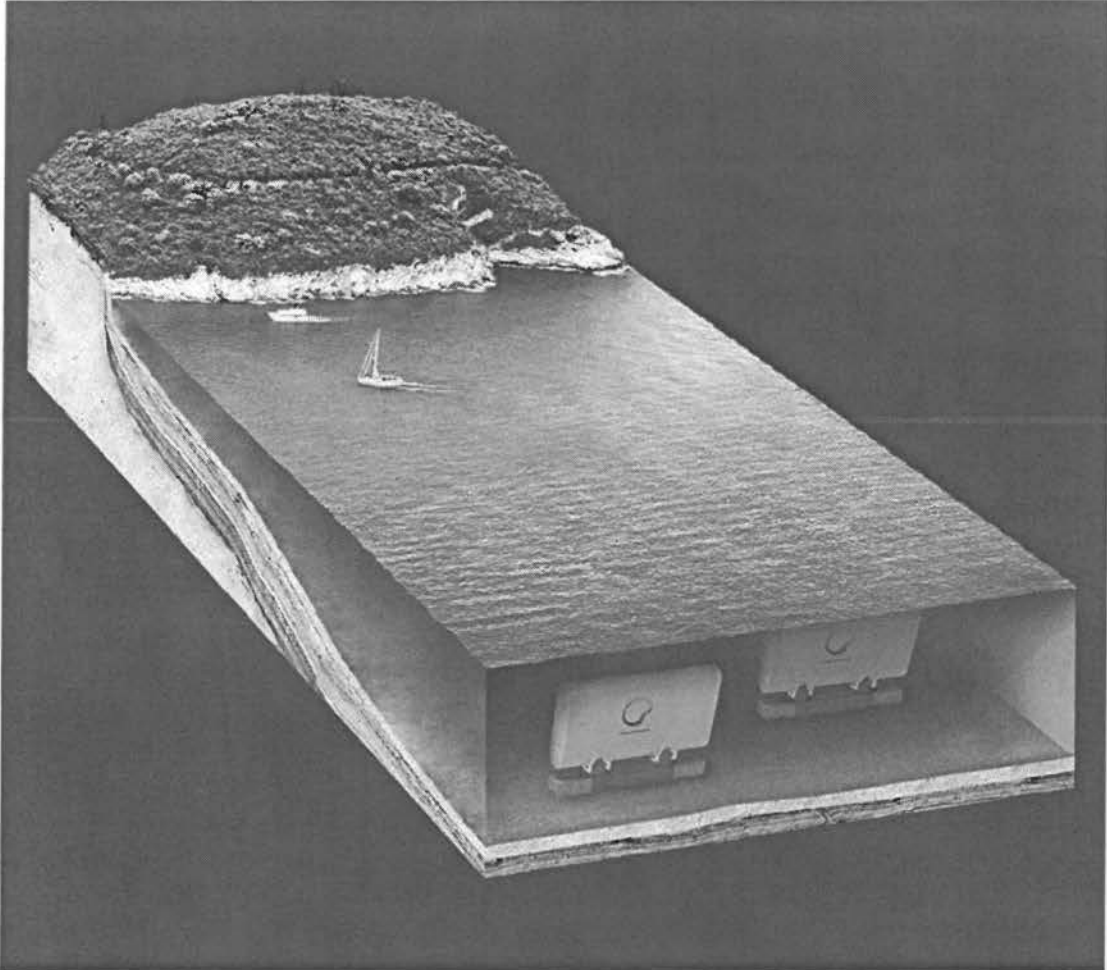
Το WaveRoller συμπεριφέρεται ουσιαστικά με τον ίδιο τρόπο όπως το επίπεδο μέρος του ναυαγίου που παρατήρησε ο Rauno. Η παλινδρομική κίνηση του νερού οδηγείται από την απότομη αύξηση των κυμάτων και αναγκάζει το σύνθετο πάνελ σε κίνηση.

Καθώς κινείται το WaveRoller και απορροφά την ενέργεια από τα κύματα του ωκεανού, οι υδραυλικές αντλίες του εμβόλου συνδέονται με τον πίνακα άντλησης των υδραυλικών υγρών μέσα σε ένα κλειστό υδραυλικό κύκλωμα. Όλα τα στοιχεία του υδραυλικού κυκλώματος περικλείονται μέσα σε μια ερμητική δομή στο εσωτερικό της συσκευής και δεν εκτίθενται σε θαλάσσιο περιβάλλον. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος διαρροής στον ωκεανό.

Τα υγρά υψηλής πίεσης τροφοδοτούν έναν υδραυλικό κινητήρα που κινεί μια γεννήτρια ηλεκτρισμού. Η ηλεκτρική έξοδος από αυτή τη μονάδα παραγωγής ανανεώσιμης κυματικής ενέργειας στη συνέχεια συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός καλωδίου υποθαλάσσια.

Η ισχύς εξόδου από μία μόνο συσκευή WaveRoller κυμαίνεται μεταξύ 500 και 1000 kW. Οι διαφορές στο αποτέλεσμα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από τους τοπικούς πόρους κύματος. Όταν πολλές συσκευές WaveRoller είναι εγκατεστημένες σε ένα μόνο χώρο, μιλάμε για εκτάσεις ή συστοιχίες κυμάτων. Αυτές οι εκτάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν δεκάδες συσκευές, έτσι ώστε μέρος της υποδομής της περιοχής να κατανέμεται μεταξύ των μηχανημάτων, μειώνοντας έτσι το κόστος μιας μεμονωμένης μονάδας.

Δεδομένου ότι κάθε WaveRoller είναι εξοπλισμένο με μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, η έξοδος από πολλές συσκευές μπορούν να συνδυαστούν με ηλεκτρικά καλώδια και έναν υποσταθμό. Μεγάλες εκτάσεις κυμάτων έχουν ονομαστική χωρητικότητα ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρησιμότητα κλίμακας.



Εικ. 14: WaveRoller σε λειτουργία κατά τη διάρκεια της υψηλής παλίρροιας [11]

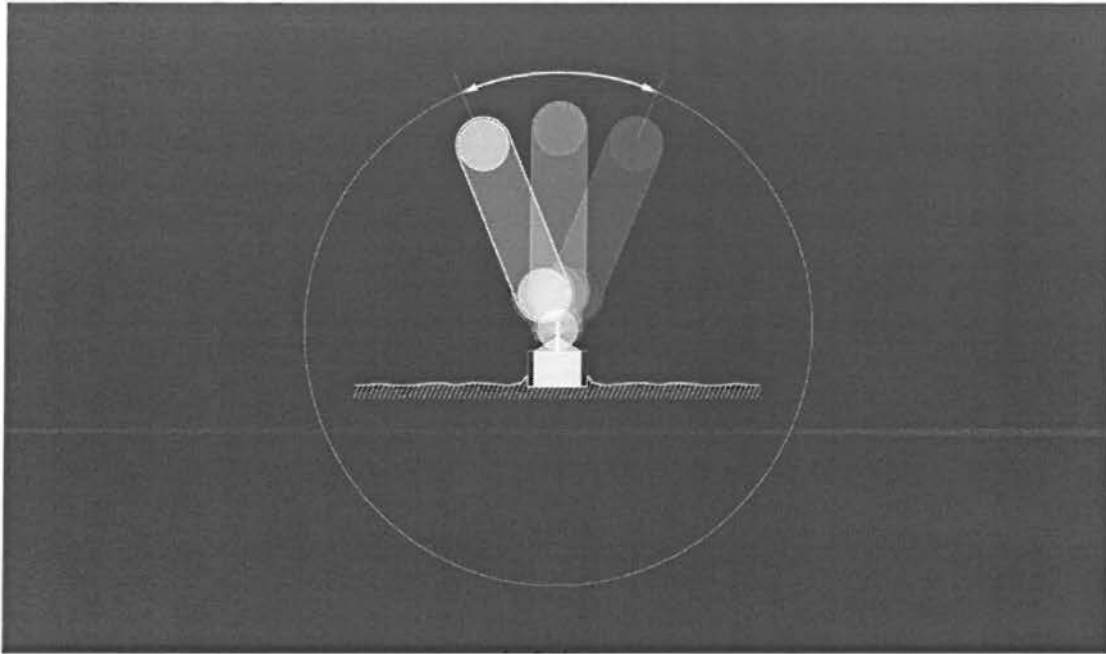
Το WaveRoller είναι μια συσκευή που μετατρέπει τα κύματα του ωκεανού σε ενέργεια και ηλεκτρισμό. Το μηχάνημα λειτουργεί σε περιοχές κοντά στην ακτή (περίπου 0,3-2 χλμ. από την ακτή) σε βάθη μεταξύ 8 και 20 μέτρων. Ανάλογα με τις συνθήκες της παλίρροιας είναι ως επί το πλείστον ή τελείως βυθισμένο και αγκυροβολημένο στο βυθό της θάλασσας.

Μια ενιαία μονάδα WaveRoller (ένα φύλλο) αξιολογείται μεταξύ 500kW και 1000kW, με συντελεστή χωρητικότητας 25-50% ανάλογα με τις συνθήκες των κυμάτων στην περιοχή του έργου.

Για να μεγιστοποιηθεί η ενέργεια που το WaveRoller μπορεί να απορροφήσει από τα κύματα, η συσκευή είναι εγκατεστημένη κάτω από το νερό σε βάθος περίπου 8-20 μέτρων, όπου η απότομη αύξηση κυμάτων είναι πιο ισχυρή. Το πάνελ εκτείνεται σχεδόν ολόκληρο στο θαλάσσιο βυθό χωρίς να βγαίνει στην επιφάνεια. Αυτό εξασφαλίζει ότι το πάνελ δεν προεξέχει επάνω από το θαλάσσιο τοπίο και αποτρέπει τη δημιουργία των υλικών ανεπαρκειών που θα βάλει επιπλέον φορτίο στη δομή.

Ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του WaveRoller που εξασφαλίζει την αποτελεσματικότητα του κόστους της παροχής αξιόπιστης ισχύς εξόδου είναι η ξεχωριστή ιδέα της λειτουργίας και της συντήρησής του. Οι WaveRoller μονάδες διαθέτουν μεγάλες δεξαμενές έρματος που γεμίζουν με αέρα, έτσι ώστε να μπορούν να επιπλέουν στις εγκαταστάσεις τους. Οι δεξαμενές αυτές μπορούν να πλημμυρίσουν με νερό για να βυθιστεί η μονάδα.

Παρά το γεγονός ότι ο μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων παραμένει πλήρως βυθισμένος κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, μπορεί εύκολα να επιπλεύσει ξανά στην επιφάνεια για τη συντήρηση με το άδειασμα των δεξαμενών έρματος. Συνεπώς, δεν υπάρχει ανάγκη για πολύπλοκες, δαπανηρές και δυνητικά επικίνδυνες εργασίες κατάδυσης κατά την συντήρηση του WaveRoller. Επιπλέον, η συσκευή μπορεί να εγκατασταθεί ή να εξυπηρετούνται χωρίς πρόσθετο δαπανηρό εξοπλισμό, όπως μεγάλοι γερανοί ή μαούνες. [11]



Εικ. 15: Η κίνηση του WaveRoller [11]

### 2.1.6 Wave Dragon

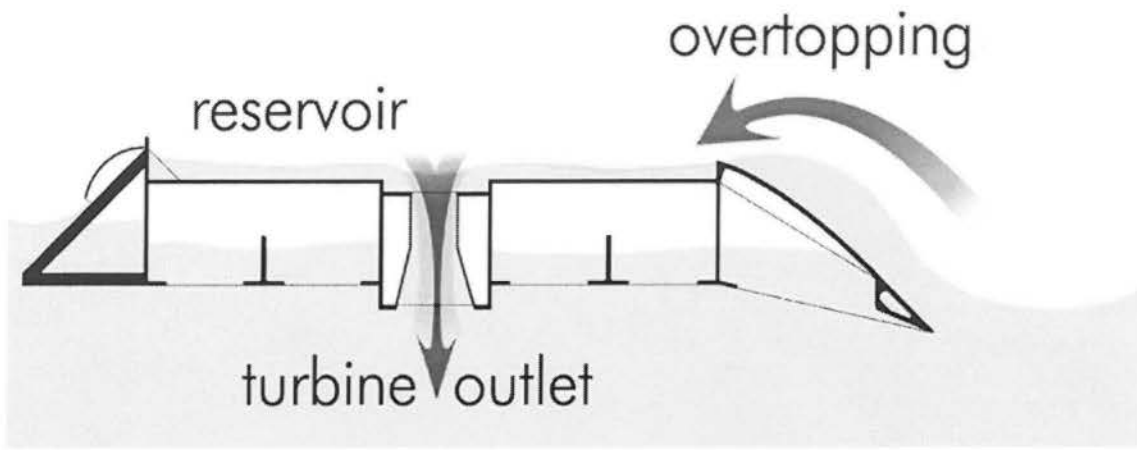
Το Wave Dragon είναι ένας πλωτός, χαλαρά αγκυροβολημένος, μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων, τύπου υπερχειλίσης (overtopping).

Αποτελείται κυρίως από δύο ανακλαστήρες κύματος οι οποίοι συγκεντρώνουν τα κύματα προς μια ράμπα. Πίσω από τη ράμπα υπάρχει μια μεγάλη δεξαμενή, όπου το νερό που τρέχει πάνω στη ράμπα συλλέγεται και αποθηκεύεται προσωρινά. Το νερό φεύγει από τη δεξαμενή διαμέσου υδροστρόβιλων που χρησιμοποιούν την κεφαλή μεταξύ του επιπέδου της δεξαμενής και του επιπέδου της θάλασσας.

Τα κύρια μέρη του Wave Dragon είναι:

- Το κύριο σώμα με μια διπλή καμπυλωτή ράμπα, από οπλισμένο σκυρόδεμα ή / και χαλύβδινες κατασκευές
- Δύο ανακλαστήρες κυμάτων από χάλυβα ή / και οπλισμένο σκυρόδεμα
- Σύστημα πρόσδεσης
- Τουρμπίνες έλικα με γεννήτριες μόνιμου μαγνήτη

Οι φυσικές διαστάσεις ενός Wave Dragon βελτιστοποιούνται σύμφωνα με το κλίμα των κυμάτων στο χώρο εγκατάστασης, δηλαδή το πλάτος του κύριου σώματος, το μήκος των ανακλαστήρων του κύματος, το βάρος, τον αριθμό και το μέγεθος των στρόβιλων κλπ. [12]



Εικ. 16: Ο βασικός σχεδιασμός του Wave Dragon [10]

### 2.1.7 Archimedes Wave Swing (AWS)

Το Archimedes Wave Swing είναι μια απλή ιδέα για τη μετατροπή της ενέργειας των κυμάτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Το εφηύρε ο Fred Gardner και έχει διερευνηθεί στο Ενεργειακό Κέντρο της Ολλανδίας (Energy Centre of the Netherlands ECN), ως πρώτη φάση ενός σχεδίου ανάπτυξης. Σε αυτό το σύστημα, η ενέργεια έλκεται από την πάντοτε παρούσα διόγκωση της θάλασσας και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η διόγκωση της θάλασσας είναι ένα μεγάλο σύστημα μάζας-ελατηρίου, το οποίο ταλαντεύεται με σταθερή συχνότητα. Τα κύματα μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς μεγάλη απώλεια ενέργειας. Ένα μέσο μήκος κύματος είναι περίπου 120 m και η μέγιστη ισχύς που ένα κύμα μεταφέρει είναι περίπου 100 kW / m του κυματικού μετώπου στην ανοικτή θάλασσα.

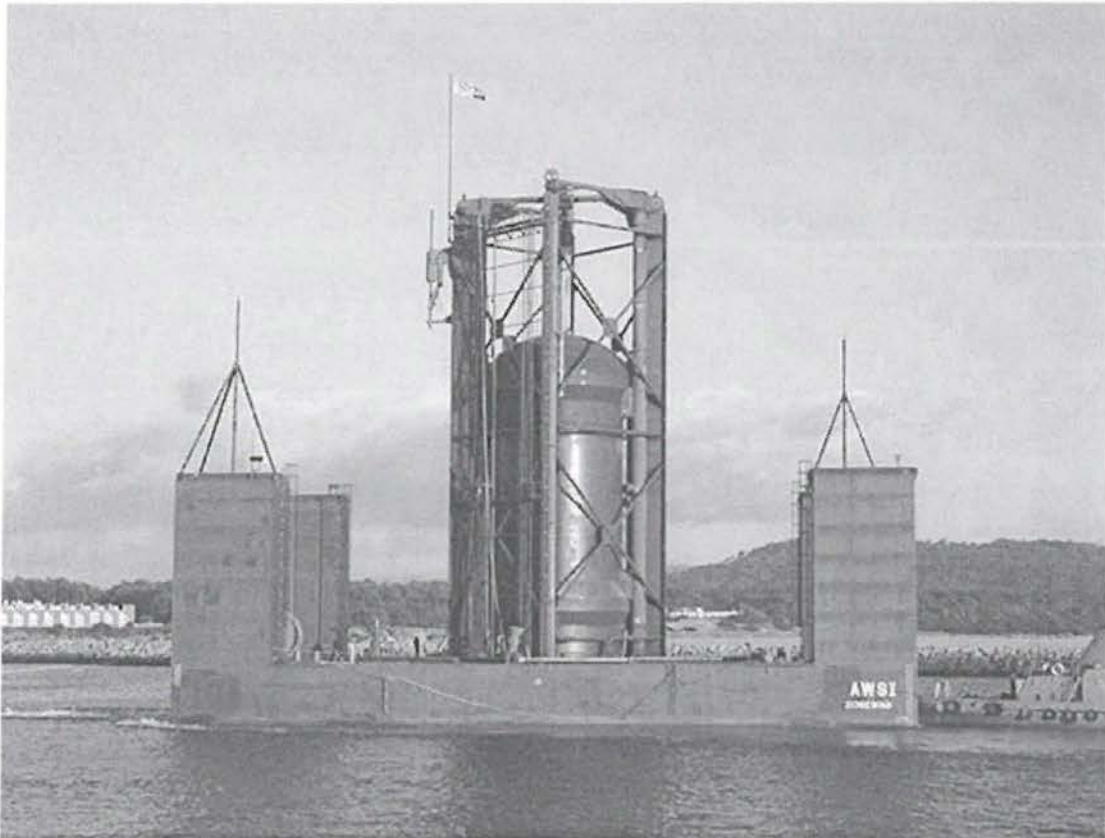
Το Archimedes Wave Swing είναι ένας εφευρετικός τρόπος για να μετατρέψει μέρος αυτής της ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελείται από έναν αριθμό διασυνδεδεμένων θαλάμων με αέρα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην κορυφή έχουν κινητούς πλωτήρες, σαν κουκούλες, και τα κύματα τους αναγκάζουν να ταλαντώνονται κάθετα. Όταν μια κορυφή κύματος κινείται πάνω από μια κουκούλα, η πίεση σε αυτή αυξάνεται, ο παγιδευμένος αέρας ωθείται σε ένα άλλο θάλαμο, και η κουκούλα αρχίζει να βυθίζεται. Η διαδικασία αντιστρέφεται σε ένα χαμηλότερο σημείο κύματος και κάθε κύμα επαναλαμβάνει αυτή τη διαδικασία.

