



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΩΚΕΑΝΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



ΖΑΡΟΥΤΙΕΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΑΜ: 6958

ΣΟΛΩΜΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΑΜ:6742

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κυματική ενέργεια, η οποία προκαλείται από την κίνηση των κυμάτων λόγω του ανέμου, αποτελεί μία σχετικά χαμηλή εκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας. Ειδικότερα, σε περιοχές όπου οι εντάσεις των ανέμων είναι πάρα πολύ υψηλές και τα κύματα είναι απεριόριστα, η κυματική ενέργεια είναι ακόμη υψηλότερη και χρήζει εκμετάλλευσης. Οι τεχνολογίες μετατροπής της κυματικής ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να μετασχηματίζουν την ενέργεια που μπορούν να αποδώσουν τα κύματα, σε μία άλλη μορφή ενέργειας, όπως η ηλεκτρική. Επομένως, παρά το υψηλό κόστος εγκατάστασης και επένδυσης σε αυτού του είδους τις τεχνολογίες, έχουν προταθεί αρκετές από αυτές, ενώ η λειτουργία πολλών εξ' αυτών είναι ακόμη υπό εξέταση. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση της χρήσης της ωκεάνιας ενέργειας και των αντίστοιχων τεχνολογιών, στα πλαίσια της προσπάθειας υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	IV
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	VI
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	VI
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2 Υπάρχουσες τεχνολογίες	2
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	6
2.1 Γενικά	6
2.2 Τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	6
2.2.1 Ηλιακή ενέργεια	6
2.2.1.1 Οφέλη της ηλιακής ενέργειας.....	6
2.2.1.2 Περιορισμοί στην χρήση της ηλιακής ενέργειας.....	6
2.2.2 Αιολική ενέργεια.....	7
2.2.2.1 Οφέλη της αιολικής ενέργειας.....	7
2.2.2.2 Περιορισμοί στην χρήση της αιολικής ενέργειας.....	8
2.2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια	8
2.2.3.1 Οφέλη της υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	8
2.2.3.2 Περιορισμοί στην χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	8
2.2.4 Γεωθερμία.....	9
2.2.4.1 Οφέλη χρήσης γεωθερμίας	9
2.2.4.2 Περιορισμοί στην χρήση της γεωθερμικής ενέργειας	9
2.2.5 Ενέργεια Ωκεανών	9
2.2.5.1 Οφέλη της ενέργειας των ωκεανών	10
2.2.5.2 Περιορισμοί στην χρήση της ενέργειας των ωκεανών	10
2.2.6 Υδρογόνο.....	11
2.2.6.1 Οφέλη της ενέργειας του υδρογόνου.....	11
2.2.6.2 Περιορισμοί στην χρήση της ενέργειας του υδρογόνου.....	11
2.2.7 Βιομάζα.....	11
2.2.7.1 Οφέλη από τη χρήση της βιομάζας	11
2.2.7.2 Τρέχοντες περιορισμοί από τη ρήση της βιομάζας	12
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 -ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ – ΩΚΕΑΝΩΝ	13
3.1 Ενέργεια από τα Κύματα	14
3.1.1 Ευρωπαϊκός Χάρτης Πόρων	16
3.1.2 Σχεδιασμός & Προγραμματισμός	20
3.1.3 Μελέτη περιπτώσεων.....	22
3.1.4 Αρχή λειτουργίας.....	22
3.1.5 Τεχνολογία κυματικής ενέργειας.....	23
3.1.6 Προετοιμασία για ενεργειακά αγροκτήματα πρώτου κύματος	23
3.2 Παλιρροιακό ρεύμα - Μια 100% προβλέψιμη καθαρή πηγή ενέργειας.....	23
3.2.1 Ιστορική Αναδρομή & Εξέλιξη	23
3.2.2 Ενεργειακός πόρος & Θέσεις	26
3.2.3 Ευρωπαϊκός Χάρτης του Πόρου.....	28

3.2.4	Τύποι τεχνολογίας	29
3.2.5	Περιπτώσεις Εφαρμογής	30
3.2.6	Αρχή λειτουργίας	32
3.2.7	Τεχνολογία παλιρροιακών ροών	32
3.2.8	Τύποι παλιρροϊκής ενέργειας.....	33
3.2.8.1	Παλιρροιακό ρεύμα	33
3.2.8.2	Παλιρροιακό φράγμα.....	34
3.2.8.3	Παλιρροϊκή λιμνοθάλασσα.....	35
3.2.9	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	36
3.3	Θερμική Ενέργεια Των Ωκεανών: Μια Ανανεώσιμη Πηγή “Ελπίδας”	37
3.3.1	Τι Είναι Η Θερμική Ενέργεια Των Ωκεανών	38
3.3.2	Τα Οφέλη	38
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	42
4.1	Κυματικό δυναμικό	43
4.2	Συσκευές της Ωκεάνιας Ενέργειας	46
4.2.1	Εξασθενητές κυμάτων (<i>attenuators</i>).....	46
4.2.2	Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (<i>Point absorbers</i>).....	48
4.2.3	Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης (<i>OWSC –Oscillating Wave Source Converter</i>).....	49
4.2.4	Παλινδρομούσα στήλη νερού (<i>OWC – Oscillating Water Column</i>).....	50
4.2.5	Συσκευές υπερπήδησης του νερού (<i>Overtopping device</i>)	51
4.2.5.1	Ιστορία.....	54
4.2.5.2	Η μελλοντική πρόκληση.....	65
4.2.6	Βυθιζόμενη συσκευή διαφορικής πίεσης (<i>(Submerged pressure differential devices)</i>).....	66
4.2.7	Μετατροπείς Περιστρεφόμενης Μάζας (<i>Rotating Mass</i>).....	67
4.3	Τεχνολογίες παραγωγής της Ωκεάνιας Ενέργειας και εφαρμογές	69
4.3.1	Τεχνολογίες Ακτογραμμής	70
4.3.1.1	Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης Ύδατος:	70
4.3.1.2	Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης (SSG):	71
4.3.1.3	Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης	71
4.3.2	Παράκτιες Τεχνολογίες.....	72
4.3.2.1	Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης Ύδατος:	72
4.3.2.2	Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης:	73
4.3.2.3	Τεχνολογίες Αρθρώσεων:.....	74
4.3.2.4	Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης.....	75
4.3.3	Υπεράκτιες Τεχνολογίες (<i>Ανοιχτής Θαλάσσης</i>).....	76
4.3.3.1	Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης Ύδατος:	76
4.3.3.2	Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης (SSG):	77
4.3.3.3	Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης:	78
4.3.3.4	Τεχνολογίες Αρθρώσεων.....	80
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	82
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
7	ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	84