Σε πλήρη κλίμακα οι πλωτήρες είναι μεγάλοι: ο καθένας έχει διάμετρο περίπου 20 μέτρα και ζυγίζει περίπου 1.000 τόνους. Είναι ανοικτό στον πυθμένα επιτρέποντας στο νερό να εισέλθει από κάτω. Οι πλωτήρες έχουν σχεδιαστεί για να παραμένουν σε ισορροπία με την ποσότητα του νερού πάνω από αυτούς.

Το αναπτυξιακό έργο ξεκίνησε το 1995. Η πρώτη φάση, να κατασκευάσει και να δοκιμάσει ένα μοντέλο 1/20 κλίμακα, ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Η φάση αυτή περιλάμβανε την προστασία των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας σχεδιασμού, τη δημιουργία ενός χώρου δοκιμών και επαλήθευσης της αρχής της AWS. Στη δεύτερη φάση, στα μέσα του 1996, η μονάδα αναβαθμίστηκε σε πρωτότυπο 8 MW.

Προκαταρκτικές εργασίες σχεδιασμού έδειξαν ότι η δύναμη των 2,7 MW θα μπορούσε να επιτευχθεί με μια μονάδα τριών θαλάμων. Η τελική φάση ήταν η

κατασκευή και λειτουργία του συστήματος και μια θέση κάπου στην ακτή της Πορτογαλίας, όπου αναμενόταν μια αν είναι  $35 \text{ kW} / \text{m}$  εμπρόσθιου κύματος. [16]



Εικ. 17: Το Archimedes Wave Swing [10]

Τα πλεονεκτήματα του AWS:

- Αξιοπίστο – Το AWS είναι αξιοπίστο λόγω της απλής ρύθμισης και τα λιγότερα κινούμενα μέρη. Είναι βυθισμένο τουλάχιστον 6 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και ως εκ τούτου δεν επηρεάζεται από τις δυνατές καταιγίδες. Αυτό μειώνει το κόστος πρόσδεσης και τον κίνδυνο βλάβης.
- Πυκνότητα ισχύος-Η πυκνότητα ισχύος που προσφέρει το AWS είναι 10 φορές μεγαλύτερη από ό, τι οποιοδήποτε άλλο μέσο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Φιλικό προς το Περιβάλλον – Το AWS είναι μια συσκευή χωρίς θόρυβο, χωρίς εξοπλισμό υψηλής ταχύτητας περιστροφής. Επίσης, δεν υπάρχουν προβλήματα ρύπανσης που σχετίζονται με την μονάδα παραγωγής. [17]

## 2.2 Ταλαντευόμενες συσκευές με στήλες νερού

### 2.2.1 Pelamis

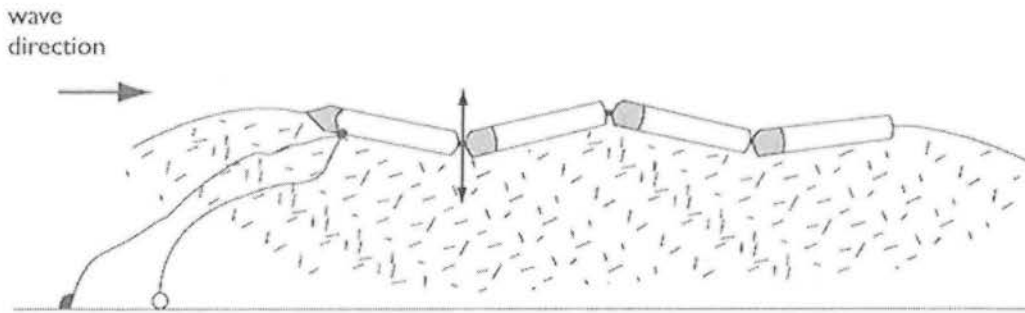
Το Pelamis είναι ένα από τα πιο γνωστά και επιτυχημένα συστήματα παραγωγής ενέργειας από τα κύματα. Το 2004 ένα πλήρους κλίμακας πρωτότυπο 750kW είχε εγκατασταθεί στα ανοικτά των Νήσων Orkney (το πρώτο βαθέων υδάτων, διασυνδεδεμένο πρωτότυπο κυματικής ενέργειας στον κόσμο). Το 2008 το Pelamis έγινε η πρώτη εμπορική γεννήτρια κύματος όταν τρεις εγκαταστάθηκαν στα ανοικτά των ακτών της Πορτογαλίας, δημιουργώντας μέχρι 2.25MW μεταξύ αυτών. Σχεδιασμένο και κατασκευασμένο από την Wave Power Delivery Ltd, αυτή είναι μια ιστορία επιτυχίας για τη βιομηχανία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου.

Το Pelamis είναι μια συσκευή εξασθενητή (βλέπε τύπους γεννήτριας κυμάτων), και ως τέτοια έχει αρκετά αρθρωτά τμήματα που βρίσκονται κάθετα προς τα μέτωπα κύματος. Καθώς ένα κύμα περνά τη συσκευή, τα τμήματα αναγκάζονται να αυξάνονται και να μειώνονται σε σχέση με το άλλο, και έτσι προκαλείται μια γωνιακή δύναμη στους μεντεσέδες μεταξύ κάθε τμήματος. Υδραυλικοί κριοί αντιστέκονται σε αυτήν την άρθρωση, και το πεπιεσμένο ρευστό οδηγεί στη συνέχεια στροβίλους, οι οποίοι με τη σειρά τους οδηγούν ηλεκτρικές γεννήτριες, που βρίσκονται στο σώμα της συσκευής. Υπάρχει μια σειρά από υδραυλικά έμβολα, και μια γεννήτρια, για κάθε άρθρωση και όταν συνδέονται παράλληλα αυτά παράγουν ένα αρκετά σταθερό συνολικό ρεύμα. Αυτό το ρεύμα φέρεται σε μια «κομβικό σημείο» στο βυθό της θάλασσας το οποίο μπορεί να συνδεθεί με διάφορες συσκευές Pelamis, και στέλνει τη δύναμη στην ακτή μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου.

Το Pelamis είναι συνδεδεμένο με το θαλάσσιο βυθό, προκειμένου να το κρατήσει στη θέση του, αλλά είναι σε θέση να γυρίσει ώστε να αντιμετωπίσει φυσικά τα επερχόμενα κύματα, από όποια κατεύθυνση και αν φτάνουν, κάτι που αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Η ικανότητα επιβίωσης (να είναι σε θέση να αντέξει τις θύελλες) είναι ένας βασικός παράγοντας στο σχεδιασμό. Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, τα κύματα είναι πολύ πιο ισχυρά και θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημιά σε οποιαδήποτε γεννήτρια κυματικής ενέργειας. Ωστόσο, στα μεγαλύτερα μήκη κύματος μιας καταιγίδας, τα κύματα είναι πολύ μεγαλύτερα από το Pelamis, και έτσι



ολόκληρη η συσκευή ιππεύει πάνω από τα κύματα, και η πλήρης δύναμη δεν μεταδίδεται στις αρθρώσεις.

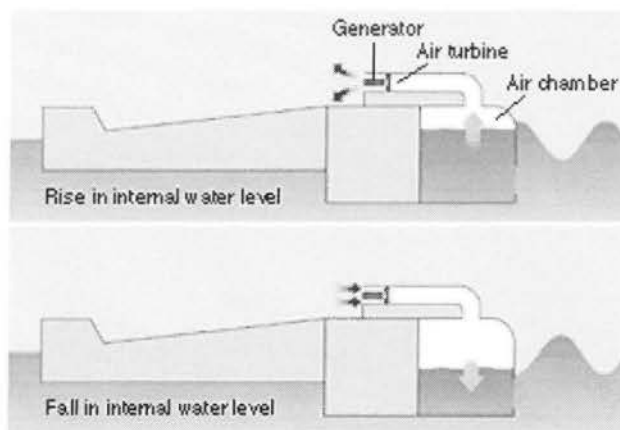


Εικ. 18: Ένα διάγραμμα του συστήματος Pelamis [9]

### 2.2.2 Mighty Whale

Η μεγαλύτερη υπεράκτια συσκευή κυμαινόμενου κύματος του κόσμου ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1998 από την Japan Marine Science and Technology Center. Το πλήρους κλίμακας πρωτότυπο θα είναι αναδειχθηκε και δοκιμάστηκε για μια περίοδο δύο ετών, στις εκβολές του Gokasho Bay με θέα τον Ειρηνικό Ωκεανό.

Το Mighty Whale (πανίσχυρη φάλαινα, λόγω του σχήματός του) μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση στηλών ταλάντωσης του νερού για να κινεί τις τουρμπίνες αέρα. Τα κύματα που ρέουν μέσα και έξω από τους θαλάμους αέρα στο 'στόμα' του Mighty Whale προκαλούν την άνοδο και την πτώση της στάθμης του νερού στους θαλάμους. Το νερό αναγκάζει τον αέρα να κινείται μέσα και έξω από τους θαλάμους μέσω των ακροφυσίων στις κορυφές των θαλάμων. Η προκύπτουσα υψηλής ταχύτητας ροή του αέρα προκαλεί την περιστροφή των στροβίλων αέρα που οδηγεί τις γεννήτριες.



Εικ. 19: Η λειτουργία της συσκευής Mighty Whale [10]

Το Mighty Whale είναι μήκους 50 μ. και πλάτους 30 μ. και μεταφέρει τρεις μονάδες γεννήτριας τουρμπίνας αέρα: ένα με ονομαστική ισχύ εξόδου 50 kW + 10 kW και δύο από 30 kW.

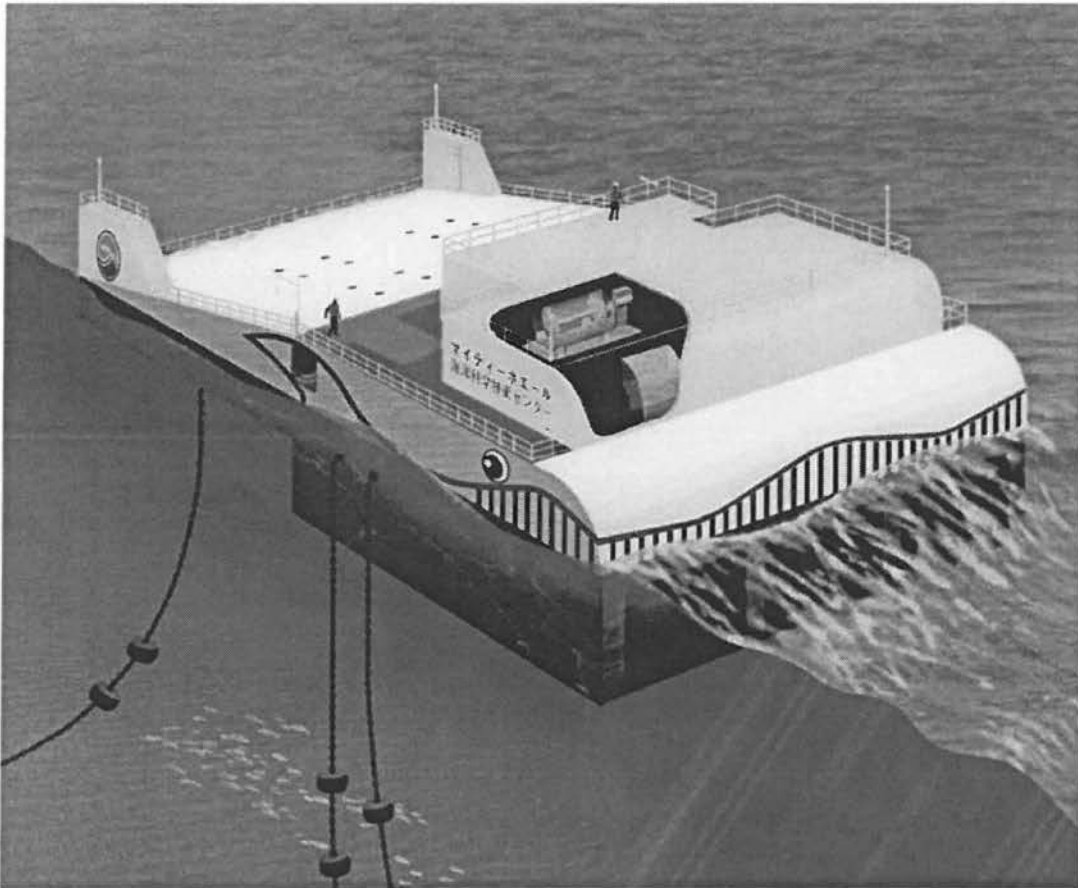
Αφού ρυμουλκήθηκε στο αγκυροβόλιο της περίπου, 1,5 χλμ. από τις εκβολές του Gokasho Bay, το Mighty Whale ήταν αγκυροβολημένο στο βυθό της θάλασσας (περίπου 40 μ. βάθος), με έξι γραμμές πρόσδεσης: τέσσερις γραμμές στην θαλάσσια πλευρά και δύο στην υπήνεμη πλευρά. Τα αγκυροβόλια έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν ακόμα και τυφώνες, ισχυρούς ανέμους και κύματα.

Το Mighty Whale μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως από στη στεριά. Στο πρωτότυπο επίδειξης, η ενέργεια που παράγεται ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται από τα όργανα που βρίσκονται επί του σκάφους. Οποιοδήποτε πλεόνασμα χρησιμοποιείται για να φορτίζει μια μπαταρία αποθήκευσης ή, όταν αυτή είναι πλήρως φορτισμένη, χρησιμοποιείται από μια αντίσταση φόρτωσης. Μια βαλβίδα ασφαλείας προστατεύει τις τουρμπίνες αέρα από τον θυελλώδη καιρό, διακόπτοντας τη ροή του αέρα, αν η ταχύτητα περιστροφής των ανεμογεννητριών υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, το πρωτότυπο είναι επίσης εξοπλισμένο με έναν συμπιεστή αέρα για να παρέχει εξαερισμό.

Επειδή έχει απορροφήσει και μετατρέψει την περισσότερη από την κυματική ενέργεια, το Mighty Whale δημιουργεί έναν ήρεμο θαλάσσιο χώρο πίσω του, και

αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για να κάνει περιοχές κατάλληλες για ιχθυοκαλλιέργεια και θαλάσσια σπορ.

Η ίδια η δομή του Mighty Whale μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σταθμός παρακολούθησης καιρού, ένα προσωρινό αγκυροβόλιο για μικρά σκάφη ή μια ψυχαγωγική πλατφόρμα αλιείας. Καθώς επίσης για παραγωγή ενέργειας για χρήση στη στεριά, το Mighty Whale μπορεί να παρέχει μια ενδιάμεση πηγή ενέργειας για εξαερισμό για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού. [15]



Εικ. 20: To Mighty Whale [10]

### 2.2.3 PowerBuoy

Το PowerBuoy της Ocean Power Technologies (OPT) σχεδιάστηκε για να μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων του ωκεανού σε χρησιμοποιήσιμη ηλεκτρική ενέργεια για εφαρμογές διασυνδεδεμένες με το δίκτυο με χρησιμότητα κλίμακας. Το PowerBuoy μπορεί να αναπτυχθεί σε συστοιχίες επεκτάσιμη έως εκατοντάδες μεγαβάτ.

Πιθανές χρήσεις περιλαμβάνουν:

- Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε εμπορικής κλίμακας μονάδες ρεύματος παρέχοντας έως και εκατοντάδες μεγαβάτ ατελείωτη, καθαρή, ανανεώσιμη ενέργεια από τα κύματα του ωκεανού.
- Την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εφαρμογές δικτύου και μεγάλους χρήστες ενέργειας για:
  - Πόλεις και μεγάλα αστικά κέντρα με απομονωμένα δίκτυα ή σε απομακρυσμένες περιοχές
  - Τις βάσεις των Υπουργείων Άμυνας σε όλο τον κόσμο
  - Την τροφοδότηση σε πλατφόρμες πετρελαίου και φυσικού αερίου.
- Κάνοντας καθαρό, φρέσκο πόσιμο νερό από το νερό των ωκεανών.
- Την παραγωγή υδρογόνου από θαλασσινό νερό με ηλεκτρόλυση.
- Την παροχή ισχύος και ψύξης για τα πλωτά κέντρα υπολογιστών.
- Την επεξεργασία των φυσικών πόρων σε απομακρυσμένες περιοχές και εφαρμογές "εκτός δικτύου".
- Την τροφοδότηση εφαρμογών για την παγίδευση και κατακράτηση διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε παλαιά θαλάσσια κοιτάσματα πετρελαίου.
- Η νεώτερη προσθήκη της OPT στην σειρά προϊόντων της για τη χρησιμότητα κλίμακας είναι το Mark 3 PowerBuoy. Το πρώτο Mark 3, κατασκευασμένο στη Σκωτία, αναπτύχθηκε το 2011 στα ανοικτά της ανατολικής ακτής της Σκωτίας για πειράματα στον ωκεανό. Ένα δεύτερο Mark 3 κατασκευάζεται στο Πόρτλαντ του Όρεγκον, και έχει προγραμματιστεί να αναπτυχθεί στο Όρεγκον. Η ανάπτυξη του Mark 3 PowerBuoy στη Σκωτία στη Βόρεια Θάλασσα αποτέλεσε ένα σημαντικό ορόσημο στην εμπορική ανάπτυξη της εταιρείας.