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3-1	Ευρωπαϊκός χάρτης κυματικού δυναμικού	17
Εικόνα 3-2	Ευρωπαϊκός χάρτης παλιρροιακού δυναμικού	27
Εικόνα 3-3	Παλιρροϊκοί στρόβιλοι	33
Εικόνα 3-4	Παλιρροιακό φράγμα	35
Εικόνα 3-5	Θέρμανση των ωκεανών από την ηλιακή ενέργεια	37
Εικόνα 3-6	Το Κέντρο Ερευνών Ωκεάνιας Ενέργειας στην πόλη Kaīlua-Kona στη Hawaii.	40
Εικόνα 3-7	Ο τρόπος λειτουργίας της ΟΤΕC.	41
Εικόνα 4-1	4-1 Κυματικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες	43
Εικόνα 4-2	Υπεράκτιο ηλιακό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες	44
Εικόνα 4-3	Υπεράκτιο αιολικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες	45
Εικόνα 4-4	Υβριδικές κατασκευές του ανωτέρω τύπου είναι ιδανικές για τον Ελληνικό θαλάσσιο χώρο.	46
Εικόνα 4-5	Εξασθενητές κυμάτων (attenuators).	47
Εικόνα 4-6	Εσωτερική δομή ενός εξασθενητή	47
Εικόνα 4-7	Εξασθενητής της εταιρίας Pelamis	47
Εικόνα 4-8	Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (Point absorbers)	48
Εικόνα 4-9	Σημειακός απορροφητής (επιθαλάσσια άποψη)	49
Εικόνα 4-10	Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης (OWSC)	50
Εικόνα 4-11	OWSC –επιθαλάσσια άποψη	50
Εικόνα 4-12	Παλινδρομούσα στήλη νερού (OWC)	51
Εικόνα 4-13	Αρχή της δράσης OWC.....	52
Εικόνα 4-14	Blowhole στο Quobba Western Australia	53
Εικόνα 4-15	Η σημαδούρα της Courtney που σφυρίζει.	55
Εικόνα 4-16	Φωτεινή σημαδούρα Uruga Tokyo Bay	56
Εικόνα 4-17	Επίδειξη 75 kW του Πανεπιστημίου Queen's Belfast στο Islay	57
Εικόνα 4-18	Voith Hydro Wavegen LIMPET OWC.	58

Εικόνα 4-19	Στρόβιλος Voith Hydro Wavegen RT1 στο LIMPET (18,5 kW).	58
Εικόνα 4-20	Επίσημη εκκίνηση του στροβίλου Voith Hydro Wavegen RT2 στο LIMPET (110 kW).	59
Εικόνα 4-21	Σημαντήρας Ocean Energy σε καταιγίδα. Αναπαράγεται με άδεια από την Ocean Energy	62
Εικόνα 4-22	Σημαντήρας Ocean Energy με στρόβιλο Wells. Αναπαράγεται με άδεια από την Ocean Energy	62
Εικόνα 4-24	Γεννήτρια κυματικής ενέργειας Mk3 Oceanlinx	63
Εικόνα 4-25	Κυματοθραύστης Mutriku που περιλαμβάνει 16 θαλάμους OWC.	64
Εικόνα 4-26	Τομή μέσω του κυματοθραύστη Mutriku. Αναπαράγεται με άδεια από το λιμενικό τμήμα της κυβέρνησης των Βάσκων.	64
Εικόνα 4-27	Φωτομοντάζ κυματοθραύστη Siadar	66
Εικόνα 4-28	Βυθιζόμενη συσκευή διαφορικής πίεσης (Submerged pressure differential devices)	67
Εικόνα 4-29	Γυροσκοπικό σύστημα	68
Εικόνα 4-30	Η συσκευή ISWEC	69
Εικόνα 4-31	Limpet (Last Installed Marine Power Energy Transmitter)	70
Εικόνα 4-32	SSG	71
Εικόνα 4-33	SDE	72
Εικόνα 4-34	Mighty Whale	73
Εικόνα 4-35	WET EnGen	74
Εικόνα 4-36	The Waveberg	75
Εικόνα 4-37	WaveRoller –Αρχή λειτουργίας	76
Εικόνα 4-38	WaveRoller	76
Εικόνα 4-39	Sperboy	77
Εικόνα 4-40	Wave Dragon	78
Εικόνα 4-41	AWS	79
Εικόνα 4-42	CETO	80
Εικόνα 4-43	Pelamis P-750 WEC	81

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3-1	Η δυναμική ενός κύματος	16
Σχήμα 4-1	Πνευματική-ηλεκτρική μετατροπή του Wavegen ΡΤΟ..	60

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 3-1	Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των διατάξεων θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας	30
----------------------	--	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Για περισσότερους από δύο αιώνες αναζητούνται τρόποι εκμετάλλευσης της δύναμης από τα κύματα και όμως ακόμα δεν έχουμε μια ευρεία εφαρμογή της δυνατότητας παραγωγής ενέργειας από τα κύματα ως γεννήτριες. Μπορούμε να εξαγάγουμε τη δύναμη χρησιμοποιώντας διάφορους και ποικίλους τρόπους όπως π.χ. καταδυόμενες αίθουσες πίεσης. Ομοίως δεν υπάρχει κανένα αξεπέραστο τεχνικό πρόβλημα. Ενώ υπάρχει μεγάλη δυσκολία σε ότι αφορά τη μηχανική, η επιστήμη παραγωγής ενέργειας από τα κύματα έχει τις λύσεις για κάθε πτυχή της τεχνολογίας. Στη πραγματικότητα το μόνο μακροπρόθεσμο πρόβλημα είναι το κόστος που κάθε καταναλωτής είναι πρόθυμος να πληρώσει.

Η αγορά παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα \$800-δισεκατομμύρια ανά έτος (ΗΠΑ) και διαρκώς αυξάνεται. Έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν σήμερα 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι που στερούνται ακόμα την ηλεκτρική ενέργεια , ενώ και η παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες διπλασιάζει κάθε οκτώ έτη Προκειμένου να ικανοποιηθεί αυτή η ζήτηση, εξαιτίας του γεγονότος ότι θα πρέπει να υπάρχει μείωση στη παραγωγή των πράσινων αερίων που χρησιμοποιούνται στα σπίτια , οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρέπει να αναπτυχθούν.

Η θάλασσα έχει θεωρηθεί από καιρό ως πηγή ενέργειας. Κατά τον Μεσαίωνα (1200-1500) οι αγρότες παγίδευαν το θαλάσσιο νερό στις λίμνες μύλων, για να το χρησιμοποιήσουν στους υδρόμυλους δύναμης . Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πενήντα ετών, οι μηχανικοί έχουν αρχίσει να εξετάζουν την παλιρροιακή δύναμη και τη δύναμη των κυμάτων σε μια μεγαλύτερη, βιομηχανική κλίμακα. Εντούτοις, μέχρι τα τελευταία έτη, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, η δύναμη των κυμάτων και η παλιρροιακή δύναμη , θεωρήθηκαν αντιοικονομικές. Αν και μερικά πιλοτικά έργα έδειξαν ότι η ενέργεια θα μπορούσε να παραχθεί, κάποια άλλα επίσης έδειξαν ότι, ακόμα κι αν το κόστος για την παράγωγή της

ενέργειας δεν εξεταστεί, υπάρχει ένα πραγματικό πρόβλημα, που αφορά την ικανότητα του εξοπλισμού να αντέξει το εξαιρετικά σκληρό θαλάσσιο περιβάλλον.