Εικ. 21: PowerBuoy στη Χαβάη [10]

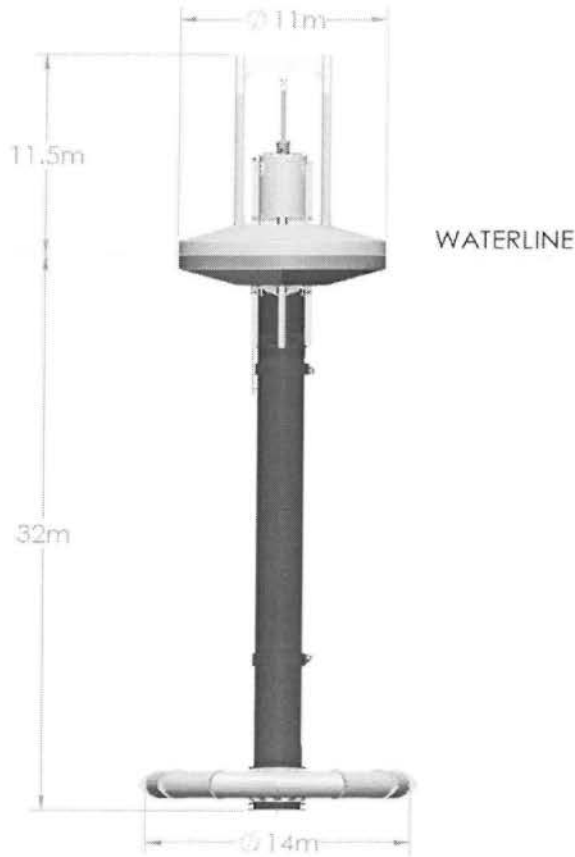
Το Mark 3 προσφέρει πολλές δυνατότητες για τα έργα κυματικής ενέργειας. Παράγει ισχύ με ύψη κύματος μεταξύ 1 και 6 μέτρων (3,3 έως 19,6 πόδια).

Η προσέγγιση πρόσδεσης της OPT και η δομή του PowerBuoy επιτρέπουν σε αυτό το σύστημα να συνδυάσει τα θυελλώδη κύματα, την παλιρροϊκή ενέργεια και τις τρέχουσες συνθήκες, καθιστώντας το κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα κλιμάτων κύματος. Το Mark 3 είναι τυπικά διαμορφωμένο σε συστοιχίες δύο έως τριών σειρών, ελαχιστοποιώντας το αποτύπωμα του έργου.

Το Mark 3 PowerBuoy κινεί μία γεννήτρια με 866 κιλοβάτ στην κορυφή αξιολόγησης. Οι κλασικοί παράγοντες δυναμικότητας για το Mark 3 κυμαίνονται μεταξύ 30% έως 45%, ανάλογα με την τοποθεσία. Το PowerBuoy παρέχει ποιότητα δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και έχει ανεξάρτητα πιστοποιηθεί ότι πληροί όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές διασύνδεσης του δικτύου. Επίσης έχει σύστημα επικοινωνίας οπτικών ινών και συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition SCADA).

Τον Ιανουάριο του 2011 η OPT πέτυχε την πρώτη πιστοποίηση Εγγραφή Lloyd παγκοσμίως, για την συσκευή Mark 3 στη χρησιμότητα κλίμακας κυματικής

ενέργειας. Αυτό παρέχει ανεξάρτητη διαχείριση από τρίτους σχετικά με το σχεδιασμό του Mark 3 PowerBuoy για την προβλεπόμενη χρήση του, όπως αναλύεται κατά τα διεθνή πρότυπα, και την ικανότητα επιβιώσής του σε δύσκολες συνθήκες κυμάτων.



Εικ. 22: Το Mark 3 PowerBuoy, διαστάσεις σε μέτρα [13]

Η OPT αναπτύσσει επίσης το PowerTower, μια Mark 4 PowerBuoy συσκευή που έχει προγραμματιστεί να κινεί μια γεννήτρια με 2,4 μεγαβάτ στην κορυφή αξιολόγησης. Το Mark 4 κινείται μέσω της έννοιας και της οριστικής μελέτης για την κατασκευή και την εγκατάσταση, με αποκορύφωμα μια λειτουργική περίοδο δοκιμών που αποδεικνύουν τις δυνατότητες της μονάδας. Το πρόγραμμα βασίζεται σε πολλές επιτυχημένες αναπτύξεις της OPT από παρόμοια, αλλά μικρότερα, PowerBuoys.

Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (Department of Energy DOE) και η βρετανική κυβέρνηση είναι αυτοί που χρηματοδοτούν διάφορα στάδια του αναπτυξιακού προγράμματος Mark 4. Η επιτυχής ολοκλήρωση της ανάπτυξης του προϊόντος αναμένεται να οδηγήσει την τεχνολογία PowerBuoy της OPT σε ένα νέο επίπεδο της εμπορικής ικανότητας του προϊόντος. Το Mark 4 PowerTower αναμένεται να

βελτιώσει την πρόταση αξίας των πελατών του Mark 3 PowerBuoy και να επεκτείνει την διαθέσιμη αγορά στην προσφορά προϊόντων της OPT για την χρησιμότητα κλίμακας. [13]

#### 2.2.4 Aquabuoy

Η Finavera Renewables παρουσίασε το 2007 το AquaBuoy 2.0, μια μεγάλη στρογγυλή σημαδούρα με ύψος 15 πόδια. Το AquaBuoy 2.0 είναι μια μεγάλη, 3 μέτρων σε πλάτος σημαδούρα συνδεδεμένη με έναν μακρύ άξονα 70 ποδιών. Επιπλέοντας πάνω-κάτω, το νερό αναγκάζεται να μπει μέσα σε ένα σωλήνα επιτάχυνσης, ο οποίος με τη σειρά του προκαλεί ένα έμβολο να κινηθεί. Αυτή η κίνηση του εμβόλου κάνει έναν σωλήνα από χάλυβα, ενισχυμένο με καουτσούκ, να τεντώσει, λειτουργώντας σαν αντλία. Το νερό στη συνέχεια αντλείται σε ένα στρόβιλο που με τη δύναμή του κινεί μια γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πηγαίνει στην ακτή μέσω ενός τυπικού υποθαλάσσιου καλωδίου. Όπως και με τις συσκευές Pelamis, το σύστημα είναι αρθρωτό, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να επεκταθεί όσο απαιτείται.



Εικ. 23: Το Aquabuoy [10]

### 2.2.5 Wavebob

Μερικά από τα πιο ενεργητικά βαθιά κύματα του ωκεανού παγκοσμίως μπορεί να τα βρει κανείς στον Βόρειο Ατλαντικό, στα ανοικτά της δυτικής ακτής της Ιρλανδίας. Ήταν στην πόλη Maynooth, της χώρας αυτής, όταν η εταιρεία Wavebob άνοιξε το 1999 και ο φυσικός, και ιδρυτής της, William Dick είχε την ιδέα να δημιουργήσει μια μοναδική συσκευή που θα επέπλεε στον ωκεανό, και να μετατρέπει την πάνω και κάτω κίνηση των κυμάτων της θάλασσας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η συσκευή πήρε το όνομα Wavebob.

Ένα Wavebob μπορεί να αυτο-ρυθμιστεί να φέρει ό, τι κύμα ενέργειας το περιβάλλει και έχει σχεδιαστεί για να αντέχει ακόμα και στα πιο τεράστια κύματα.

Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει δύο σώματα που επιπλέουν (βαρίδια), το ένα αρκετά ελαφρύ για να επιπλέει στην επιφάνεια του νερού, το άλλο απλά είναι αρκετά βαρύ για να αναστέλλεται το υπόλοιπο κάτω από την επιφάνεια. Τα δύο βαρίδια συνδέονται με ένα άξονα. Όταν ολόκληρη η συσκευή πετιέται πάνω και κάτω από τα κύματα, αυτός ο άξονας ωθεί και τραβά ένα υδραυλικά οδηγούμενο δυναμό μέσα σε ένα από τα βαρίδια. Η συσκευή λειτουργεί με τα κύματα να κινούνται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η μοναδική προσαρμοστικότητα της συσκευής προέρχεται από ένα απομακρυσμένο ρυθμιζόμενο έρμα στο άνω βαρίδι. Εάν τα κύματα γίνονται πάρα πολύ βίαια, ρυθμίζοντας την πλευστότητα του άνω βαριδίου μπορεί να περιορίσει την ποσότητα της ενέργειας που η συσκευή απορροφά από ένα δεδομένο κύμα. Στη θεωρία, αυτό επιτρέπει να επιβιώσει σε απίστευτα ισχυρές καταιγίδες, χωρίς να διαλύεται σε κομμάτια. Επίσης, επιτρέπει την ρύθμιση για βέλτιστη απόδοση. Κάθε συσκευή έχει μία διάμετρο σχεδόν 60 πόδια, και είναι 25 πόδια ψηλή.

Η εταιρεία ξεκίνησε τα πρώτα πρωτότυπά του στα ανοικτά των ακτών Galway, το 2006, το καθένα με χωρητικότητα 30KW (σχεδόν η κατανάλωση ηλεκτρικής 3-6 αμερικανικών νοικοκυριών) και σχεδίαζε ένα έργο 250MW για τα δυτικά της Ιρλανδίας στα τέλη του 2011.

Από τότε που ιδρύθηκε η Wavebob είχε δημιουργήσει συνεργασίες με τις αμερικανικές εταιρείες Chevron, Pacific Gas and Electric, Siemens και GE, καθώς και μια σειρά από άλλους φορείς παροχής ενέργειας και εταιρείες ενέργειας σε όλο τον



κόσμο. Βρήκαν στήριξη μέσω χρηματοδότησης ιδίων κεφαλαίων, επιδοτήσεις από την ιρλανδική κυβέρνηση και αναπτυξιακές ομάδες, ιδιώτες επενδυτές, και πουλώντας τη δική τους κυματική-ηλεκτρική ενέργεια. Στόχος τους, ωστόσο, δεν ήταν να χρησιμεύσουν ως φορέας παροχής ενέργειας, αλλά σαν μια εταιρεία τεχνολογίας. [14]



Εικ. 24: Το Wavebob [10]

## 2.3 Συστήματα κωνικών καναλιών

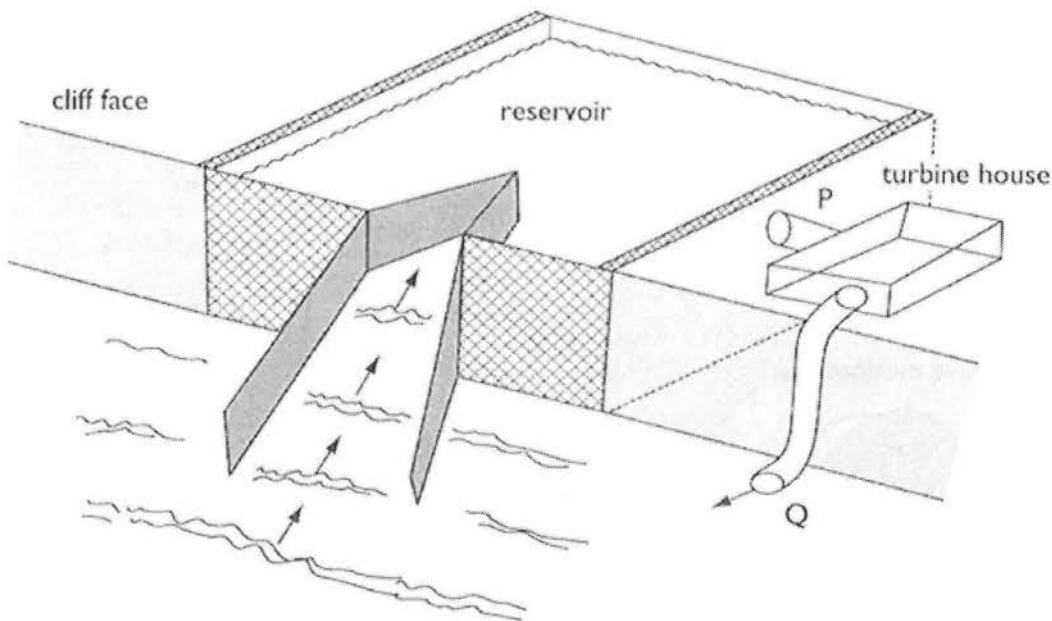
### 2.3.1 TAPCHAN

Το TAPCHAN σχεδιάστηκε από μια εταιρεία που ονομάζεται Norwave, και ένα πρωτότυπο 350kW άρχισε να λειτουργεί το 1985 σε ένα μικρό νορβηγικό νησί. Η αρχή πίσω από αυτόν τον σχεδιασμό είναι η σύλληψη των κυμάτων σε μία ανυψωμένη δεξαμενή (περίπου 3 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας) και στη συνέχεια η εξαγωγή του ωφέλιμου έργου, όπως το νερό αφήνεται να ρεύσει πίσω στη θάλασσα.

Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα κωνικό κανάλι (από το οποίο το TAPCHAN παίρνει το όνομά του) που ενισχύσει τα ύψη κύματος έως ότου η

κορυφογραμμή υπερχειλίζει τα τοιχώματα του καναλιού. Τα κύματα εισέρχονται σε ένα ευρύ άνοιγμα 40μ, και ωθούνται προς τα κάτω σε ένα κανάλι που συνεχώς στενεύει, με 170μ συνολικό μήκος. Καθώς αυτό συμβαίνει, τα κύματα ενισχύονται μέχρις ότου οι κορυφές αναγκάζονται να βγουν πάνω από τις πλευρές και να γεμίσει το δοχείο.

Δεδομένου ότι υπάρχουν λίγα κινούμενα μέρη, τα έξοδα συντήρησης είναι σχετικά χαμηλά, και η δεξαμενή παρέχει ενσωματωμένη την αποθήκευση ενέργειας. Η ισχύς εξόδου είναι επίσης πολύ συνεπής, σε αντίθεση με τις περισσότερες συσκευές κυματικής ενέργειας οι οποίες δίνουν μια κυκλική έξοδο με τον κύκλο των κυμάτων. Ωστόσο, το κόστος κατασκευής της δεξαμενής που συνδέεται με το μακρύ κανάλι είναι υψηλό, και έτσι η θέση θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά για να συμπεριλάβει φυσικά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση για την κατασκευή. Επίσης, προκειμένου να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όλο το εικοσιτετράωρο η θέση πρέπει να έχει ένα μικρό παλιρροιακό εύρος, το οποίο αποκλείει τη χρήση στις περισσότερες περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου. [9]



Εικ. 25: Ένα διάγραμμα της συσκευής TAPCHAN [9]

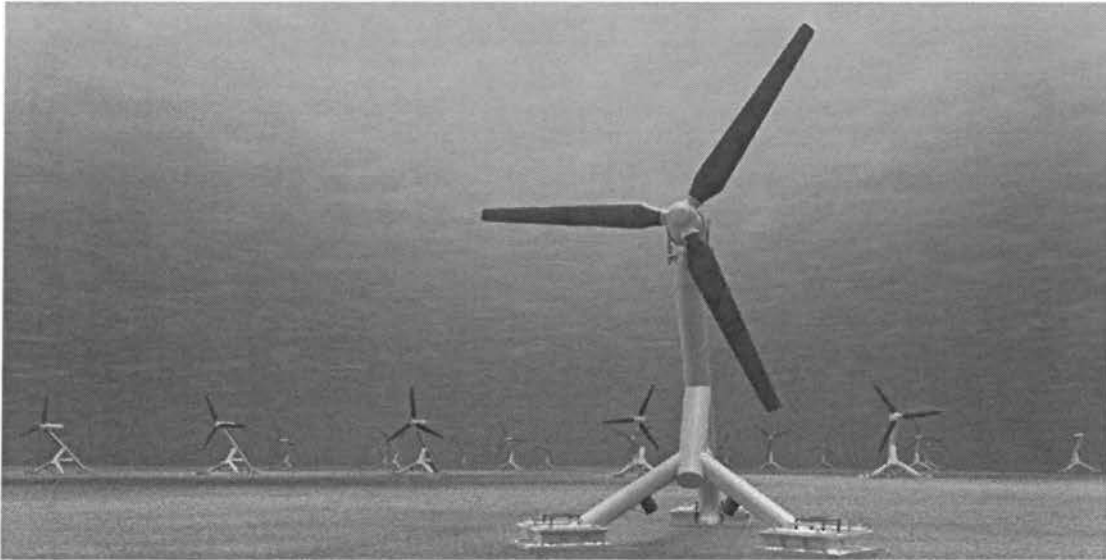
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 Άλλες Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Άλλες μορφές της συμβατικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές περιλαμβάνουν την παλιρροϊκή, της θαλάσσιας θερμικής, το κύμα, και της θερμικής σύντηξης. Η παλιρροϊκή ενέργεια χρησιμοποιεί τη βαρυτική ενέργεια της έλξης του Ήλιου, της Γης και της Σελήνης. Η κυματική ενέργεια μετατρέπει την ενέργεια που απελευθερώνεται σε συντρίβοντας κύματα, η οποία προέρχεται από τον άνεμο, η οποία καθοδηγείται από το φως του ήλιου. Η θαλάσσια θερμική ενέργεια εκμεταλλεύεται το μεγαλύτερο συλλέκτη ηλιακής ενέργειας στη Γη, τη θάλασσα. Η ζεστή σύντηξη δεν είναι αυστηρά ανανεώσιμη, δεδομένου ότι καταναλώνει υδρογόνο, αλλά το υδρογόνο είναι τόσο άφθονο ώστε να μπορεί να θεωρηθεί απεριόριστο για ανθρώπινους σκοπούς. Κάθε μία από αυτές τις μορφές ενέργειας έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, αλλά καμία από αυτές δεν είναι η απάντηση στην επικείμενη ενεργειακή κρίση.

#### 3.1.1 Παλιρροϊκή ενέργεια

Η παλιρροϊκή ενέργεια λειτουργεί με την ίδια θεμελιώδη αρχή όπως ο νερόμυλος. Στην περίπτωση της παλιρροϊκής ενέργειας, ωστόσο, η διαφορά στην ανύψωση του νερού προκαλείται από την διαφορά μεταξύ των υψηλών και χαμηλών παλιρροϊών. Η τεχνολογία περιλαμβάνει την κατασκευή ενός φράγματος, ή μπαράζ, σε όλη την εκβολή του ποταμού για να εμποδίσει την εισερχόμενη παλίρροια, την απερχόμενη παλίρροια, ή και τα δύο. Όταν η στάθμη του νερού στη μία πλευρά του φράγματος είναι υψηλότερο από το επίπεδο από την άλλη πλευρά λόγω μιας παλιρροϊκής αλλαγής, η πίεση του υψηλότερου νερού χτίζει. Το νερό διοχετεύεται μέσω ενός στροβίλου στο φράγμα προκειμένου να φτάσουμε στην άλλη πλευρά, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια με τη στροφή μιας ηλεκτρικής γεννήτριας.



Εικ. 26: Σύστημα παλιρροϊκής ενέργειας [10]

Η παλιρροιακή ενέργεια είναι να αξιοποιηθεί σε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, από τις εγκαταστάσεις της Ρωσίας ως τη Γαλλία με δυναμικότητα 400 kW έως 240 MW. Μερικές προτεινόμενες τοποθεσίες, ωστόσο, παρουσιάζουν εξαιρετικό δυναμικό. Στη Βρετανίας η εκβολή του ποταμού Severn και στον Καναδά ο κόλπος Fundy έχουν εν δυνάμει ικανότητες όσο 8.000 και 30.000 MW, αντίστοιχα.

Η εκβολή του ποταμού Severn έχει κατά μέσο όρο ένα 8,8 μέτρων (26 ποδών) παλιρροιακό εύρος και ο κόλπος Fundy κατά μέσο όρο ένα 10,8 μέτρων (32 ποδών) παλιρροιακό εύρος, ιδανικό για την ουσιαστική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αλλά η σπανιότητα αυτών των εξαιρετικά υψηλών παλιρροιών είναι ο κύριος περιορισμός αυτής της πηγής ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι απαιτείται ένα παλιρροιακό εύρος τουλάχιστον 7 μέτρων για την οικονομική λειτουργία και για να είναι επαρκές το νερό για τις ανεμογεννήτριες, λίγα μέρη στον κόσμο μπορούν να καταστήσουν την εγκατάσταση μιας εγκατάστασης να αξίζει τον κόπο. Από την στιγμή που η εκτιμώμενη δυναμικότητα της παλιρροϊκής ενέργειας είναι 50 φορές μικρότερη από την υδροηλεκτρική ισχύ του κόσμου, δεν μπορεί να συγκριθεί με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ένα άλλο πρόβλημα με το παλιρροϊκό σύστημα είναι η καθαρή ποσότητα του χρόνου που περνά στην οποία ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί μεταξύ των πτώσεων και ανόδων των παλιρροιών. Κατά τη διάρκεια αυτών των χρόνων, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άντληση επιπλέον νερού μέσα

στη δεξαμενή για να προετοιμαστεί για τις περιόδους υψηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά δεν μπορούν να γίνουν και πολλά άλλα στο ενδιάμεσο για την παραγωγή περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας. Από τη φύση της, μια μονάδα παλιρροιακής ενέργειας μπορεί να παράγει μόνο ένα μέγιστο 10 ωρών της ηλεκτρικής ενέργειας ανά 24 ώρες την ημέρα. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να αναμένεται για την παροχή ρεύματος με ένα σταθερό ρυθμό ή κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής.

Αν και η λειτουργία και η συντήρηση ενός παλιρροιακού σταθμού είναι χαμηλή, το κόστος της αρχικής κατασκευής της εγκατάστασης είναι απαγορευτικό, οπότε το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται θα είναι αρκετά υψηλό. Για παράδειγμα, εκτιμάται ότι το παλιρροϊκό έργο στον ποταμό Severn, με προτεινόμενη χωρητικότητα 8.640 MW, θα κοστίσει 1,600 αμερικανικά δολάρια ανά kW, ή πάνω από 13.800.000.000 δολάρια. Το κόστος αυτό υπερβαίνει εκείνο των εγκαταστάσεων του άνθρακα και του πετρελαίου κατά ένα σημαντικό ποσοστό.

Σε αντίθεση με την καύση των ορυκτών καυσίμων, η χρήση της παλιρροϊκής ενέργειας δεν κάνει καμία συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Όμως, οι εγκαταστάσεις παλιρροϊκής ενέργειας δεν έρχονται χωρίς τίμημα του περιβάλλοντος. Η αλλοίωση του φυσικού κύκλου της παλίρροιας μπορεί να επηρεάσει την ακτογραμμή, καθώς και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Η ρύπανση που εισέρχεται σε ένα ποτάμι ανοδικά από το φυτό μπορεί να παγιδευτεί στη λεκάνη, ενώ το φυσικό της διάβρωσης και καθίζησης μοτίβο των εκβολών μπορεί να μεταβληθεί. Οι τοπικές παλίρροιας θα μπορούσαν να μειωθούν κατά περισσότερο από ένα πόδι σε ορισμένες περιοχές, και η «ενισχυμένη ανάμιξη του νερού» θα μπορούσε να τονώσει την ανάπτυξη των οργανισμών, περισσότερο γνωστά για την κόκκινη παλίρροια δράση τους, τα οποία παραλύουν τα οστρακοειδή.

Έτσι, λίγα είναι γνωστά για τις πιθανές βλαβερές συνέπειες των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας, που μερικοί άνθρωποι πιστεύουν ότι "μια από τις μόνες μεθόδους για την αύξηση της γνώσης μας σχετικά με το πώς τα παλιρροιακά φράγματα επηρεάζουν τα οικοσυστήματα, μπορεί να είναι η μελέτη των επιπτώσεων αφού έχουν κατασκευαστεί τέτοιες εγκαταστάσεις." Με τέτοια αβεβαιότητα, η παλιρροϊκή ενέργεια φαίνεται να είναι μια μη αποδεδειγμένη υποψήφια εναλλακτικής ενέργειας.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου 3.000 GW (1 GW = 1 δισεκατομμύριο watts) της ενέργειας είναι διαθέσιμη συνεχώς από τη δράση της παλίρροιας. Λόγω των περιορισμών που περιγράφονται πιο πάνω, έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 2% ή 60 GW μπορεί δυνητικά να ανακτηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά την αδυναμία της παλιρροϊκής ενέργειας για να αντικαταστήσει τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δεν θα πρέπει να απορριφθεί στο εγγύς μέλλον. Βρετανία, Ινδία, και Βόρεια Κορέα έχουν προγραμματίσει να συμπληρώσουν το δίκτυό τους με αυτή την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Εν τω μεταξύ, μια πανεπιστημιακή μελέτη έδειξε ότι η Νέα Ζηλανδία θα μπορούσε να γίνει η πρώτη χώρα στον κόσμο που θα λειτουργεί αποκλειστικά χωρίς ορυκτά καύσιμα, αν αξιοποιηθούν οι παλίρροιες στην μακρά ακτογραμμή της, καθώς και ο άφθονος άνεμος και ο ήλιος της. Όμως, ενώ ο άνεμος δεν μπορεί συνεχώς να φυσήξει και ο ήλιος δεν μπορεί να λάμψει 24 ώρες την ημέρα, το πλεονέκτημα των παλιρροιών είναι ότι δεν σταματούν ποτέ. [18]

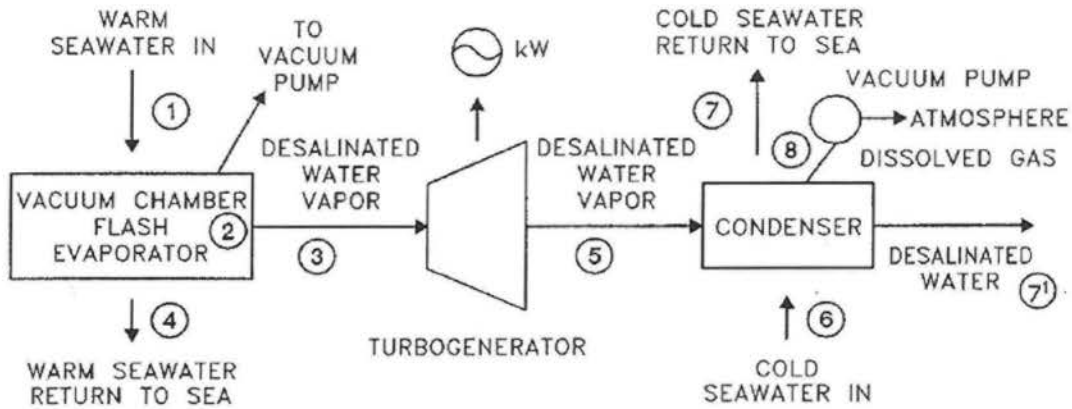
### 3.1.2 Θαλάσσια θερμική ενέργεια

Η θαλάσσια θερμική ενέργεια [Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)] φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη, μη ρυπογόνα, πηγή ανανεώσιμης ενέργειας για το μέλλον. Οι ωκεανοί αποτελούν πάνω από τα δύο τρίτα της επιφάνειας της γης, που σημαίνει ότι συλλέγουν και αποθηκεύουν ένα τεράστιο ποσό της ηλιακής ενέργειας. Οι αριθμοί δείχνουν ότι, αν μπορούσε να αξιοποιηθεί ακόμη και το 0,1% της αποθηκευμένης ενέργειας, η παραγωγή θα είναι 20 φορές οι τρέχουσες καθημερινές απαιτήσεις σε ενέργεια των Ηνωμένων Πολιτειών.

Η θαλάσσια θερμική ενέργεια εκμεταλλεύεται τη μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ των διαφορετικών βαθών του ωκεανού, που απαιτεί τουλάχιστον τη διαφορά 36F από πάνω προς τα κάτω, όπως στις τροπικές περιοχές. Αυτή η διαφορά στη θερμοκρασία είναι η «θερμική μηχανή» για ένα θερμοδυναμικό κύκλο. Υπάρχουν τρεις τύποι OTEC σχεδίων: ανοικτού κύκλου, κλειστού κύκλου, και τα υβριδικού κύκλου.

Σε ένα ανοικτό κύκλο, το θαλασσινό νερό είναι το εργαζόμενο ρευστό. Ζεστό θαλασσινό νερό εξατμίζεται σε ένα μερικό κενό, επεκτείνεται μέσω ενός στροβίλου συνδέεται σε μία ηλεκτρική γεννήτρια. Ο ατμός στη συνέχεια περνά μέσα από έναν συμπυκνωτή που χρησιμοποιεί ψυχρό θαλασσινό νερό από τα βάθη του ωκεανού, και

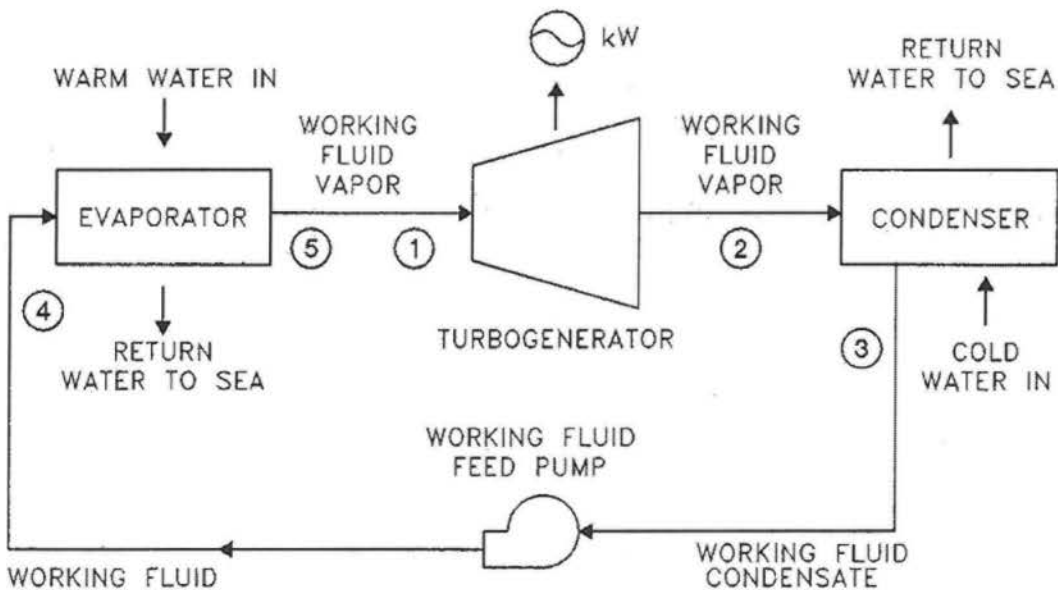
το αποτέλεσμα είναι αφαλατωμένο νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς. Νέο θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται στον επόμενο κύκλο.



**OPEN CYCLE OTEC SYSTEM DIAGRAM**

Εικ. 27: OTEC ανοιχτού κύκλου [19]

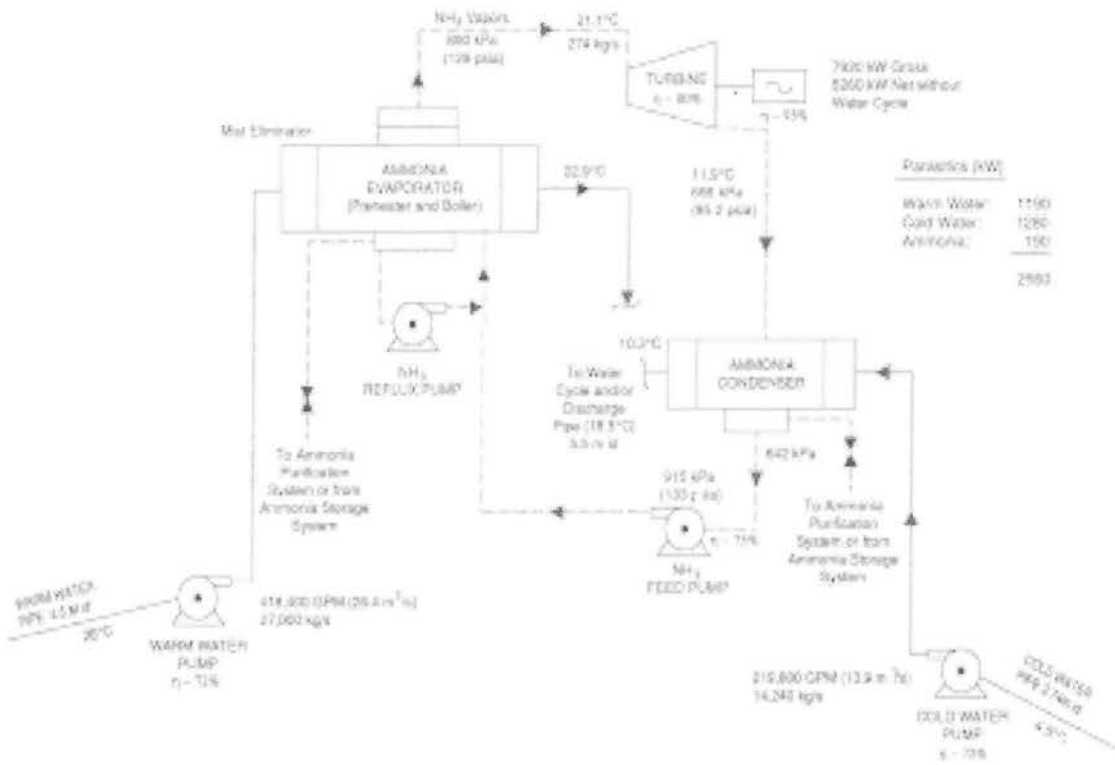
Σε ένα κλειστό κύκλο, ένα υγρό χαμηλού σημείου ζέσεως όπως αμμωνία ή ψυκτικό χρησιμοποιείται ως ρευστό εργασίας, το οποίο εξατμίζεται με ζεστό θαλασσινό νερό. Μετά την επέκταση μέσω ενός στροβίλου συνδέεται με μία ηλεκτρική γεννήτρια, το κρύο θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται για να συμπυκνώσει τον ατμό πίσω σε ένα υγρό για να ξεκινήσει και πάλι η διαδικασία.



**CLOSED CYCLE OTEC SYSTEM DIAGRAM**

Εικ. 28: OTEC κλειστού κύκλου [19]

Ένας υβριδικός κύκλος συνδυάζει τις δύο διαδικασίες, στις οποίες εξατμιζόμενο θαλασσινό νερό δημιουργεί ατμό, το οποίο με τη σειρά του εξατμίζει ένα εργαζόμενο ρευστό σε ένα κλειστό κύκλο. Ο ατμός από το εργαζόμενο ρευστό ενεργοποιεί το στρόβιλο, ενώ ο ατμός συμπυκνώνεται σε αφαλατωμένο νερό, όπως σε ένα ανοικτό σύστημα. Το υβριδικό σύστημα συνεχίζει να επεξεργάζεται θαλασσινό νερό και να παράγει ηλεκτρισμό.



Εικ. 29: OTEC υβριδικού κύκλου [19]

Η θαλάσσια θερμική ενέργεια αξιοποιείται με συνεπή τρόπο, καθώς είναι ίσως η πιο φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια που υπάρχει στον πλανήτη σήμερα. Δυστυχώς, η υλοποίηση αυτής της, πολλά υποσχόμενου δυναμικού, ενέργειας έχει σε μεγάλο βαθμό πειραματικό χαρακτήρα προς το παρόν. Στην πραγματικότητα, το μόνο εργοστάσιο θαλάσσιας θερμικής ενέργειας στις ΗΠΑ ήταν μια πειραματική εγκατάσταση το Εργαστήριο Φυσικής Ενέργειας της Χαβάης [Natural Energy Laboratory of Hawaii (NELHA)], το οποίο έκλεισε μετά το τέλος μιας επιτυχημένης δοκιμής το 1998.



Η τεχνολογία έχει ακόμα πολύ από το να αναπτυχθεί σε βαθμό που να κάνουν αυτό το είδος της καινοτομίας βιώσιμο ως μια ευρέως διαδεδομένη εναλλακτική πηγή ενέργειας. Στην εγκατάσταση στη Χαβάη, για παράδειγμα, παραγόταν η μεγαλύτερη ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι σήμερα, με 210 kW OTEC ανοικτού κύκλου, πειραματική εγκατάσταση που λειτουργούσε την περίοδο 1992-1998.

Κατά την εξέταση της ικανότητας των συμβατικών στροβίλων καύσης, που κυμαίνονται από μια τυπική έξοδο των 25 MW σε ένα μέγιστο 220 MW, αυτή η τεχνολογία δεν είναι σε λειτουργία. Είναι πιο εφαρμόσιμη σε μικρά νησιά που εξαρτώνται από εισαγόμενα καύσιμα. Το σύστημα αυτό θα καθιστούσε ένα νησί πιο αυτόνομο και παράλληλα θα βοηθούσε στη βελτίωση των προτύπων υγιεινής και της διατροφής, με την αφθονία του αφαλατωμένου νερού που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προϊόντων υδατοκαλλιέργειας.