Πριν από είκοσι χρόνια η αντίστοιχη βιομηχανία παραγωγής ενέργειας από αέρα αντιμετώπιζε παρόμοια προβλήματα αλλά με την υποστήριξη των εκάστοτε κυβερνήσεων στους κατασκευαστές κατάφεραν να ανταγωνιστούν τη πράσινη δύναμη. Η ενεργειακή βιομηχανία κυμάτων είναι τώρα σε παρόμοιο στάδιο ανάπτυξης αλλά με τη δημόσια υποστήριξη και κάποια δημόσια χρήματα θα ξεπεραστούν οι όποιες αποτυχίες στον τρόπο παραγωγής, όπως γίνεται σε κάθε παρόμοια αναπτυξιακή τεχνική. Με την εισαγωγή νέων πηγών ενέργειας στην αγορά υπάρχει η προσδοκία ότι οι συνθήκες για την χρησιμοποίηση της δύναμης κυμάτων θα ωριμάσει έτσι ώστε να έχει σημαντική συμβολή στην κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

Προς το τέλος της δεκαετίας του '90, έχει γίνει σαφές ότι η τεχνολογία έχει προωθηθεί σε σημείο όπου η αξιόπιστη και φτηνή ηλεκτρική ενέργεια από τους ωκεανούς γίνεται μια πραγματικότητα . Το Ηνωμένο Βασίλειο παρήγαγε την πρώτη ηλεκτρική ενέργεια από θαλάσσια και παλιρροϊκά κύματα με την οποία εφοδίασε τον εθνικό του δίκτυο το έτος 2000, αναγκάζοντας και άλλες χώρες να σκεφτούν σοβαρά να πράξουν κάτι ανάλογο.

1.2 Υπάρχουσες τεχνολογίες

Μέχρι σήμερα, η τεχνολογία που έχει ερευνηθεί περισσότερο, και εγκαθίσταται συχνότερα, είναι η ταλαντευόμενη στήλη νερού (OWC). Πρωτότυπα σε πλήρη κλίμακα της ταλαντευόμενης στήλης νερού, με εγκατεστημένη ισχύ της τάξης των αρκετών δεκάδων κιλοβάτ (kW), κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν υπό πραγματικές συνθήκες θαλάσσης στη Νορβηγία (Toftestallen, 1985), την Ιαπωνία (Sanze, Niigata, Kujukuri, Sakata, ~1985-90), την Ινδία (Vizhinjam, ~1990), την Πορτογαλία (Pico/Azores, 1999) και το HB (Islay, 1986; LIMPET, 2000, Islay island, Scotland).

Φαίνεται ότι η συσκευή Pelamis είναι η τεχνολογία εκμετάλλευσης της υπεράκτιας κυματικής ενέργειας που βρίσκεται πιο κοντά στην αξιοποίησή της σε πάρκα πλήρους κλίμακας. Τη συσκευή ανέπτυξε και εκμεταλλεύεται εμπορικά η εταιρεία Pelamis Wave Power Ltd (που εδρεύει στη Σκωτία και πριν ήταν γνωστή ως Ocean Power Delivery Ltd). Προτεραιότητα του σχεδιασμού της είναι η ικανότητα επιβίωσης και η χρήση ετοιμοπαράδοτης τεχνολογίας. Πρωτότυπό της δοκιμάστηκε το 2004/2005 (Orkney, HB) και από το 2006 βρίσκεται υπό εξέλιξη η εφαρμογή της σε ένα μικρό πάρκο (δηλ., διάταξη 3 μονάδων) στη βόρεια Πορτογαλία στα πλαίσια μιας εμπορικής συμφωνίας με τον φορέα ανάπτυξης έργων ΑΠΕ Enersis.

Η AWS είναι ένα ακόμα παράδειγμα τεχνολογίας "νέας" γενιάς της κυματικής ενέργειας. Η επινόηση και ανάπτυξη της συσκευής έγινε από την ολλανδική εταιρεία Teamwork Technology στα μέσα της δεκαετίας του 1990 και σήμερα προωθείται από την Σκοτσέζικη εταιρεία AWS Ocean Ltd.

Μεταξύ των τεχνολογιών που βρίσκονται σε ένα προηγμένο στάδιο ανάπτυξης είναι οι: Wave Dragon, WaveBob, AquaBuoy, OE Buoy, Powerbuoy, FO3 και Wavestar.

Η διάταξη Wave Dragon διαφέρει από τις άλλες συσκευές κυματικής ενέργειας όσον αφορά τη φιλοσοφία υδροδυναμικής μετατροπής και τις διαστάσεις. Η συσκευή – η ανάπτυξη και διαχείριση της οποίας γίνεται από την Wave Dragon ApS/Δανία – αποτελείται βασικά από μια μεγάλη πλωτή λεκάνη στην οποία συσσωρεύεται νερό για στάθμες νερού πάνω από τη μέση στάθμη της θαλάσσης μέσω της υπερακόντισης των κυμάτων προς την συσκευή. Επιπλέον, σ' αυτό το εγχείρημα, προτεραιότητα αποτέλεσε η χρήση εμπορικής τεχνολογίας και η επαγγελματική προσέγγιση για την σταδιακή αναβάθμιση της εμπειρίας από την περιορισμένης κλίμακας λειτουργική εμπειρία (Nissum Bredning/Δανία) στο τρέχον προ-εμπορικό έργο επίδειξης στην Ουαλία, ονομαστικής ισχύος 5-7 MW.

Άλλες σχεδιάσεις που πρόσφατα έφτασαν στο στάδιο της πραγματικής θαλάσσιας δοκιμής είναι αυτές του τύπου του πλωτού σημειακού απορροφητή, π.χ. η OPT Power Buoy (Ocean Power Technologies, ΗΠΑ/ΗΒ), η WaveBob (Wave Bob Ltd, Ιρλανδία), η Aquabuoy (Finavera Ltd, Ιρλανδία) και η OE Buoy (Ocean Energy Ltd, Ιρλανδία) (η οποία είναι μια πλωτή OWC του τύπου Αγωγού Οπίσθιας Κλίσης).

Επιπλέον, έχουν δοκιμαστεί σε μεγαλύτερη κλίμακα πλωτές μικρές σχεδίες σημειακού απορροφητή στηριζόμενες σε πλατφόρμες, όπως π.χ. η FO3 (Fred Olsen, Νορβηγία) και η Wavestar (Δανία).

Σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι συμβαίνει με τις άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ, η κυματική ενέργεια θεωρείται αναξιόπιστη, υψηλού κόστους και μη ρεαλιστική για να συμβάλει σε μεγάλη κλίμακα. Ο σημαντικότερος παράγοντας γι' αυτήν την εικόνα είναι ασφαλώς η έλλειψη προετοιμασίας εκ μέρους των ομάδων ανάπτυξης για το απαιτητικό υπεράκτιο περιβάλλον. Η ποικιλομορφία των ιδεών και η ανάγκη για εξαιρετικά οικονομικούς μηχανισμούς πρόσληψης της ισχύος (PTO) που κατά καιρούς υπόκεινται σε ακραία φορτία (π.χ. μεγάλα φορτία που συμβαίνουν μόνο σε εξαιρετικά σπάνιες περιστάσεις) και ο μεγάλος αριθμός των κύκλων λειτουργίας (η κυματική συσκευή συνήθως οδηγείται από κυκλικές ευθύγραμμες κινήσεις κάθε λίγα δευτερόλεπτα, βάσει της περιόδου του κύματος) δεν επιτρέπουν την σύγκριση με άλλες τεχνολογίες. Έχοντας να αντιμετωπίσει πολλά θέματα σχετικά με τα υλικά και τη συντήρηση, αφού η κυματική ενέργεια είναι παρόμοια με τον τομέα της υπεράκτιας εξόρυξης πετρελαίου και αερίου, η εφαρμογή των υφιστάμενων λύσεων οδηγεί σε απαγορευτικές δαπάνες. Οι τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας είναι μικρότερης έντασης εσόδων απ' ό,τι τα ορυκτά καύσιμα και αυτός άλλωστε είναι ο λόγος για τον οποίο η μόνη επιλογή φαίνεται να είναι οι νέες μεθοδολογίες και τα εναλλακτικά υλικά. Η διάσταση αυτή καθυστέρησε σημαντικά την ανάπτυξη και συνέβαλε στην επιφυλακτικότητα με την οποία οι ισχυροί βιομηχανικοί φορείς αντιλαμβάνονται την πιθανή συμμετοχή τους.

Υπεράκτιες συσκευές – παλλόμενα σώματα, πλωτά ή πλήρως βυθισμένα, μπορούν να εκμεταλλευτούν τις ισχυρότερες θάλασσες στα βαθύτερα νερά και αρκετές βρίσκονται στο στάδιο δοκιμής στη θάλασσα ή έχουν ολοκληρώσει τις σχετικές δοκιμές. Αναμένεται ότι τουλάχιστον δύο ή τρεις από τις διαφορετικές τεχνολογίες που έχουν επιτύχει κάποια στοιχεία απόδειξης της ιδέας σε στάδιο πρωτοτύπου και βρίσκονται σε ικανοποιητική εμπορική θέση προς το παρόν, θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας στο εγγύς μέλλον. Κάποιος αποκλειστικός «νικητής», όπως στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, δεν αναμένεται να υπάρξει απαραίτητα λόγω των διαφορετικών στη θέση και τη ζήτηση, καθώς και των ποικίλων ταυτόχρονων περιφερειακών προσπαθειών για την προώθηση συγκεκριμένων σχεδίων.

Μολονότι το πρώτο πάρκο κυματικής ενέργειας, αποτελούμενο από τρεις συσκευές Pelamis, βρίσκεται ήδη στο στάδιο εγκατάστασης (από το 2006) και υπάρχει προοπτική ανάπτυξής του σε 30 συσκευές στο άμεσο μέλλον, και άλλα συστήματα σημαδούρας φαίνεται ότι οδεύουν προς εφαρμογή σε εμπορική κλίμακα. Μεταξύ αυτών είναι:

- Η AquaBuOY, που προέκυψε από ένα συνδυασμό της Σουηδικής σωληνωτής αντλίας και του κλασσικού σημειακού απορροφητή και σήμερα βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης από μια θυγατρική της Finavera Renewables Ltd.
- Η OPT Powerbuoy – που προωθείται από την αμερικανική/βρετανική εταιρεία Ocean Power Technology, και
- Η Wavebob, η οποία αναπτύσσεται από την ομώνυμη εταιρεία Wavebob (Ιρλανδία).

Λόγω των χαρακτηριστικών, της περιόδου δοκιμών και του μεγέθους της (που παρέχει τη δυνατότητα για οικονομίες κλίμακας κατά το πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης), η Wave Dragon μπορεί να είναι μία ακόμη υποψήφιος για να βρεθεί μεταξύ των πρώτων συντελεστών μεγάλης κλίμακας της μετατροπής της κυματικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Γενικά

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ενέργεια που προέρχεται από φυσικούς πόρους της γης που δεν είναι πεπερασμένοι, όπως ο άνεμος και το ηλιακό φως. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μια εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή ενέργεια που βασίζεται στα ορυκτά καύσιμα και τείνει να είναι πολύ λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον.

2.2 Τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

2.2.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από τη σύλληψη της ακτινοβολούμενης ενέργειας από το ηλιακό φως και τη μετατροπή της σε θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια ή ζεστό νερό. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (ΦΒ) μπορούν να μετατρέψουν το άμεσο ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της χρήσης ηλιακών κυψελών.

2.2.1.1 Οφέλη της ηλιακής ενέργειας

Ένα από τα οφέλη της ηλιακής ενέργειας είναι ότι το ηλιακό φως είναι λειτουργικά ανεξάντλητο. Με την τεχνολογία για τη συγκέντρωσή του, υπάρχει απεριόριστο απόθεμα ηλιακής ενέργειας, που σημαίνει ότι θα μπορούσε να καταστήσει τα ορυκτά καύσιμα απαρχαιωμένα. Το να βασιζόμαστε στην ηλιακή ενέργεια και όχι στα ορυκτά καύσιμα μας βοηθά επίσης να βελτιώσουμε τις συνθήκες της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Μακροπρόθεσμα, η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε επίσης να μειώσει το κόστος ενέργειας και βραχυπρόθεσμα, να μειώσει τους λογαριασμούς ενέργειας.

2.2.1.2 Περιορισμοί στην χρήση της ηλιακής ενέργειας

Αν και η ηλιακή ενέργεια θα εξοικονομήσει χρήματα μακροπρόθεσμα, τείνει να είναι ένα σημαντικό αρχικό κόστος και είναι ένα εξωπραγματικό κόστος για τα περισσότερα νοικοκυριά. Για μεμονωμένες κατοικίες, οι ιδιοκτήτες πρέπει επίσης να έχουν άφθονο

ηλιακό φως και χώρο για να τοποθετήσουν τα ηλιακά πάνελ τους, γεγονός που περιορίζει ποιος μπορεί να υιοθετήσει ρεαλιστικά αυτήν την τεχνολογία σε ατομικό επίπεδο.