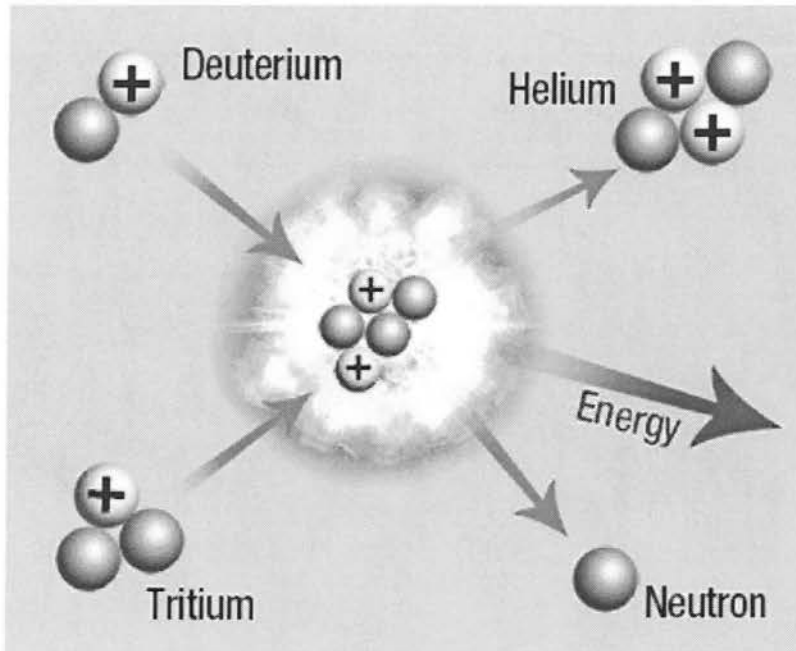
Θα παρέλθει κάποιος χρόνος προτού αυτή η τεχνολογία θα είναι σε θέση να συμβάλει μερικώς στη σταδιακή κατάργηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Οι περιορισμοί τοποθεσίας παγώνει την παγκόσμια πρόοδο, και η ικανότητα της τεχνολογίας να παράγει την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για να παρέχει στον κόσμο τις ενεργειακές απαιτήσεις είναι ακόμη σε μεγάλο βαθμό θεωρητική. [18]

### 3.1.3 Θερμική σύντηξη

Η πυρηνική σύντηξη έχει ονομασθεί «το Άγιο Δισκοπότηρο του τομέα της ενέργειας». Είναι η διαμετρικά αντίθετη διαδικασία της πυρηνικής σχάσης, στην οποία ένα άτομο του βαρέος ισότοπου ουρανίου-238 χωρίζεται σε μια σύγκρουση με ένα επιταχυνόμενο νετρόνιο, απελευθερώνοντας κάποια από την ενέργεια από το εσωτερικό του ατόμου.

Η σύντηξη περιλαμβάνει το συνδυασμό ατόμων φωτός, η οποία απελευθερώνει ένα τεράστιο ποσό ενέργειας. Το προϊόν των αποβλήτων αυτής της αντίδρασης είναι ήλιο και είναι ακριβώς αυτή η διαδικασία που εκτοξεύει τα περισσότερα αστέρια, ιδίως τον ήλιο μας. Η σύντηξη είναι ελκυστική ως πηγή ενέργειας, λόγω της σχεδόν ανεξάντλητης πηγής καυσίμου, της υπόσχεσης για ελάχιστες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και της εγγενούς ασφάλειάς της.

Τα άτομα που συντήκονται μαζί σε μια αντίδραση δεν τα απλά άτομα υδρογόνου που περιέχουν μόνο ένα πρωτόνιο στον πυρήνα. Πρόκειται για τα βαρέα ισότοπα του δευτερίου ή τριτίου που περιέχουν ένα ή δύο νετρόνια μαζί με τα πρωτόνια στον πυρήνα τους. Τα ισότοπα είναι κατά βάση σπάνια στη φύση, περίπου ένα μέρος [δευτέριο] σε 6000 βρίσκεται στη συνηθισμένο νερό, αλλά η τεχνολογία υπάρχει για να απομονωθούν σε μεγάλη αφθονία.



Εικ. 30: Η θερμική σύντηξη [20]

Το βασικό πρόβλημα με την παραδοσιακή πυρηνική σύντηξη είναι ότι το καύσιμο, το βαρύ υδρογόνο, πρέπει να αυξηθεί σε πάνω από εκατό εκατομμύρια βαθμούς. Σε μια τέτοια τεράστια θερμοκρασία, τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τα βαρέα άτομα υδρογόνου αφήνοντας μια πλήρως ιονισμένη κατάσταση που ονομάζεται «πλάσμα».

Αυτό το πλάσμα θα πρέπει στη συνέχεια να συγκρατείται μαζί, ώστε να παράγει χρήσιμες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Δεν υπάρχουν γνωστά υλικά κατασκευής που μπορούν να αντέξουν σε τέτοιες θερμοκρασίες, έτσι το πλάσμα πρέπει να περιέχεται από μαγνητική ή αδρανειακή συγκράτηση πλάσματος.

Η μαγνητική συγκράτηση χρησιμοποιεί ισχυρά μαγνητικά πεδία, τυπικά 100.000 φορές το μαγνητικό πεδίο της γης, διατεταγμένα σε μία διαμόρφωση για την πρόληψη των φορτισμένων σωματιδίων από διαρροή (ουσιαστικά ένα «μαγνητικό μπουκάλι»).

Η αδρανειακή συγκράτηση χρησιμοποιεί ισχυρό λέιζερ ή ακτίνες σωματιδίων υψηλής ενέργειας για τη συμπίεση του καυσίμου σύντηξης.

Ένα άλλο θεμελιώδες πρόβλημα με τη θερμική σύντηξη περιστρέφεται γύρω από το εάν ένα σύστημα σύντηξης που παράγει επαρκή καθαρό ενεργειακό κέρδος, με μια ελκυστική ως εμπορική πηγή ισχύος, μπορεί να διατηρηθεί και να ελέγχεται. Ενώ η παραγωγή ενέργειας από τη σύντηξη έχει αυξηθεί από λιγότερο από ένα βατ σε πάνω από 10 εκατομμύρια βατ όλα αυτά τα χρόνια, έχουμε ακόμα όμως να παρακολουθήσουμε μια καθαρή ενέργεια.

Ακόμη και αν αυτό ήταν να επιτευχθεί στο εγγύς μέλλον, οι μεταλλουργικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από τα γύρω δομικά υλικά είναι εξαιρετικά απαιτητικές και το κόστος απαγορευτικό. Πραγματοποιώντας ένα καθαρό ενεργειακό κέρδος σε θερμική σύντηξη θα περιλαμβάνει την κατασκευή μιας συσκευής 1 δισ. δολαρίων για να πειραματίζονται με την καύση του πλάσματος. Σε αυτό προστίθεται και η εκτίμηση 300 εκατομμύρια δολάρια ετησίως, που η κοινότητα σύντηξης των ΗΠΑ θα απαιτήσει για «σημαντικές βελτιώσεις του προγράμματος» σε σχέση με τα σημερινά 230 εκατομμύρια δολάρια. Οι ΗΠΑ δεν είναι η μόνη στη δαπάνη της σύντηξης. Λαμβάνοντας υπόψη την εξάρτηση από την εισαγόμενη ενέργεια, Ιαπωνία και Ευρώπη, αντίστοιχα, έχουν διαθέσει 1,5 και 3 φορές τον προϋπολογισμό που οι ΗΠΑ δαπανούν σήμερα για θερμική σύντηξη.

Η απίστευτη πολυπλοκότητα και το κόστος της διαδικασίας αυτής είναι ο ακριβής λόγος για τον οποίο η ανακοίνωση για «επανάσταση της ψυχρής σύντηξης» στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα πριν από λίγα χρόνια συναντήθηκε με τόσο ενθουσιασμό. Εάν η διαδικασία θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε θερμοκρασίες δωματίου, η πολυπλοκότητα που εμποδίζει πλέον την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με βάση την πυρηνική σύντηξη θα εξαφανιζόταν.

Ενώ δισεκατομμύρια δολάρια και δεκαετίες έρευνας έχουν αφιερωθεί στη θερμική σύντηξη, απέχουμε πολύ από τον έλεγχο αυτού του είδους της παραγωγής ενέργειας. Αισιόδοξες προβλέψεις δεν υποδηλώνουν ότι η ενέργεια σύντηξης θα συμβάλει σημαντικά στην παροχή ενέργειας μέχρι και τον επόμενο αιώνα. Παρ' όλα αυτά, το αμερικανικό Υπουργείο Ενέργειας στην τελική έκθεση της Task Force on Fusion Energy τον Αύγουστο του 1999, σχετικά με την ενέργεια σύντηξης, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «θα πρέπει να επιδιώξουμε την ενέργεια σύντηξης επιθετικά». [18]

## 3.2 Λογισμικό για την κυματική ενέργεια

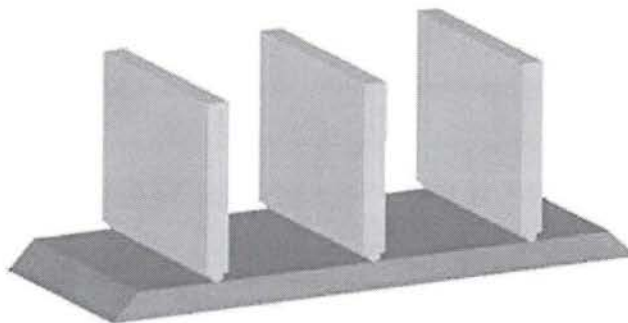
### 3.2.1 FLOW-3D

Αυτό το υλικό προσφέρεται από τη Medus [Maritime Engineering Division University of Salerno (Ναυτιλιακό Τμήμα Μηχανικών Πανεπιστήμιο του Σαλέρνο)] - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ιταλία.

Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την παραγωγή ενέργειας με χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών έχει αυξηθεί εκθετικά σε όλο τον κόσμο. Οι συσκευές που αντλούν ηλεκτρική ενέργεια από τη θάλασσα (ρεύματα, κύματα, κλπ) έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και μπορεί να μοντελοποιηθεί με ακρίβεια με το FLOW-3D.

Μια άλλη σημαντική περιβαλλοντική πτυχή είναι η προστασία των ακτών από τα κύματα της θάλασσας. Λαμβάνοντας υπό εξέταση τόσο την κυματική ενέργεια όσο και την προστασία των ακτών, οι ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Σαλέρνο έχουν αναπτύξει ένα υποβρύχιο σύστημα που ονομάζεται, WECPOS [Wave Energy Coastal Protection Oscillating System (Ταλαντευόμενο σύστημα κυματικής ενέργειας παράκτιας προστασίας)]. Το WECPOS έχει σχεδιαστεί για να βρίσκεται σε σχετικά ρηχά βάθη, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για την προστασία των ακτών χρησιμοποιώντας την κίνηση ταλάντωσης των σωματιδίων νερού.

#### Προσομοιώνοντας τη συσκευή κυματικής ενέργειας WECPOS

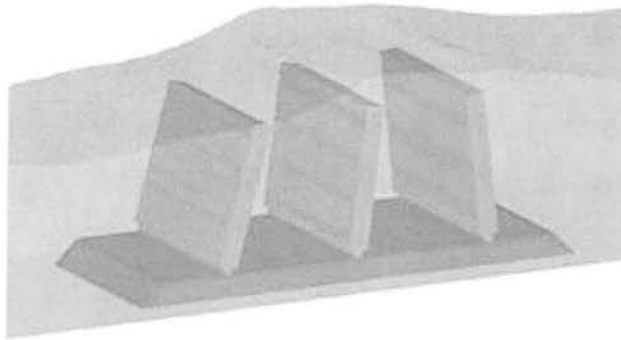


Εικ. 31: Γεωμετρία της δομής WECPOS [21]

Το μόνο στοιχείο που αποτελεί το σύστημα που προκύπτει από μια σταθερή βάση και τρία κινητά φύλλα που μπορούν να μεταβάλλονται σε μια σταθερή γωνία. Τα κύματα

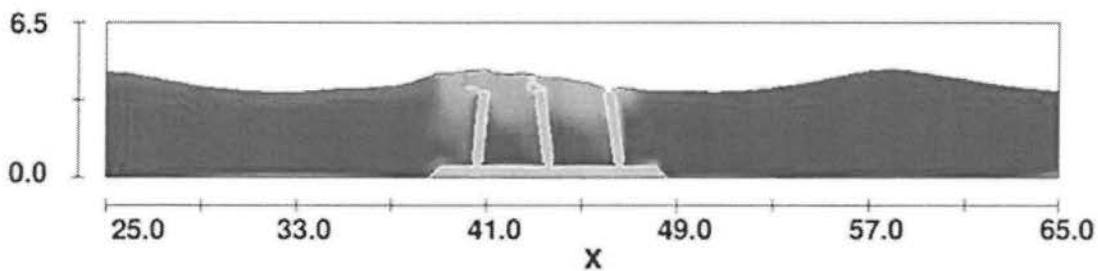
αλληλεπιδρούν με τα πάνελ δημιουργώντας μια εναλλακτική κίνηση, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Την ίδια στιγμή, η περιορισμένη κίνηση που επιβάλλεται για την περιστροφή των συλλεκτών είναι ένας φραγμός στα φαινόμενα διάδοσης κυμάτων, προκαλώντας το σπάσιμο στο κατώτερο τμήμα της συσκευής. Έτσι, η κυματική ενέργεια θα διαχέεται δίνοντας ένα θετικό αποτέλεσμα για την προστασία των ακτών.



Εικ. 32: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της δομής WECPOS χρησιμοποιώντας FLOW-3D [21]

Χρησιμοποιώντας το FLOW-3D ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν οι υδροδυναμικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν μεταξύ ενός κανονικού κύματος, με διαφορετικό ύψος και περίοδο. Οι εξισώσεις RANS, σε συνδυασμό με το μοντέλο τύρβης RNG και το μοντέλο Γενικά Κινούμενων Αντικειμένων [General Moving Objects (GMO)], έχουν ενταχθεί σε ένα τρισδιάστατο κανάλι (90,0 x 6,0 x 8,0 m), χρησιμοποιώντας μία αριθμητική περιοχή που αποτελείται από δύο πίνακες: ένα γενικό που περιέχει ολόκληρο τον τομέα (μέγεθος κελιού = 0,30 cm) και έναν εντοπισμένο στη συσκευή (μέγεθος κελιού = 0,10 cm).



Εικ. 33: Μια δισδιάστατη προβολή στο FLOW-3D δείχνει την τυρβώδη ενέργεια των αλληλεπιδράσεων των κυμάτων με το WECPOS [21]

### **Τα αποτελέσματα του FLOW-3D**

Με τα αποτελέσματα, εκτιμώντας τη γωνία περιστροφή, τη γωνιακή ταχύτητα, την υδραυλική ροπή του μεμονωμένου πάνελ, κατέστη δυνατό να εκτιμηθεί το δυναμικό παραγωγής ενέργειας. Ένα μοντέλο Matlab / Simulink έχει κατασκευαστεί για να εκτιμηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια ενός ελαιοδυναμικού συστήματος που αποτελείται από ένα έμβολο και ένα στρόβιλο συζευγμένα με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Εκτιμώντας τις χαρακτηριστικές παραμέτρους της κίνησης των κυμάτων (μηδενισμού ροπών ύψους κύματος  $H_{m0}$ , συντελεστή μετάδοσης  $K_t$  και του μέσου όρου της ελεύθερης επιφάνειας ανύψωσης), η συμπεριφορά της συσκευής WECPOS έχει αναλυθεί για την ικανότητά του να διαχέει την κυματική ενέργεια, το οποίο είναι επιτακτική ανάγκη για την προστασία των ακτών. [21]

#### **3.2.2 AquaSim**

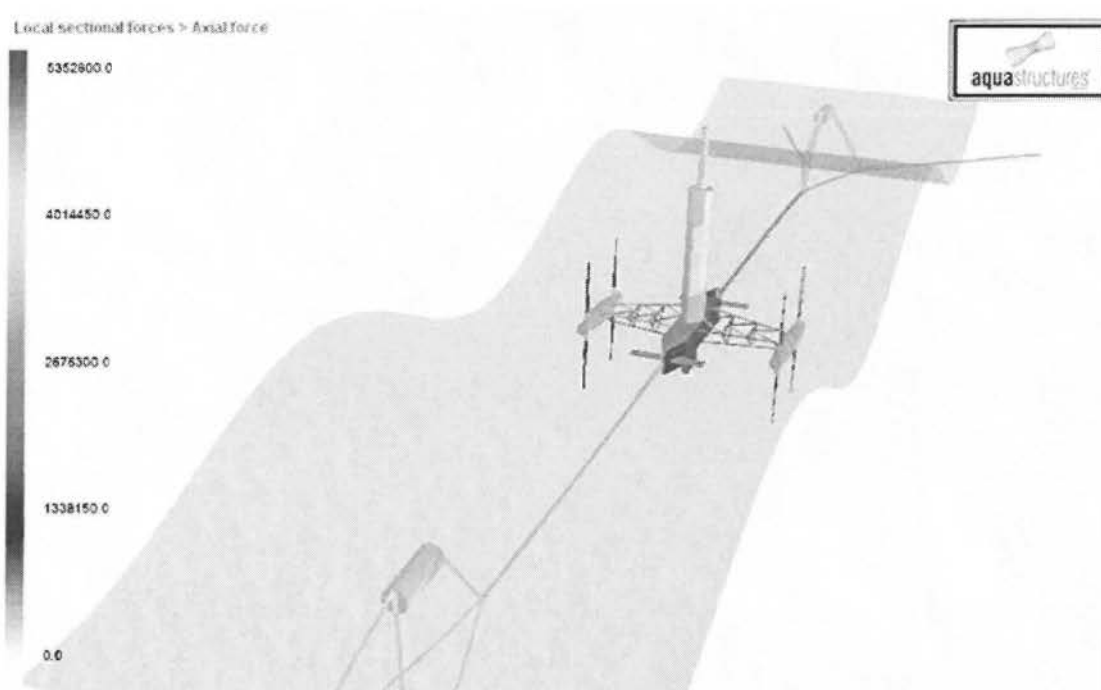
Το λογισμικό ανάλυσης και προσομοίωσης AquaSim είναι ένα πεπερασμένο εργαλείο στοιχείων που αναπτύχθηκε από την Aquastructures για τον υπολογισμό και την προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο της δομικής ανταπόκρισης των διαφόρων στοιχείων λεπτών, ελαφρού βάρους κατασκευών, ευέλικτων συνθέσεων και συζευγμένων συστημάτων που εκτίθενται σε περιβαλλοντικά φορτία, όπως: κύματα, ρεύματα, άνεμος, φορτία παλμών, λειτουργικές συνθήκες, απήχηση.