2.2.2 Αιολική ενέργεια

Τα αιολικά πάρκα συλλαμβάνουν την ενέργεια της ροής του ανέμου χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες και μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν διάφορες μορφές συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας και η καθεμία ποικίλλει. Τα συστήματα παραγωγής αιολικής ενέργειας εμπορικής ποιότητας μπορούν να τροφοδοτήσουν πολλούς διαφορετικούς οργανισμούς, ενώ οι ανεμογεννήτριες μονής ανεμογεννήτριας χρησιμοποιούνται για να συμπληρώσουν προϋπάρχοντες ενεργειακούς οργανισμούς. Μια άλλη μορφή είναι τα αιολικά πάρκα κοινής ωφέλειας, τα οποία αγοράζονται με σύμβαση ή χονδρική. Τεχνικά, η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ηλιακής ενέργειας. Το φαινόμενο που ονομάζουμε «άνεμος» προκαλείται από τις διαφορές θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα σε συνδυασμό με την περιστροφή της Γης και τη γεωγραφία του πλανήτη

2.2.2.1 Οφέλη της αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας, που σημαίνει ότι δεν μολύνει τον αέρα όπως άλλες μορφές ενέργειας. Η αιολική ενέργεια δεν παράγει διοξείδιο του άνθρακα ούτε απελευθερώνει επιβλαβή προϊόντα που μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντική υποβάθμιση ή να επηρεάσουν αρνητικά την ανθρώπινη υγεία, όπως αιθαλομίχλη, όξινη βροχή ή άλλα αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα. Οι επενδύσεις στην τεχνολογία αιολικής ενέργειας μπορούν επίσης να ανοίξουν νέους δρόμους για θέσεις εργασίας και κατάρτιση, καθώς οι ανεμογεννήτριες στα αγροκτήματα πρέπει να συντηρηθούν και να συντηρηθούν για να συνεχίσουν να λειτουργούν.

2.2.2.2 Περιορισμοί στην χρήση της αιολικής ενέργειας

Δεδομένου ότι τα αιολικά πάρκα τείνουν να κατασκευάζονται σε αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές, συνήθως απέχουν πολύ από πολυσύχναστες πόλεις όπου η ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται περισσότερο. Η αιολική ενέργεια πρέπει να μεταφέρεται μέσω γραμμών μετάβασης, με αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος. Αν και οι ανεμογεννήτριες παράγουν πολύ λίγη ρύπανση, ορισμένες πόλεις τις αντιτίθενται αφού κυριαρχούν στον ορίζοντα και παράγουν θόρυβο. Οι ανεμογεννήτριες απειλούν επίσης την τοπική άγρια ζωή όπως τα πουλιά, τα οποία μερικές φορές σκοτώνονται χτυπώντας τους βραχίονες της τουρμπίνας ενώ πετούν.

2.2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Τα φράγματα είναι αυτό που οι περισσότεροι σκέφτονται όταν πρόκειται για την υδροηλεκτρική ενέργεια. Το νερό ρέει μέσα από τους στρόβιλους του φράγματος για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, γνωστή ως υδροηλεκτρική ενέργεια αντλούμενης αποθήκευσης. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ροής του ποταμού χρησιμοποιεί ένα κανάλι για τη διοχέτευση του νερού αντί να το τροφοδοτεί μέσω ενός φράγματος.

2.2.3.1 Οφέλη της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ ευέλικτη και μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας έργα μεγάλης κλίμακας, όπως το φράγμα Hoover, και έργα μικρής κλίμακας όπως υποβρύχια τουρμπίνες και χαμηλότερα φράγματα σε μικρούς ποταμούς και ρέματα. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν προκαλεί ρύπανση, και ως εκ τούτου είναι μια πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή για το περιβάλλον μας.

2.2.3.2 Περιορισμοί στην χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Αν και η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν μολύνει τον αέρα, διαταράσσει τις υδάτινες οδούς και επηρεάζει αρνητικά τα ζώα που ζουν σε αυτές, αλλάζοντας τα επίπεδα του νερού, τα ρεύματα και τις διαδρομές μετανάστευσης για πολλά ψάρια και άλλα οικοσυστήματα γλυκού νερού.

2.2.4 Γεωθερμία

Η γεωθερμική θερμότητα είναι θερμότητα που παγιδεύεται κάτω από το φλοιό της γης από το σχηματισμό της Γης πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια και από τη ραδιενεργή αποσύνθεση. Μερικές φορές μεγάλες ποσότητες αυτής της θερμότητας διαφεύγουν φυσικά, αλλά ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα οικεία φαινόμενα, όπως ηφαιστειακές εκρήξεις και θερμοπίδακες. Αυτή η θερμότητα μπορεί να δεσμευτεί και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας χρησιμοποιώντας ατμό που προέρχεται από το θερμαινόμενο νερό που αντλείται κάτω από την επιφάνεια, ο οποίος στη συνέχεια ανεβαίνει στην κορυφή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία ενός στροβίλου.

2.2.4.1 Οφέλη χρήσης γεωθερμίας

Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο άλλοι τύποι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά έχει σημαντικές δυνατότητες για ενεργειακό εφοδιασμό. Δεδομένου ότι μπορεί να κατασκευαστεί υπόγεια, αφήνει πολύ λίγο αποτύπωμα στη γη. Η γεωθερμική ενέργεια αναπληρώνεται φυσικά και επομένως δεν διατρέχει κίνδυνο εξάντλησης (σε ανθρώπινο χρονοδιάγραμμα).

2.2.4.2 Περιορισμοί στην χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Το κόστος παίζει σημαντικό ρόλο όταν πρόκειται για μειονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας. Όχι μόνο είναι δαπανηρή η κατασκευή της υποδομής, αλλά μια άλλη σημαντική ανησυχία είναι η τρωτότητά της σε σεισμούς σε ορισμένες περιοχές του κόσμου.

2.2.5 Ενέργεια Ωκεανών

Ο ωκεανός μπορεί να παράγει δύο είδη ενέργειας: θερμική και μηχανική. Η θερμική ενέργεια των ωκεανών βασίζεται στις θερμοκρασίες της επιφάνειας του νερού για την παραγωγή ενέργειας μέσω μιας ποικιλίας διαφορετικών συστημάτων. Η μηχανική ενέργεια των ωκεανών χρησιμοποιεί τις άμπωτες και τις ροές των παλίρροιας

για να παράγει ενέργεια, η οποία δημιουργείται από την περιστροφή της γης και τη βαρύτητα από το φεγγάρι.

2.2.5.1 Οφέλη της ενέργειας των ωκεανών

Σε αντίθεση με άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας, η κυματική ενέργεια είναι προβλέψιμη και είναι εύκολο να εκτιμηθεί η ποσότητα της ενέργειας που θα παραχθεί. Αντί να βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, όπως ο ήλιος και ο άνεμος, η ενέργεια των κυμάτων είναι πολύ πιο συνεπής. Αυτός ο τύπος ανανεώσιμης ενέργειας είναι επίσης άφθονος, οι πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις τείνουν να βρίσκονται κοντά σε ωκεανούς και λιμάνια, καθιστώντας ευκολότερη την αξιοποίηση αυτής της ενέργειας για τον τοπικό πληθυσμό. Το δυναμικό της κυματικής ενέργειας είναι ένας εκπληκτικός, ακόμη αναξιοποίητος ενεργειακός πόρος με εκτιμώμενη ικανότητα παραγωγής 2640 TWh/έτος. Μόνο 1 TWh/έτος ενέργειας μπορεί να τροφοδοτήσει περίπου 93.850 κατά μέσο όρο σπίτια στις ΗΠΑ με ρεύμα ετησίως, ή περίπου διπλάσιο από τον αριθμό των κατοικιών που υπάρχουν επί του παρόντος στις ΗΠΑ.

2.2.5.2 Περιορισμοί στην χρήση της ενέργειας των ωκεανών

Όσοι ζουν κοντά στον ωκεανό επωφελούνται σίγουρα από την ενέργεια των κυμάτων, αλλά όσοι ζουν σε στεριές δεν θα έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτήν την ενέργεια. Ένα άλλο μειονέκτημα της ωκεάνιας ενέργειας είναι ότι μπορεί να διαταράξει τα πολλά ευαίσθητα οικοσυστήματα του ωκεανού. Αν και είναι μια πολύ καθαρή πηγή ενέργειας, μεγάλα μηχανήματα πρέπει να κατασκευαστούν κοντά για να βοηθήσουν στη σύλληψη αυτής της μορφής ενέργειας, η οποία μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στον πυθμένα του ωκεανού και στη θαλάσσια ζωή που τον ενδιαίτημα. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λάβετε υπόψη είναι ο καιρός, καθώς όταν εμφανίζονται δύσκολες καιρικές συνθήκες αλλάζει τη συνοχή των κυμάτων, παράγοντας έτσι χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με τα κανονικά κύματα χωρίς θυελλώδεις καιρικές συνθήκες.

2.2.6 Υδρογόνο

Το υδρογόνο πρέπει να συνδυαστεί με άλλα στοιχεία, όπως το οξυγόνο για να δημιουργηθεί νερό, καθώς δεν υπάρχει φυσικά ως αέριο από μόνο του. Όταν το υδρογόνο διαχωρίζεται από ένα άλλο στοιχείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για καύσιμο όσο και για ηλεκτρική ενέργεια.

2.2.6.1 Οφέλη της ενέργειας του υδρογόνου

Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο καθαρής καύσης, το οποίο οδηγεί σε λιγότερη ρύπανση και καθαρότερο περιβάλλον. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για κυψέλες καυσίμου που είναι παρόμοιες με τις μπαταρίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ενός ηλεκτροκινητήρα.

2.2.6.2 Περιορισμοί στην χρήση της ενέργειας του υδρογόνου

Δεδομένου ότι το υδρογόνο χρειάζεται ενέργεια για να παραχθεί, είναι αναποτελεσματικό όταν πρόκειται για την πρόληψη της ρύπανσης.

2.2.7 Βιομάζα

Η βιοενέργεια είναι μια ανανεώσιμη ενέργεια που προέρχεται από βιομάζα. Η βιομάζα είναι οργανική ύλη που προέρχεται από πρόσφατα ζωντανά φυτά και οργανισμούς. Η χρήση ξύλου στο τζάκι σας είναι ένα παράδειγμα βιομάζας που γνωρίζουν οι περισσότεροι.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης βιομάζας. Αυτό μπορεί να γίνει με την καύση βιομάζας ή την αξιοποίηση του αερίου μεθανίου που παράγεται από τη φυσική αποσύνθεση οργανικών υλικών σε λίμνες ή ακόμη και σε χωματερές.

2.2.7.1 Οφέλη από τη χρήση της βιομάζας

Η χρήση βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας δημιουργεί διοξείδιο του άνθρακα που διοχετεύεται στον αέρα, αλλά η αναγέννηση των φυτών καταναλώνει την ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο λέγεται ότι δημιουργεί μια ισορροπημένη ατμόσφαιρα. Η βιομάζα

μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους στην καθημερινή μας ζωή, όχι μόνο για προσωπική χρήση, αλλά και για επιχειρήσεις. Το 2017, η ενέργεια από βιομάζα αποτελούσε περίπου το 5% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε στις ΗΠΑ. Αυτή η ενέργεια προερχόταν από ξύλο, βιοκαύσιμα όπως η αιθανόλη και ενέργεια που παράγεται από μεθάνιο που δεσμεύεται από χωματερές ή από την καύση αστικών απορριμμάτων.

2.2.7.2 Τρέχοντες περιορισμοί από τη ρήση της βιομάζας

Αν και τα νέα φυτά χρειάζονται διοξείδιο του άνθρακα για να αναπτυχθούν, τα φυτά χρειάζονται χρόνο για να αναπτυχθούν. Επίσης, δεν έχουμε ακόμη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία που να μπορεί να χρησιμοποιήσει βιομάζα αντί για ορυκτά καύσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 -ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ – ΩΚΕΑΝΩΝ

Η θάλασσα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της γης και είναι μια τεράστια αποθήκη κινητικής ενέργειας αποθηκευμένης στα κύματα, τις παλίρροιες και τα θαλάσσια ρεύματα. Οι ωκεανοί, ως φυσικοί αποταμιευτήρες μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας.

Το κίνητρο για τη χρήση της ωκεάνιας ενέργειας είναι θα συμβάλει στο 10% της ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης. Το μέγεθος του κινήτρου για την εμπορευματοποίηση της ωκεάνιας ενέργειας είναι τεράστιο. Μόνο στην Ευρώπη, η βιομηχανία ενέργειας των ωκεανών σχεδιάζει να αναπτύξει δυναμικότητα παραγωγής 100 GW έως το 2050, καλύπτοντας το 10% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό είναι αρκετό για να καλύψει τις καθημερινές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια 94 εκατομμυρίων νοικοκυριών.

Με έναν εκπληκτικό παγκόσμιο πόρο, η κυματική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας από τις θάλασσές μας. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) υπολογίζει τη δυνητική ετήσια παγκόσμια παραγωγή στις 29.500 TWh. Αυτή είναι σχεδόν δεκαπλάσια της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης των 3.000 TWh.