Το AquaSim χειρίζεται τη σφαιρική ανάλυση και τις αλληλεπιδράσεις των δυνάμεων που μεταδίδονται μεταξύ δύσκαμπτων και εύκαμπτων συστατικών. Το AquaSim θεσπίζει ταυτόχρονα μια οπτική προσομοίωση των μετακινήσεων, επιταχύνσεις και παραμορφώσεις στη δομή, και υπολογίζει για κάθε βήμα τις δυνάμεις του τοπικού τμήματος, και τις καταπονήσεις που τονίζουν το εύρος κάθε συνιστώσας του συστήματος, που εφαρμόζεται για την τοπική ανάλυση και αξιολόγηση της κόπωσης.

Το AquaSim βασίζεται σε προσομοιώσεις πραγματικού χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι το AquaSim λαμβάνει υπόψη τις μη γραμμικές επιδράσεις, όπως γεωμετρικές μεταβολές, στη διατομή του στοιχείου για να διατηρεί συνεχώς τη σωστή σχέση μεταξύ π.χ. των εφαρμοζόμενων δυνάμεων και των μετατοπίσεων που προκύπτουν. Το AquaSim λαμβάνει υπόψη την υδρο-ελαστικότητα, το χειρισμό και την αλληλεπίδραση συζευγμένου δυναμικού μεταξύ των εξωτερικών φορτίων και της

κατασκευής. Παραμορφώσεις και αλλαγές της παγκόσμιας δομικής γεωμετρίας θα επιφέρουν αλλαγές στο σενάριο φορτίου που εφαρμόζεται στην κατασκευή.

Το AquaSim παρόλο που υπολογίζει πολύπλοκους αλγόριθμους, όπως η μη-γραμμικότητα και η υδρο-ελαστικότητα, χειρίζεται εξίσου και λιγότερο πολύπλοκα ζητήματα, όπως ο υπολογισμός μικρού βάρους, τους υπολογισμούς πληρωμής του φορτίου, τις αξιώσεις των στοιχείων, την υδροδυναμική άνοση, τα φορτία ελατηρίων, τις σηματοδούρες και τα συντηρητικά φορτία. Προσομοιώσεις των δύσκαμπτων, άκαμπτων και στατικών κατασκευών είναι συχνά λιγότερο πολύπλοκες από την ανάλυση των μαλακών, λεπτών και δυναμικών κατασκευών. Το AquaSim χειρίζεται τη στατική και δυναμική κατασκευαστικών συστημάτων χωρίς αποκλεισμούς στη συζευγμένη ανάλυση των συστημάτων με τα στοιχεία διαφορετικών υλικών και ελαστικότητας. [22]



Εικ. 34: Παράδειγμα προσομοίωσης πλωτής μονάδας παραγωγής ενέργειας με τη χρήση AquaSim [22]

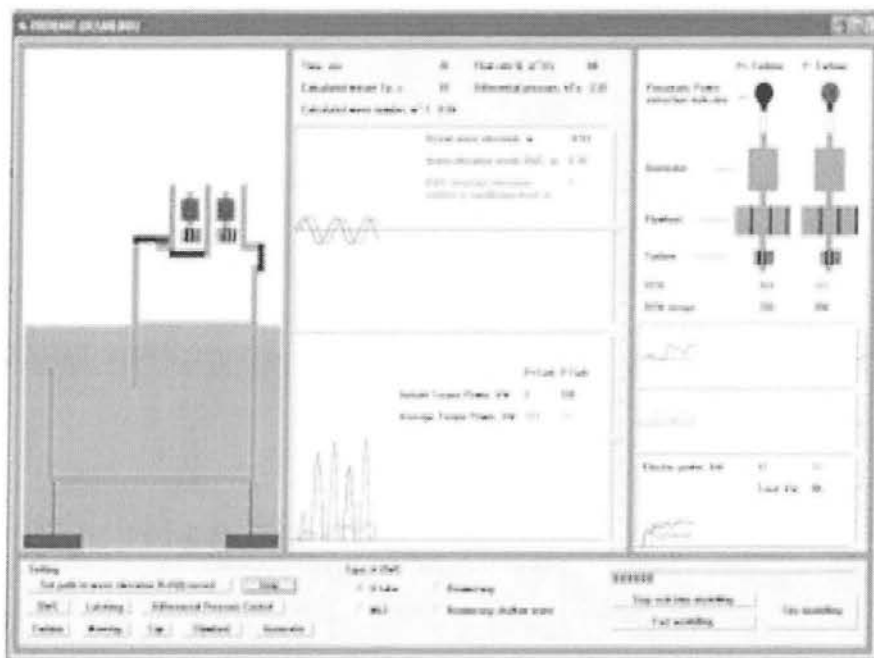
### 3.2.3 proWAVE

Το λογισμικό proWAVE είναι ένα εργαλείο της Oceanlinx που επιτρέπει σε κάποιον να διαμορφώσει ένα μετατροπέα της κυματικής ενέργειας [wave energy converter (WEC)] ως ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα, που συμπεριλαμβάνει παλλόμενες στήλες νερού (OWC), τουρμπίνα, γεννήτρια, σφόνδυλο, και κάθε είδους χαρακτηριστικά ελέγχων. Το proWAVE λύνει ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων για την ανύψωση του νερού στο εσωτερικό της OWC, την πίεση του αέρα στον θάλαμο αέρα, και την ίδια τη δομική ανύψωση της OWC (για το προϊόν που επιπλέει) σε πραγματικό χρόνο.

Το proWAVE επιτρέπει σε κάποιον να:

- προβλέψει το ρεύμα αέρα που παραδίδεται από κάθε OWC με διάφορες γεωμετρίες και διαμορφώσεις
- προβλέψει την ηλεκτρική ενέργεια (άμεση, κατά μέσο όρο, ή ετήσια), ανάλογα με το ιστορικό των κυμάτων στον ωκεανό
- αναλύσει τη στάθμη του νερού στο εσωτερικό κάθε OWC, καθώς και τη διαρθρωτική ανύψωση του OWC σε πραγματικό χρόνο
- εκτελέσει κάθε λογής γρήγορες αναλύσεις
- αναλύει και να βελτιστοποιεί τις διάφορες στρατηγικές για τον έλεγχο των τουρμπινών και των γεννητριών.





Εικ. 35: Το proWAVE κατά τη διάρκεια προσομοίωσης [23]

Η είσοδος του ιστορικού των κυμάτων των ωκεανών μπορεί να παρουσιάζεται είτε ως αρχείο excel με δύο στήλες, της ανυψώσεως του κύματος συναρτήσει του χρόνου, είτε ως πίνακας με βάση την περίοδο κύματος  $T_p$  (sec) και το ύψος  $H_s$  (m). Μια προκαθορισμένη δομή πίνακα δεν είναι απαραίτητη, αφού το proWAVE μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε τυποποιημένη μορφή. Το proWAVE περιέχει μια βάση δεδομένων του κανονικού και μη κανονικού ιστορικού κυμάτων για διάφορες  $H_s$  και  $T_p$ . Ως εκ τούτου, το μόνο που χρειάζεται για την πρόβλεψη της ετήσιας παραγωγής ενέργειας για κάθε τοποθεσία είναι ένας πίνακας που σχετίζεται με αυτήν την τοποθεσία - το proWAVE θα κάνει τα υπόλοιπα. Οι OWC ορίζονται από ένα σύνολο παραμέτρων εισόδου, όπως είναι η γεωμετρία, το βάθος του νερού, η πλευστότητα, το μήκος κεντρικής γραμμής και άλλα. Τα χαρακτηριστικά της τουρμπίνας και της γεννήτριας παρουσιάζονται με τα λεγόμενα, απόδοση τουρμπίνας και καμπύλες γεννήτριας, αντίστοιχα. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά σε πραγματικό χρόνο και καταγράφονται σε ένα αρχείο που ονομάζεται Πρωτόκολλο (Protocol). Ο χρήστης είναι σε θέση να αναλύσει οποιοσδήποτε λεπτομέρειες σε μεταγενέστερο χρόνο. Οι κινήσεις των κυμάτων μέσα και έξω από την OWC, μαζί με την ίδια την OWC, παρουσιάζονται ως κινούμενα σχέδια. Ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει κινούμενες εικόνες οι οποίες είναι πολύ κοντά στην πραγματικότητα. [23]

Υπάρχουν και άλλα λογισμικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της κυματικής ενέργειας, όπως είναι το Hydrological And Hydraulic Modeling Software, το QuickWave και το WaveDyn - Wave Energy Converter Performance And Loading Design Tool. [23]

### **3.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη βοήθεια της υδροηλεκτρικής**

Η μετακίνηση του νερού είναι ένας πανίσχυρος φορέας που είναι υπεύθυνος για το φωτισμό ολόκληρων πόλεων, ακόμα και χωρών. Χιλιάδες χρόνια πριν, οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τροχούς νερού, οι οποίοι μάζευαν το νερό σε κουβάδες γύρω από έναν τροχό. Το βάρος του νερού προκαλούσε την περιστροφή του τροχού, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια για το άλεσμα δημητριακών και την άντληση νερού.

Γύρω στο 1800 ο τροχός νερού χρησιμοποιείται συχνά σε μηχανήματα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η ξυλεία-πριόνια κοπής, σε ευρωπαϊκά και αμερικανικά εργοστάσια. Το πιο σημαντικό, οι άνθρωποι συνειδητοποιούν ότι η δύναμη του νερού που πέφτει από ύψος μπορεί να γυρίσει μια τουρμπίνα που συνδέεται με μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι καταρράκτες του Νιαγάρα, ένας φυσικός καταρράκτης, τροφοδοτούν την πρώτη υδροηλεκτρική μονάδα το 1879. Τεχνητοί καταρράκτες φράγματα κατασκευάζονται σε όλη τη δεκαετία του 1900, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί αυτή η πηγή ενέργειας. Εκτός από ένα εργοστάσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φτιάχνεται και μια μονάδα υδροηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενη από ένα δοχείο νερού που περιβάλλεται από ένα φράγμα των οποίων οι πύλες μπορούν να ανοίξουν ή να κλείσουν ανάλογα με το πόσο νερό χρειάζεται για να παράγει μια συγκεκριμένη ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Μόλις η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται μεταφέρεται κατά μήκος των τεράστιων γραμμών μεταφοράς σε μια ηλεκτρική εταιρεία κοινής ωφελείας.

Μέχρι το 1940, οι καλύτερες θέσεις για τα μεγάλα φράγματα είχαν αναπτυχθεί. Αλλά όπως και οι περισσότερες άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν θα μπορούσε να ανταγωνιστεί με τα φθηνά ορυκτά καύσιμα εκείνη την περίοδο. Μέχρι που η τιμή του πετρελαίου εκτινάχθηκε στα ύψη τη δεκαετία του 1970 και οι άνθρωποι άρχισαν να ενδιαφέρονται για την υδροηλεκτρική και πάλι.

Σήμερα, το ένα πέμπτο της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την πτώση του νερού.

Κατά τα τελευταία 100 χρόνια, οι Ηνωμένες Πολιτείες έχει οδηγήσει τον κόσμο στην κατασκευή φράγμάτων. Ο Γραμματέας Εσωτερικών των ΗΠΑ, Bruce Babbitt, παρατήρησε πρόσφατα ότι « κατά μέσο όρο, έχουμε κατασκευάσει ένα φράγμα κάθε μέρα από την υπογραφή της Διακήρυξης της Ανεξαρτησίας... Από τα 75.187 φράγματα στις ΗΠΑ, λιγότερο από το 3% χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του 10 - 12% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας». Με πάνω από 2.000 εγκαταστάσεις, οι ΗΠΑ είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός υδροηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο, μετά τον Καναδά. Τα φράγματα που δεν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται για άρδευση ή τον έλεγχο των πλημμυρών. Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι αυτές προ-υπάρχουσες τοποθεσίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος της χώρας με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, αν κατασκευάζονταν υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Υπάρχουν αρκετές ευνοϊκές δυνατότητες της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Οπουδήποτε πέφτει η βροχή, θα υπάρχουν ποτάμια. Αν ένα συγκεκριμένο τμήμα του ποταμού έχει το σωστό έδαφος για να σχηματίσει μια δεξαμενή, μπορεί να είναι κατάλληλο για την κατασκευή φράγματος. Δεν απαιτούνται ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και ο υδρολογικός κύκλος της γης αναπληρώνει φυσικά τα αποθέματα "καυσίμων".

Ως εκ τούτου, δεν απελευθερώνεται καμία ρύπανση στην ατμόσφαιρα και δεν παράγονται απόβλητα που απαιτούν ειδική συγκράτηση. Δεδομένου ότι το νερό είναι ένα φυσικό επαναλαμβανόμενο εγχώριο προϊόν και δεν υπόκειται στις ιδιοτροπίες των ξένων προμηθευτών, δεν υπάρχει καμία ανησυχία ασταθών τιμών, θέματα μεταφοράς, απεργίες παραγωγής, ή άλλα ζητήματα εθνικής ασφάλειας.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ βολική γιατί μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα στις διακυμάνσεις της ζήτησης. Οι πύλες ενός φράγματος μπορούν να ανοίγουν ή να κλείνουν με εντολή, ανάλογα με την καθημερινή χρήση ή τη σταδιακή οικονομική ανάκαμψη στην κοινότητα. Η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας συχνά επιβραδύνεται στη διάρκεια της νύχτας, όταν οι άνθρωποι χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια.

Όταν μια εγκατάσταση λειτουργεί, δεν υπάρχει νερό που σπαταλιέται ή απελευθερώνεται σε μία αλλαγμένη κατάσταση, απλά επιστρέφει σώο να συνεχίσει τον υδρολογικό κύκλο. Η δεξαμενή νερού που προκύπτει από την κατασκευή φράγματος, στο οποίο είναι ουσιαστικά αποθηκευμένη ενέργεια, μπορεί να υποστηρίξει την αλιεία και την κονσερβοποίηση, και παρέχουν διάφορες μορφές αναψυχής με βάση το νερό για τους ντόπιους και τους τουρίστες. Η γη η οποία ανήκει στην υδροηλεκτρική εταιρεία είναι συχνά ανοικτή στο κοινό για πεζοπορία, κυνήγι, και σκι. Ως εκ τούτου, οι υδροηλεκτρικές δεξαμενές συμβάλλουν στις τοπικές οικονομίες. Μια μελέτη από ένα μεσαίου μεγέθους έργο υδροηλεκτρικής ενέργειας στο Ουισκόνσιν έδειξε ότι η ψυχαγωγική αξία για τους κατοίκους και τους επισκέπτες ξεπέρασαν τα 6.500.000 δολάρια ετησίως. Για να μην αναφέρουμε την τόνωση της οικονομίας που παρέχεται από την απασχόληση.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι επίσης πολύ αποτελεσματική και ανέξοδη. Οι μοντέρνοι υδροστρόβιλοι μπορούν να μετατρέψουν μέχρι και το 90% της διαθέσιμης ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι καλύτερες εγκαταστάσεις ορυκτών καυσίμων είναι μόνο περίπου 50% αποτελεσματικές. Στις ΗΠΑ, η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται κατά μέσο όρο για 0,7 σεντ ανά κιλοβατώρα (kWh) . Αυτό είναι περίπου το ένα τρίτο του κόστους της χρήσης ορυκτών καυσίμων ή πυρηνικών και το ένα έκτο του κόστους της χρήσης του φυσικού αερίου, εφ 'όσον οι δαπάνες για την απομάκρυνση του φράγματος και των παγίδων λάσπης δεν περιλαμβάνονται. Η απόδοση θα μπορούσε να αυξηθεί περαιτέρω ανακαινίζοντας τον υδροηλεκτρικό εξοπλισμό. Μια βελτίωση μόνο 1% θα προμηθεύει ηλεκτρική ενέργεια σε επιπλέον 300.000 νοικοκυριά.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει γίνει η κύρια πηγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρέχει περισσότερο από το 97% του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε όλο τον κόσμο. Άλλες πηγές, όπως η ηλιακή, γεωθερμική, αιολική και βιομάζας συμβάλλουν για λιγότερο από το 3% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Στις ΗΠΑ, το 81% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προέρχεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια. Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 20% όλης της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την υδροηλεκτρική. Ορισμένες περιοχές εξαρτώνται από αυτήν περισσότερο από άλλες. Για παράδειγμα,

το 75% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη Νέα Ζηλανδία και πάνω από το 99% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη Νορβηγία προέρχεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Η χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας εμποδίζει το κάψιμο 22 δισ. γαλονιών πετρελαίου ή 120 εκατομμύρια τόνους άνθρακα κάθε χρόνο. Με άλλα λόγια, από την υδροηλεκτρική βιομηχανία του έθνους αποφεύγονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που είναι ισοδύναμο με επιπλέον 67 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα στο δρόμο, 50 τοις εκατό περισσότερα από ό, τι υπάρχουν σήμερα. Τα πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι πειστικά, αλλά υπάρχουν ορισμένα σοβαρά μειονεκτήματα που προκαλεί τους ανθρώπους να επανεξετάσουν το συνολικό όφελος.

Δεδομένου ότι οι πιο εφικτές τοποθεσίες για φράγματα βρίσκονται σε λοφώδεις ή ορεινές περιοχές, τα λάθη που συχνά δημιουργούνται στην τοπογραφία αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για τα φράγματα και ως εκ τούτου η γη κάτω από αυτά για χιλιάδες χρόνια μετά έχει γίνει άχρηστη για την παραγωγή ενέργειας. Στην πραγματικότητα, αποτυχίες φραγμάτων συμβαίνουν τακτικά, λόγω αυτών των συνθηκών του εδάφους, και οι επιπτώσεις είναι καταστροφικές.

Όταν η δεξαμενή ενός νέου φράγματος πλημμυρίζει στην ύπαιθρο, οι άνθρωποι που ζουν στην περιοχή πρέπει να μετακινηθούν και να παραιτηθούν από τον πρώην τρόπο ζωής τους, προκειμένου να ανοίξει ο δρόμος για το έργο. Αυτό είναι πολύ αγχωτικό και συχνά αμφιλεγόμενο, ειδικά αν μια κοινότητα έχει διατηρήσει ένα συγκεκριμένο τρόπο ζωής στην ίδια γη για πολλές γενιές.

Τέτοια είναι η περίπτωση στη Χιλή, όπου οι ιθαγενείς Pehuenche σήμερα αγωνίζονται για την κατασκευή του 570MW, ΗΠΑ 500,000,000 δολαρίων φράγματος του Ralco στον ποταμό Biobio. Οκτώ οικογένειες συνεχίζουν να αρνούνται να διαπραγματευτούν τις ανταλλαγές γης με την Endesa (την εταιρεία κοινής ωφελείας) και επιθυμούν να παραμείνουν στο εδάφη τους. Αν το σχέδιο πετύχει, μια δεξαμενή 13 τετραγωνικών μιλίων θα πλημμυρίσει τη γη και θα αναγκάσει 600 ανθρώπους να φύγουν από τα σπίτια τους, από τους οποίους 400 είναι Pehuenche, των οποίων το πατρογονικό σπίτι είναι το άνω Biobio. Συνολικά πέντε φράγματα έχουν προγραμματιστεί, τα οποία θα αναγκάσουν τη μετεγκατάσταση των 1.000 Pehuenches, το 20% των επιζώντων του αρχαίου πολιτισμού.

Η κατασκευή ενός φράγματος δεν επηρεάζει μόνο τους ανθρώπους σε κοντινή απόσταση, μπορεί να μεταβάλλει σημαντικά και τις φυσικές λειτουργίες ενός ποταμού. Σύμφωνα με το American Rivers, μια περιβαλλοντική οργάνωση, «με την εκτροπή νερού για ενέργεια, τα φράγματα παίρνουν το νερό που απαιτείται για την υγιή ροή στα οικοσυστήματα. Ορισμένες λωρίδες κάτω από φράγματα είναι συχνά εντελώς αφυδατωμένες». Αυτό δεν φαινόταν σαν ένα σημαντικό πρόβλημα μέχρι που μελετήθηκαν τα ζωικά είδη. Τα πουλιά που μεταναστεύουν σε ένα συγκεκριμένο παρόχθιο περιβάλλον για πολλές γενιές δεν έχουν πλέον αρκετά έντομα να κυνηγήσουν όταν η στάθμη του νερού πέφτει. Εάν έχουν λίγες εναλλακτικές μετανάστευσης, αυτό μπορεί να σημαίνει τη διακινδύνευση των ειδών που είχαν ακμάσει κάποτε. Είδη ψαριών, όπως ο σολομός εξαρτώνται από την σταθερή ροή για να τους πηγαίνει προς τα κάτω ο ποταμός στην αρχή της ζωής τους και να τους καθοδηγήσει προς τα πάνω χρόνια αργότερα για να αναπαραχθούν.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι καλύτερη για το περιβάλλον από τις ορυκτές πηγές καυσίμων, αλλά το μέλλον της είναι τόσο αβέβαιο που μπορεί να χρειαστεί να επικεντρωθεί σε άλλες εναλλακτικές λύσεις. Σύμφωνα με την Εθνική Ένωση Υδροηλεκτρικής, «αυξάνεται διαρκώς ο αριθμός των νόμων, των κανονισμών, των πολιτικών οργανισμών και δικαστικών αποφάσεων που έχουν κάνει την διαδικασία υδροηλεκτρικής αδειοδότησης δαπανηρή, αυθαίρετη και χρονοβόρα. Ένα τυπικό έργο υδροηλεκτρικής ενέργειας διαρκεί 8 έως 10 χρόνια για να βρει το δρόμο του μέσα από το διαδικασία αδειοδότησης. Συγκριτικά, με ένα έργο για το καύσιμο φυσικό αέριο, το οποίο εκπέμπει σημαντική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που μπορεί τυπικά να τοποθετηθεί και να λάβει άδεια σε 18 μήνες. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το αβέβαιο κλίμα, λίγοι επενδυτές είναι διατεθειμένοι να διακινδυνεύσουν τα κεφάλαιά τους σε νέα ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, ορισμένοι ιδιοκτήτες και διαχειριστές έχουν συλλογιστεί την εγκατάλειψη των έργων τους, αντί να προχωρήσουν με την επανααδειοδότηση.

Σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια που λαμβάνουν περισσότερο έπαινο παρά κριτική, η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ένα ιδιαίτερα αμφιλεγόμενο θέμα. Αν και έχει πολλά πλεονεκτήματα, είναι όπως και οι τόσες άλλες πηγές ενέργειας, αν αγνοούμε τις προειδοποιήσεις των επικριτών, μπορεί να συνειδητοποιήσουμε πλήρως τις επιπτώσεις της στους φυσικούς μας πόρους πριν να είναι πολύ αργά. [24]

### 3.4 Η κυματική ενέργεια και οι δυνατότητες της

Η κυματική ενέργεια είναι μια σχετικά άγνωστη λύση ως μια καθαρή πηγή ενέργειας, αλλά η αδιάλειπτη και συνεχής πηγή της ενέργειας έχει τη δυνατότητα να είναι ανάμεσα στους πιο ισχυρούς προμηθευτές των μελλοντικών αναγκών του κόσμου, αν μπορούν να ξεπεραστούν κάποια εμπόδια. Ένα σημαντικό πρόβλημα με την πιο προηγμένη τεχνολογία των κυμάτων είναι ότι τα κύματα έχουν πάρα πολλή ενέργεια. Η Βρετανία διαθέτει 35 από τις σχεδόν 130 αναπτυξιακές συσκευές στον κόσμο για την κυματική ενέργεια και το παλιρροιακό ρεύμα, οι οποίες περιλαμβάνουν το Pelamis, το Aquamarine Power τα Marine Current Turbines.

Η ενέργεια των κυμάτων θεωρείται γενικά ότι είναι η πιο συγκεντρωμένη και λιγότερο μεταβλητή μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Είναι η υψηλή πυκνότητα ισχύος της ενέργειας των κυμάτων, που δείχνει ότι έχει την ικανότητα να γίνει η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με το χαμηλότερο κόστος. Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας εκτιμά ότι περίπου 2 terawatts (2 εκατομμύρια μεγαβάτ), περίπου διπλάσια από την τρέχουσα παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να παραχθεί από τους ωκεανούς μέσω της κυματικής ενέργειας. Υπολογίζεται ότι 1 εκατομμύριο γιγαβατώρες ενέργειας από τα κύματα πλήττει τις ακτές της Αυστραλίας ετησίως και ότι το 25% της τρέχουσας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου θα μπορούσε να παρέχεται από τη συγκομιδή των κυματικών πόρων του.

Η κυματική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή, μηδενικών εκπομπών, ενέργειας. Όπως το νερό είναι περίπου 800 φορές πυκνότερο από τον αέρα, η ενεργειακή πυκνότητα των κυμάτων υπερβαίνει εκείνη του ανέμου πολλές φορές, αυξάνοντας δραματικά την ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται. Τα κύματα μπορούν να προβλεφθούν μέρες πριν, κάνοντας εύκολο το ταίριασμα προσφοράς και ζήτησης. Το Marine Foresight Panel του Ηνωμένου Βασιλείου εκτιμά ότι μόλις το 0,1% της διαθέσιμης θαλάσσιας ενέργειας θα μπορούσε να προμηθεύσει πέντε φορές την παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια. [25]

#### 3.4.1 Δυνατότητες της κυματικής ενέργειας και της έρευνας

Σύμφωνα με τον Andy Baldock, ενός αναλυτή της κυματικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου από την εταιρεία μηχανικών Black & Veatch, «υπάρχει μια αυξανόμενη αίσθηση ότι η τεχνολογία μπορεί να είναι επιτυχής». Η έρευνα σχετικά με την ενέργεια των κυμάτων άρχισε περίπου 20 χρόνια πριν, λέει, από υψηλού πληθυσμού, διψασμένα για ενέργεια, μέρη όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ευρώπη, που έχουν λίγες φυσικές πηγές ενέργειας. Η πρόοδος συνεχίστηκε όπως το κύμα, με εκρήξεις και νηνεμίες, μέχρι τους πρόσφατους χρόνους. Όταν η πιο επείγουσα ώθηση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τροφοδοτήθηκε από τη χρηματοδότηση της έρευνας και της ανάπτυξης. «Υπάρχει ένας εκπληκτικός αριθμός των συσκευών [στην τεχνολογία των κυμάτων] εκεί έξω, με αρκετές χιλιάδες πατέντες. Πάνω από 100 ιδέες έχουν επιδιωχθεί ενεργά, εκ των οποίων σε περίπου 50 από αυτές έχει πραγματοποιηθεί ένα εύλογο ποσό της εργασίας και περίπου 20 εξακολουθούν να επιδιώκονται πολύ σοβαρά. Τουλάχιστον δέκα σχεδιάζουν να κάνουν σχεδόν πλήρους κλίμακας πρωτότυπα», λέει ο Baldock.

Τον *Φεβρουάριο του 2007*, η ανάπτυξη του πρώτου υποθαλάσσιου σταθμού εμπορικής εκμετάλλευσης των κυμάτων από μια σκοτσέζικη εταιρεία έκανε ένα ακόμη σημαντικό βήμα προς τα εμπρός, με την είδηση ότι εταιρεία κυματικής ενέργειας της Σκωτίας, AWS Ocean Energy Ltd., που εδρεύει στο Alness, Ross-shire, εξασφάλισε 2.128.000 λίρες χρηματοδότηση από την κυβέρνηση της Σκωτίας. Τα κεφάλαια θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση του Archimedes Wave Swing της AWS, μια από τις λίγες δοκιμασμένες τεχνολογίες σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή καθαρής και ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας από τα κύματα του ωκεανού. Η υποστήριξη για την AWS είναι μέρος του πακέτου στήριξης των 13.000.000 λιρών για τους σκοτσέζους προγραμματιστές θαλάσσιας ενέργειας που χρηματοδοτείται από την κυβέρνηση της Σκωτίας, η οποία αποσκοπεί στη δημιουργία της Σκωτίας ως παγκόσμιο ηγέτη στον τομέα της θαλάσσιας ενέργειας.

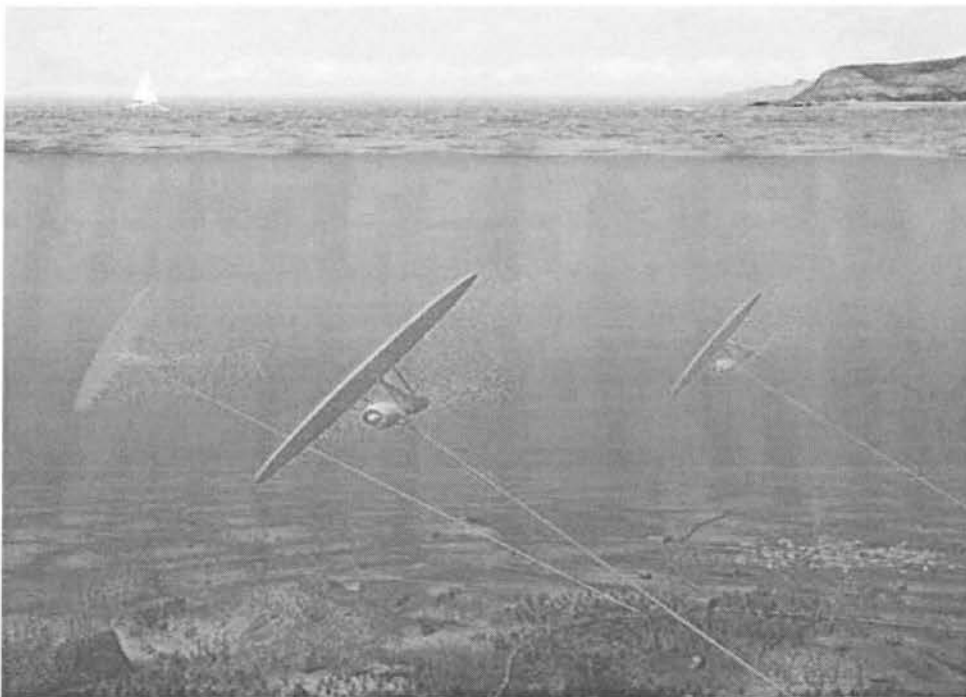
Τον *Σεπτέμβριο του 2008*, περίπου 100 μικρές επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο εργάζονται για τη μετατροπή της ενέργειας της θάλασσας σε ηλεκτρική ενέργεια. Πολλοί λειτουργούν στην Ευρώπη, όπου οι κυβερνήσεις έχουν διοχετεύσει τα χρήματα στη βιομηχανία. Επιχειρήσεις και κυβερνήσεις στοιχηματίζουν ότι με την πάροδο του χρόνου, το κόστος θα μειωθεί. Τη δεδομένη στιγμή, όμως, λίγη ηλεκτρική



ενέργεια παράγεται από τον ωκεανό, εκτός από διάσπαρτα σημεία ελέγχου σε όλο τον κόσμο. Παρά τα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν, πολλοί βλέπουν τις δυνατότητες των κυμάτων, πολύ μεγαλύτερες από της αιολικής ενέργειας.

Τον *Ιανουάριο του 2009*, η κυβέρνηση της Σκωτίας ανακοίνωσε ότι ένας από τους μεγαλύτερους σταθμούς κυμάτων του κόσμου θα κατασκευαστεί από το Isle of Lewis στα Western Isles, δημιουργώντας έως 70 θέσεις εργασίας και αναβαθμίζοντας τη Σκωτία ως επικεφαλής στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι υπουργοί έδωσαν τη συγκατάθεσή τους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να λειτουργήσει μια κυματική φάρμα με χωρητικότητα 4MW στο Siadar, Isle of Lewis, Western Isles.

Τον *Οκτώβριο του 2009*, αναπτύχθηκε από την σουηδική εταιρεία Saab μια νέα ιδέα για την υποθαλάσσια κυματική ενέργεια, χρησιμοποιώντας μια απλή στριφογυριστή 7 τόνων τουρμπίνα σε σχήμα χαρταετού. Το σύστημα θα μπορούσε να δημιουργήσει 18 τεραβατώρες ενέργειας ετησίως, αρκετά για να παρέχουν με αξιόπιστα πράσινη ενέργεια περίπου 4 εκατομμύρια βρετανικά νοικοκυριά κάθε χρόνο. Ο «χαρταετός» στριφογυρίζει σε ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο με σχήμα οκτώ που αυξάνει κατά δέκα φορές την ταχύτητα του ωκεανού.



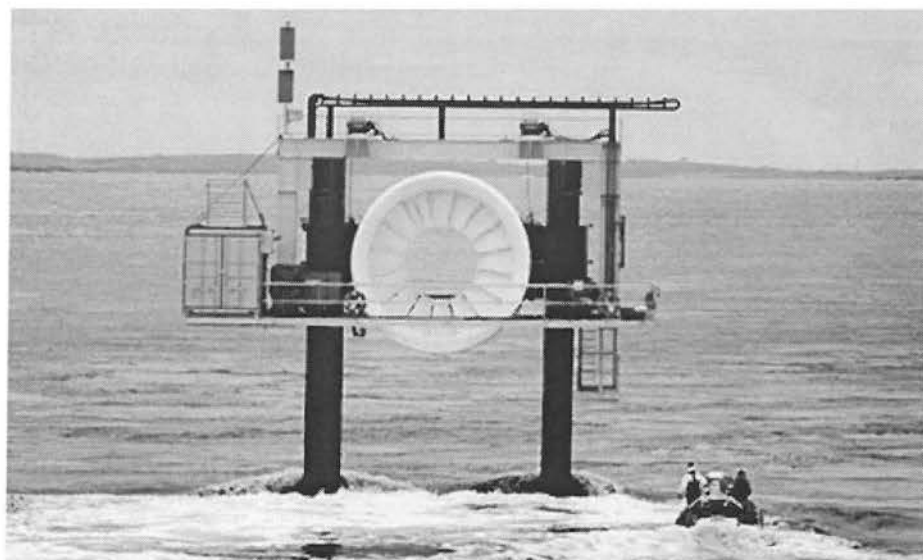
Εικ. 36: Οι υποθαλάσσιοι «χαρταετοί» [25]

Τον *Σεπτέμβριο του 2011*, σύμφωνα με μια μελέτη από την Carbon Trust, μέχρι 240GW της δυναμικότητας της θαλάσσιας ενέργειας θα μπορούσαν να εγκατασταθούν σε όλο τον κόσμο μέχρι το 2050. Από αυτά, το 75% θα μπορούσε να προέρχεται από κυματική, και το υπόλοιπο από παλιρροϊκή ενέργεια. Η συνολική αγορά και για τα δύο, κυματική και παλιρροϊκή ενέργεια, θα μπορούσε με ένα υψηλού ποσού σενάριο να φτάσει μέχρι 460 000 000 000 λίρες (740 δισ. δολ.) κατά τις επόμενες δεκαετίες. Αυτό εξηγεί γιατί μέχρι εκατό εταιρείες κατασκευάζουν συσκευές σε αυτόν τον τομέα. Ωστόσο, η μελέτη προειδοποιεί ότι μόνο μέτρια ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί μέχρι το τέλος της τρέχουσας δεκαετίας. Πράγματι, η αβεβαιότητα παραμένει υψηλή κατά τα διάφορα σχέδια και τις κυβερνητικές πολιτικές.

Τον *Φεβρουάριο του 2012*, οι αναλυτές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πιστεύουν ότι υπάρχει αρκετή ενέργεια στα κύματα του ωκεανού να παρέχουν έως και δύο terawatts (TW) της ηλεκτρικής ενέργειας. Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας εκτιμά ότι η κυματική ενέργεια θα μπορούσε να παράγει τόση ενέργεια σε ένα έτος όση δύο χιλιάδες εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακα, και πυρηνικά. Μια έκθεση του Αμερικανικού Τμήματος Ενέργειας δείχνει επίσης ότι η δύναμη του νερού, συμπεριλαμβανομένης της υδροηλεκτρικής, κυματικής ενέργειας, παλιρροϊκής, και άλλων δυνάμεων των υδάτινων πόρων, έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν το 15% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας μέχρι το 2030.

Τον *Αύγουστο του 2012*, τα Νησιά Orkney, ηγέτης στον τομέα της πράσινης ενέργειας, προκηρύσσουν διαγωνισμό κύματος.