Η κυματική ενέργεια μπορεί να προσφέρει παραγωγή ενέργειας σε κλίμακα χρησιμότητας και λειτουργεί πολύ καλά σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο άνεμος. Είναι επίσης μια καθαρή, αποτελεσματική εναλλακτική λύση στο ρυπογόνο και ακριβό ντίζελ για απομακρυσμένα νησιά και υπεράκτιες βιομηχανίες, όπως ιχθυοτροφεία ή πλατφόρμες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η ανάπτυξη 100 GW ωκεάνιας ενέργειας θα σημαίνει επίσης τη δημιουργία ενός νέου βιομηχανικού τομέα με σταθερή βάση στην Ευρώπη και 400.000 εξειδικευμένων θέσεων εργασίας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Σήμερα, οι ευρωπαϊκές εταιρείες είναι οι σαφείς παγκόσμιοι ηγέτες στην ενέργεια των ωκεανών, παρόλο που άλλες χώρες πλησιάζουν γρήγορα τη διαφορά. Τα περισσότερα έργα επίδειξης εκτός Ευρώπης,

στον Καναδά και τη Νοτιοανατολική Ασία χρησιμοποιούν ευρωπαϊκή τεχνολογία.

Αυτό φέρνει τις εταιρείες μας στην ΕΕ σε προνομιακή θέση να κατακτήσουν μια παγκόσμια αγορά που εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 53 δισ. ευρώ ετησίως το 2050.

Την τελευταία δεκαετία, τα μέλη του ΟΕΕ έχουν επενδύσει πάνω από 1 δισ. ευρώ σε δραστηριότητες έρευνας. Αυτές οι επενδύσεις έχουν δημιουργήσει τη βάση της κορυφαίας παγκόσμιας γνώσης και τεχνογνωσίας που απαιτείται για την οικοδόμηση μιας βιομηχανίας.

Το 2016, τα πρώτα πάρκα παλίρροιας στον κόσμο εγκαταστάθηκαν στο νερό στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία και τη Γαλλία. Θα ακολουθήσουν σύντομα εκμεταλλεύσεις κυματικής ενέργειας πριν από την εμπορική χρήση, ΟΤΕC και αλατότητας σε όλη την Ευρώπη. Εκμεταλλεύσεις βρίσκονται επίσης σε εξέλιξη στον Καναδά, την Ιαπωνία, την Ινδονησία, τη Χιλή, όλα με τεχνολογία της ΕΕ. Η απογείωση της βιομηχανίας βρίσκεται σε εξέλιξη.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- από τα κύματα
- τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

3.1 Ενέργεια από τα Κύματα

Ο πρώτος και πλέον φανερός παράγων όσον αφορά στην υλοποίηση της κυματικής ενέργειας είναι φυσικά ο ίδιος ο πόρος, ο οποίος έχει άμεση σχέση με τον προσανατολισμό της ακτής προς την ανοιχτή θάλασσα καθώς και με το γεωγραφικό πλάτος της θέσης. Η εκμετάλλευση της ενέργειας μπορεί να γίνει σε οικονομικά συμφέρουσα βάση όταν τα επίπεδα αυτής είναι μεγαλύτερα από 15~20 kW/m (η συνήθης μονάδα μέτρησης των επιπέδων κυματικής ισχύος είναι η μέση ετήσια ισχύς ανά μέτρο πλάτους της κορυφής του κύματος που είναι παράλληλη στην ακτή). Η ενέργεια της πραγματικής κατάστασης της θάλασσας

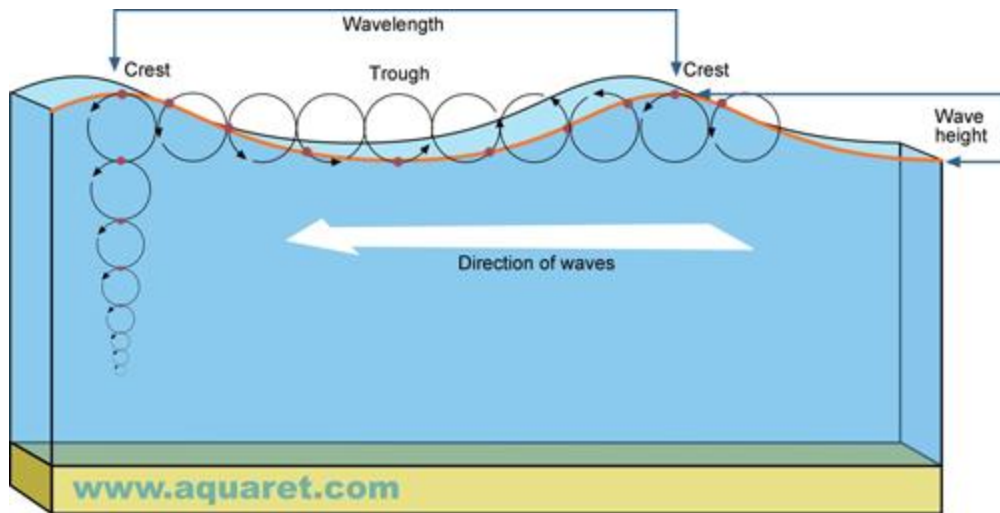
μετράται χρησιμοποιώντας στατικά χαρακτηριστικά των κυμάτων, ήτοι το ύψος και το μήκος του κύματος. Η κοινή παράμετρος που εκφράζει το αντιπροσωπευτικό ύψος κύματος μιας πραγματικής, ακανόνιστης κατάστασης της θάλασσας είναι το αντιπροσωπευτικό ύψος κύματος (H_s). Η τιμή αυτή είναι το μέσο ύψος του ανώτερου ενός τρίτου των κυμάτων σε μια συγκεκριμένη περίοδο, συνήθως 30 λεπτά της ώρας, και αντιστοιχεί κατά προσέγγιση με τις εκτιμήσεις έμπειρων ναυτικών. Παράλληλα με την περίοδο αιχμής (T) ή την ενεργειακή περίοδο (T_e), η μέση ενέργεια μιας συγκεκριμένης κατάστασης της θάλασσας που χαρακτηρίζεται από τις H_s και T_p ή T_e , υπολογίζεται συνήθως από τον τύπο:

$$E = \frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H_s^3$$

όπου:

(E είναι ο μέσος όρος της ενέργειας σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, ρ η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού, g η σταθερά της βαρύτητας και, H_s το σημαντικό ύψος κύματος.)

Για τον υπολογισμό του επιπέδου της κυματικής ενέργειας μιας ορισμένης περιοχής, λαμβάνεται η ετήσια μέση τιμή όλων των καταστάσεων της θάλασσας. Ο παράγοντας αυτός είναι σημαντικός γιατί οι εποχιακές μεταβολές μπορεί να είναι μεγάλες. Οι χάρτες που ακολουθούν δίνουν μια γενική εικόνα του μέσου ετήσιου πόρου παγκοσμίως, κυρίως δε στην Ευρώπη.