Στα νησιά Orkney της Σκωτίας υπάρχουν εκατοντάδες μικρές ανεμογεννήτριες διάσπαρτες σε όλα τα νησιά, και πάνω από μια ντουζίνα μεγάλα εμπορικά μηχανήματα. Μια μέρα, καθώς ο άνεμος φυσούσε με 45 χιλιόμετρα την ώρα, παρείχαν ρεύμα στα σκωτσέζικα ηπειρωτικά σπίτια με πλεόνασμα ενέργειας, τροφοδοτώντας το δίκτυο με περισσότερα από 23 MW ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικ. 37: Μια παλιρροιακή τουρμπίνα στα νερά του νησιού Eday των Orkney [25]

Τα Orkney, αθόρυβα αλλά πολύ σκόπιμα, έχουν γίνει αναμφισβήτητα η πιο αυτάρκης κοινότητα των Βρετανικών Νήσων για την ενέργειά της, και είναι το σπίτι για πολλά από τα πιο προηγμένα μηχανήματα κυμάτων και παλιρροιών του κόσμου.

Τέσσερις θαλάσσιες ενεργειακές εταιρείες έχουν εισάγει τις τροφοδοτικές συσκευές τους, κυμάτων και παλίρροιας, για το βραβείο Saltire, αξίας 10 εκατ. λιρών. Για να κερδίσουν το διαγωνισμό, τα μηχανήματα αυτά πρέπει να παράγουν τουλάχιστον 100 γιγαβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας για συνεχή περίοδο δύο ετών από τώρα [2012] μέχρι και το 2017. Μέχρι στιγμής, μόνο τέσσερις συσκευές, παλιρροϊκής και κυματικής ενέργειας, που δοκιμάζονται έχουν παράγει ηλεκτρική ενέργεια για συνεχή χρονικά διαστήματα. Ακόμη και τότε, αυτό ήταν για κάποιες μέρες, όχι μήνες. Υπάρχει σκεπτικισμός στους κόλπους της βιομηχανίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σχετικά με τον σκοπό του βραβείου Saltire: το κόστος ανάληψης των καθηκόντων τους υπερβαίνουν κατά πολύ την αξία του.

Ο πραγματικός στόχος για τη βιομηχανία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι προφανής - να αξιοποιήσουν την τεράστια ενέργεια της θάλασσας, και να αξιοποιήσουν την παγκόσμια αγορά που αναμένεται να είναι αξίας £ 1tn - ότι η ύπαρξή τους αλλάζει λίγα. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι γύρω από τα νησιά της Σκωτίας, η παλιρροϊκή και η κυματική ενέργεια θα μπορούσε να παράγει 38.500 γιγαβατώρες ετησίως, που ισοδυναμεί με τρεις σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με

καύση άνθρακα τόσο μεγάλη όσο του Drax στο βόρειο Yorkshire, το μεγαλύτερο του Ηνωμένου Βασιλείου. [25]

### **3.4.2 Η κυματική ενέργεια σε όλο τον κόσμο**

*Gujarat, Ινδία, Φεβρουάριος 2012:* Η Atlantis Resources Corp. σχεδιάζει μια παλιρροϊκή φάρμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 50 MW με τη δυνατότητα να αυξηθεί σε πάνω από 200 MW. Όταν ολοκληρωθεί, η φάρμα θα είναι η πρώτη στο είδος της, όχι μόνο στο εσωτερικό της χώρας, αλλά και στην Ασία. Η διάταξη στο Gujarat θα αποτελείται από 50 ανεμογεννήτριες ισχύος 1 MW η κάθε μία. Η Atlantis αποφάσισε να δημιουργήσει μια φάρμα στο Gujarat, λόγω του ανεκμετάλλευτου αποθέματος της παλιρροϊκής ενέργειας στον Κόλπο του Kutch και τον Κόλπο του Kambhat. Ο Κόλπος του Kutch εκτείνεται σε μια εντυπωσιακή περιοχή 7.300 τ. χλμ. και έχει μέσο βάθος 30 μέτρα.

*Texas, ΗΠΑ, Ιούνιος 2010:* Τα κύματα του ωκεανού στα ανοικτά των ακτών του Freeport θα δημιουργήσουν σύντομα καθαρή ηλεκτρική ενέργεια και γλυκό νερό μέσα από μια εγκατάσταση κυματικής ενέργειας που θα αναπτυχθεί από την Independent Natural Resources Inc. Μία μελέτη διάρκειας τριών μηνών, το 2007, έδειξε ότι το εργοστάσιο θα μπορούσε να μετατρέψει τα ωκεάνια κύματα σε ηλεκτρική ενέργεια όσο πάνω από δύο φορές από άλλες τεχνολογίες κυμάτων έξω στην αγορά σήμερα. Βάπτισαν την αντλία Seadog, η εγκατάσταση θα χρησιμοποιήσει 18 αντλίες κυματικής ενέργειας για να αντλούν νερό που θα γυρίζει ένα μικρό ηλεκτρικό στρόβιλο για να τροφοδοτήσει ένα εργοστάσιο, 3.000-γαλονιών ανά ημέρα, αφαλάτωσης. Η Renew Blue Inc. θυγατρική της INRI, σχεδιάζει να εμφιαλώνει το αφαλατωμένο νερό χρησιμοποιώντας πλαστικό με βάση το καλαμπόκι.

*Oregon, ΗΠΑ, Μάρτιος 2011:* Η Columbia Power αναπτύσσει τεχνολογίες που θα παράγουν ενέργεια μεταξύ ενός και τριών μιλίων από την ακτή του Puget Sound στην πολιτεία της Washington, όπου η διαθέσιμη ενέργεια των κυμάτων είναι μεγαλύτερη. Πιστεύεται ότι τα άμεσα συστήματα κίνησης, που αποφεύγουν τη χρήση πεπιεσμένου αέρα και υδραυλικών σταδίων μετατροπής, είναι πιο αποτελεσματικά, πιο αξιόπιστα και πιο εύκολα να διατηρηθούν, και ως εκ τούτου το πιο πιθανό να προσφέρουν το χαμηλότερο κόστος ενέργειας. Αφού ολοκλήρωσε τις δοκιμές της δεξαμενής, η Columbia Power ανέπτυξε μιας ενδιάμεσης κλίμακας πρωτότυπο κοντά στο Seattle

και την κωδική ονομασία SeaRay. Η συσκευή είναι ρυθμισμένη για το περιβάλλον Puget Sound και ελέγχεται εξ αποστάσεως από του Corvallis του Oregon.

*California, ΗΠΑ, Μάιος 2011:* Η Pacific Gas & Electric, η μεγάλη μονάδα της Βόρειας Καλιφόρνιας, έχει υπογράψει μια συμφωνία αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με την Finavera Renewables για 2 μεγαβάτ [MW] ηλεκτρικής ενέργειας που θα προέρχονται από την εκμετάλλευση μιας κυματικής φάρμας, την οποία η Finavera θα κατασκευάσει 2,5 μίλια ανοικτά των ακτών της California κοντά στο Humboldt County. Στην ιδανική περίπτωση, η φάρμα κυμάτων θα ξεκινήσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2012. Θα αντισταθμίσουν 245 τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, και αν πετύχει, η Finavera θα επεκτείνει τη φάρμα κυμάτων σε 100 μεγαβάτ.

*Maine, ΗΠΑ, Σεπτέμβριος 2012:* Για πρώτη φορά στο δυτικό ημισφαίριο, έρρεε ρεύμα από μια τουρμπίνα με βάση στον ωκεανό στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Η Ocean Renewable Power Company κέρδισε το πρώτο συμβόλαιο με την Maine Public Utilities Commission να παρέχει έως 5 μεγαβάτ της παλιρροϊκής ενέργειας. Η πρώτη μονάδα γεννήτριας τουρμπίνας θα παράγει 180 κιλοβάτ σε ώρες αιχμής, αρκετή για να τροφοδοτήσει 25-30 σπίτια.

*Κίνα, Απρίλιος 2010:* Η Ισραηλινή εταιρεία θαλάσσιων ανανεώσιμων πηγών, SDE Energy, ανακοίνωσε ότι θα ολοκληρώσει την κατασκευή ενός θαλάσσιου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 1MW στην Κίνα από το τέλος του Απριλίου. Σύμφωνα με την SDE, η κυματική ενέργεια θα μπορούσε δυνητικά να καλύψει τέσσερις φορές περισσότερη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο από την αιολική ενέργεια. Αυτή η μονάδα παραγωγής ενέργειας είναι το πρώτο έργο 10GW θαλάσσιας ενέργειας για την ακτογραμμή της Κίνας.

*Ταϊβάν, Αύγουστος 2007:* Το Kuroshio είναι το δεύτερο μεγαλύτερο θερμό ρεύμα του κόσμου, μετά το ρεύμα του Κόλπου στον Ατλαντικό Ωκεανό. Το Kuroshio είναι γνωστό για την έντονη, γρήγορη ροή του καθώς περνά θάλασσες κοντά στις Φιλιππίνες και την Ταϊβάν πριν κυλήσει βορειοανατολικά προς την Ιαπωνία. Η Ταϊβάν ελπίζει να χτίσει ένα εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρησιμοποιεί ένα ισχυρό ρεύμα ανοικτά της ανατολικής ακτής της για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η μονάδα είναι ακόμη στο στάδιο του σχεδιασμού, αλλά μόλις κατασκευαστεί, θα είναι το πρώτο εργοστάσιο στην Ασία που θα κάνει χρήση του ρεύματος Kuroshio

που ρέει κατά μήκος του Ειρηνικού Ωκεανού στα ανατολικά της χώρας. Μπορεί να γίνει η Ταϊβάν το μεγαλύτερο περιουσιακό στοιχείο από την άποψη μιας νέας πηγής ενέργειας, πολύ περισσότερο από ό, τι η ηλιακή ή αιολική ενέργεια. (Η Ταϊβάν εισάγει το 98% των καυσίμων του και αναζητά νέες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της αιολικής ενέργειας.)

*Αυστραλία:* Παρόλο που πρέπει να ανταγωνιστεί τον φθηνό αυστραλιανό άνθρακα, η κυματική ενέργεια θεωρείται ως η πιο πολλά υποσχόμενη πηγή καθαρής ενέργειας για το μέλλον της Αυστραλίας. Πολλές επιχειρήσεις βρίσκονται εκεί τώρα για να αξιοποιήσουν τα άφθονα κύματα γύρω από αυτό το πολύ ξηρό χώρα. Επίσης, η αφαλάτωση του νερού είναι ένα πιθανό υποπροϊόν αυτών των εργασιών. Η κυματική ενέργεια μπορεί θεωρητικά να προμηθεύσει έως και το ένα τρίτο των ενεργειακών αναγκών της Αυστραλίας.

- *Αύγουστος 2013:* Ένα νέο έργο στην Αυστραλία έχει ως στόχο να δημιουργήσει γλυκό νερό με την αξιοποίηση της κινητικής δύναμης των κυμάτων του ωκεανού. Διευθύνεται από την εταιρεία κυματικής ενέργειας, που εδρεύει στο Perth, Carnegie σε συνεργασία με την Water Corporation, η μονάδα θα χρησιμοποιεί τη δική της τεχνολογία κυματικής ενέργειας, CETO της Carnegie, για να δημιουργήσει αντίστροφης όσμωσης αφαλάτωση. Η αντίστροφης όσμωσης αφαλάτωση χρησιμοποιήθηκε για αρκετές δεκαετίες και λειτουργεί αρκετά απλά: η υψηλή πίεση χρησιμοποιείται για να αναγκάσει το αλμυρό νερό μέσα από μια μεμβράνη, παράγοντας πόσιμο γλυκό νερό στο άλλο άκρο. Παραδοσιακά, η πίεση παρέχεται με ηλεκτρικές αντλίες που κινούνται με ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα εκπομπές CO<sub>2</sub> αλλά και πολλά σημεία απώλειας ενέργειας. Όμως, αντί να βασίζεται σε αυτές τις ηλεκτρικές αντλίες, η Carnegie χρησιμοποιεί την τελευταία λέξη της τεχνολογίας για την παροχή αυτής της πίεσης με την κυματική ενέργεια. Μερική από αυτήν την υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται επίσης σε ηλεκτρική ενέργεια, όπως απαιτείται. Το σύστημα που προκύπτει όχι μόνο μειώνει όλες τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, επίσης μειώνει σημαντικά τα σημεία όπου η ενέργεια μπορεί να χαθεί.

*Πορτογαλία:* Η Πορτογαλία σχεδιάζει να παράγει το 45% της ενέργειάς της από την ηλιακή, την αιολική και την κυματική ενέργεια από το 2010. Μια πορτογαλική ενεργειακή εταιρεία με την επωνυμία Enersis χρηματοδοτεί ένα εμπορικό έργο

κυματικής ενέργειας στη Βόρεια Πορτογαλία. Η κατασκευή του ξεκίνησε στα τέλη του 2006. Το έργο θα χρησιμοποιήσει την τεχνολογία γεννήτριας κύματος Pelamis (που κατασκευάζεται από την Ocean Power Delivery) για την αξιοποίηση της ενέργειας από τον ωκεανό. Μετά από δύο δεκαετίες έρευνας και δοκιμών στο Lisbon Technical Institute [Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Λισαβόνας], το πρώτο στάδιο αυτού του έργου της ενέργειας των ωκεανών έχει ως στόχο να παράγει 2,25 μεγαβάτ και να τροφοδοτεί σπίτια μέσω του κρατικού συστήματος ηλεκτρικού δικτύου της χώρας. Η Ocean Power Delivery θεωρείται ότι είναι η κορυφαία εταιρεία κυματικής ενέργειας του κόσμου.



Εικ. 38: Μηχανές Pelamis [25]

- *Μάρτιος 2009*: Οι τρεις μηχανές Relamis των 750 κιλοβάτ που είχαν εγκατασταθεί στα ανοικτά των ακτών της Πορτογαλίας την προηγούμενη χρονιά λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό όπως αναμένεται πριν τραβηχτούν στην ξηρά, τον Νοέμβριο. Είναι μια νέα τεχνολογία, έτσι τα προβλήματα και οι απρόβλεπτες δυσκολίες αναμένονται. Ακόμα, η ενέργεια τροφοδοτούσε στο δίκτυο. Κατά καιρούς, οι ατομικές συσκευές παρήγαγαν περίπου 200 κιλοβάτ.
- *Δεκέμβριος 2010*: Οι επιστήμονες ανησυχούν για την επίδραση της ενέργειας των ωκεανών στη μετανάστευση των θαλάσσιων πλασμάτων. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι όλα αυτά τα θαλάσσια πλάσματα και άλλα χρησιμοποιούν τα μαγνητικά πεδία της Γης για να ταξιδέψουν σε μεγάλες αποστάσεις. [25]



## ΠΗΓΕΣ

- [1] <http://www.oceanenergycouncil.com/index.php/Wave-Energy/Wave-Energy.html>
- [2] <http://energiadelasolas-nym.lacoctelera.net/post/2010/08/27/energia-las-olas>
- [3] <http://www.darvill.clara.net/altenerg/wave.htm>
- [4] <http://www.alternative-energy-news.info/technology/hydro/wave-power/>
- [5] <http://www.pelamiswave.com/wave-power>
- [6] <http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-das-ondas.htm>
- [7] <http://www.hi-energy.org.uk/Renewables/Wave-Energy.htm>
- [8] [http://www.waveplam.eu/files/downloads/Presentation\\_scenarios\\_waveplam.pdf](http://www.waveplam.eu/files/downloads/Presentation_scenarios_waveplam.pdf)
- [9] <http://people.bath.ac.uk/mh391/WavePower/osprey.html>
- [10] [https://www.google.com/search?q=wave+power&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=mW89U5PqE-bmywPJ04KoCQ&ved=0CAgQ\\_AUoAQ&biw=1680&bih=882](https://www.google.com/search?q=wave+power&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=mW89U5PqE-bmywPJ04KoCQ&ved=0CAgQ_AUoAQ&biw=1680&bih=882)
- [11] <http://aw-energy.com/about-waveroller/waveroller-concept>
- [12] [http://www.wavedragon.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4&Itemid=35](http://www.wavedragon.net/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=35)
- [13] <http://www.oceanpowertechnologies.com/products.html>
- [14] [http://mdcleanenergy.org/find/spotlight\\_profiles/wavebob](http://mdcleanenergy.org/find/spotlight_profiles/wavebob)
- [15] <http://www.caddet-re.org/assets/199art3.pdf>
- [16] <http://www.caddet-re.org/html/496art3.htm>
- [17] <http://www.brighthub.com/environment/renewable-energy/articles/40548.aspx>
- [18] <http://www.altenergy.org/renewables/other.html>
- [19] <https://www.google.com/search?newwindow=1&biw=1680&bih=882&tbm=isch&sa=1&q=Ocean+Thermal+Energy+Conversion+%28OTEC>

[%29+hybrid+cycle&oq=Ocean+Thermal+Energy+Conversion+%28OTEC](#)  
[%29+hybrid+cycle&gs\\_l=img.3...346077.346077.0.346912.1.1.0.0.0.332.332.3-](#)  
[1.1.0...0...1c.1.45.img..1.0.0.a0JE5NCgTh4#imgdii=](#)

[20] [https://www.google.com/search?newwindow=1&biw=1680&bih=925&tbm=isch&sa=1&q=hot+fusion+energy&oq=hot+fusion+energy&gs\\_l=img.3...286.3025.0.3351.7.7.0.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.1.45.img..7.0.0.IcK7k4t5adY#facrc=\\_&imgdii=\\_&imgcr=yLlbRjgDhJouZM%253A%3BVHt4o-j9GhbfMM%3Bhttp%253A%252F%252Fcdn.energytribune.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fnuclear\\_fusion.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.energytribune.com%252F982%252Feuropes-fusion-hype-going-hiper%3B400%3B323](https://www.google.com/search?newwindow=1&biw=1680&bih=925&tbm=isch&sa=1&q=hot+fusion+energy&oq=hot+fusion+energy&gs_l=img.3...286.3025.0.3351.7.7.0.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.1.45.img..7.0.0.IcK7k4t5adY#facrc=_&imgdii=_&imgcr=yLlbRjgDhJouZM%253A%3BVHt4o-j9GhbfMM%3Bhttp%253A%252F%252Fcdn.energytribune.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fnuclear_fusion.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.energytribune.com%252F982%252Feuropes-fusion-hype-going-hiper%3B400%3B323)

[21] <http://www.flow3d.com/apps/energy/coastal-protection-wave-energy.html>

[22] <http://aquastructures.no/en/aquasim/>

[23] <http://www.environmental-expert.com/software/prowave-software-187024>

[24] <http://www.altenergy.org/renewables/hydroelectric.html>

[25] <http://www.thinkglobalgreen.org/WAVEPOWER.html>