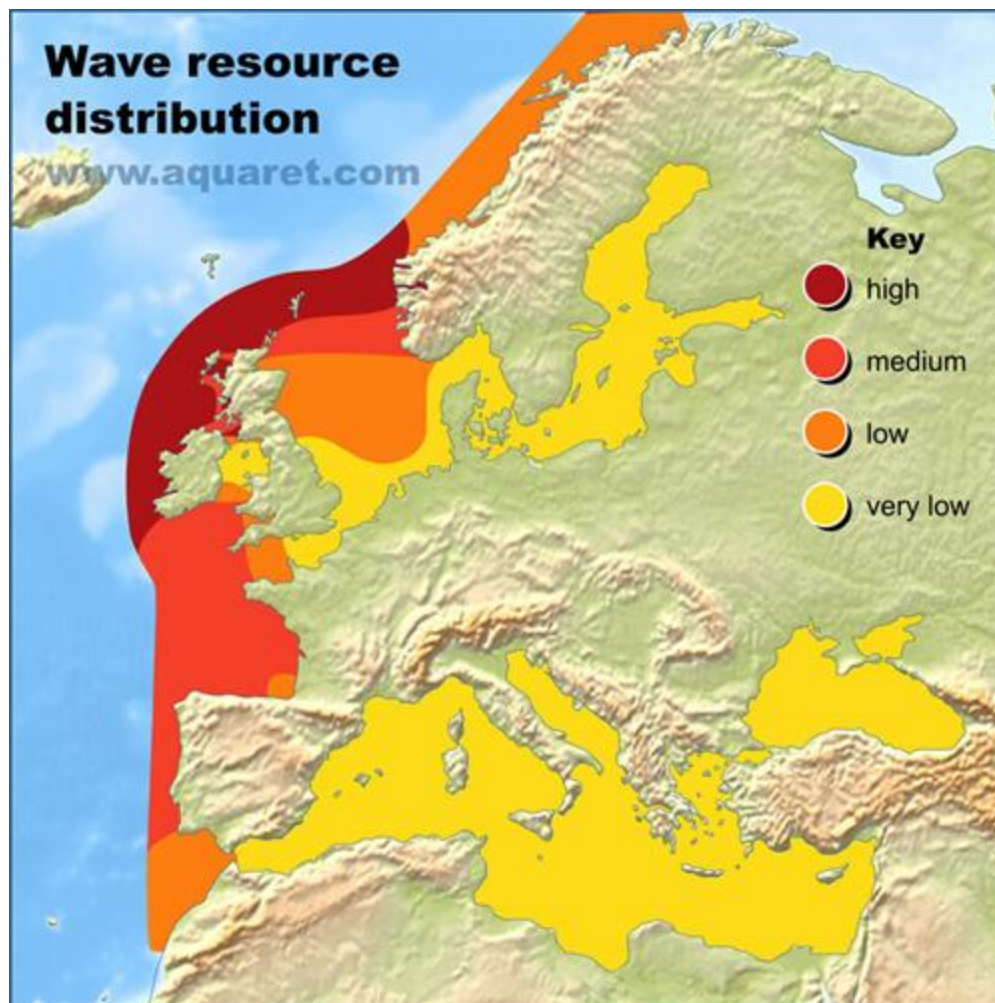


Σχήμα 3-1 Η δυναμική ενός κύματος

3.1.1 Ευρωπαϊκός Χάρτης Πόρων

Ο παρακάτω χάρτης καταδεικνύει το μέγεθος του πόρου σε όλη την Ευρώπη. Υπάρχουν δύο γεωγραφικά πλάτη όπου ο πρωταρχικός πόρος κυματικής ενέργειας εμφανίζει τις μέγιστες τιμές του. Ανάλογα με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής ως προς την ανοικτή θάλασσα και το γεωγραφικό πλάτος, ορισμένες χώρες βρίσκονται σε καλή θέση για μετατροπή της ωκεάνιας κυματικής ενέργειας, ενώ άλλες δεν έχουν σχεδόν καθόλου δυναμικό κατά το αρχικό στάδιο.

Οι χώρες που βρίσκονται σε καλύτερη θέση όσον αφορά τη μετατροπή ωκεάνιας κυματικής ενέργειας είναι η Μεγάλη Βρετανία, η Ιρλανδία και η Νορβηγία, η Νέα Ζηλανδία και η νότια Αυστραλία, καθώς και η Χιλή ακολουθούμενες από την Ισπανία και την Πορτογαλία, τις ακτές της Βορείου και Νοτίου Αμερικής και τη Νότια Αφρική.



Εικόνα 3-1 Ευρωπαϊκός χάρτης κυματικού δυναμικού

Ανάλογα με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής, ιδίως στα νησιά, και των σημαντικών καταστάσεων της θάλασσας (π.χ. καιρικές συνθήκες στο σημείο δημιουργίας των κυμάτων), τα κύματα μπορεί να φτάσουν στην περιοχή προορισμού υπό διαφορετικές συνθήκες. Στις ακτές της δυτικής Ευρώπης, ιδιαίτερα της Πορτογαλίας, Ισπανίας και Γαλλίας, οι θερινοί μήνες (π.χ. Ιούνιος – Σεπτέμβριος και ιδίως Ιούλιος – Αύγουστος) μπορεί να είναι εξαιρετικά φτωχοί σε κυματικούς πόρους. Εκτός από τη σημασία της όσον αφορά τη συμβατότητα των γενικών επιπέδων κυματικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών περιοχών, η ετήσια μέση ενέργεια μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα εάν δεν

ερμηνευθεί σε συνδυασμό με την εποχιακή της διαφοροποίηση. Οι ετήσιες μέσες τιμές μπορεί να βασίζονται σε υψηλά επίπεδα ενέργειας, τα οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά ενδέχεται να έχουν καταστροφικές εντάσεις σε σύντομα χρονικά διαστήματα, καθώς και μεγάλα χρονικά διαστήματα με σχεδόν καθόλου εκμεταλλεύσιμο πόρο. Είναι σημαντικό η περιοδικότητα αυτή να μην είναι δυσανάλογη με την τοπική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, εάν πρόκειται να συμβάλλει σημαντικά η κυματική ενέργεια στον εφοδιασμό της περιοχής με ηλεκτρική ενέργεια.

Ένας αποφασιστικός παράγοντας, όσον αφορά την καταλληλότητα της ακτογραμμής, είναι τα βαθυμετρικά της χαρακτηριστικά (π.χ. η κλίση και η μορφή του πυθμένα της). Σε αντίθεση με τα υπεράκτια αιολικά, οι τεχνολογίες κυματικής ενέργειας γενικά δεν έχουν κάποια οπτική επίπτωση στην ακτογραμμή, πράγμα που καθιστούν προτιμότερη την εγκατάσταση πάρκων πλησιέστερα στην ακτή. Αυτό θα σήμαινε σημαντική μείωση του κόστους καλωδιώσεων και εγκατάστασης, ενώ παράλληλα η εποπτεία και η συντήρηση μπορεί να γίνει με αποτελεσματικότερο τρόπο. Το καταλληλότερο εύρος βάθους για τις συσκευές κυματικής ενέργειας είναι τα 50 μέτρα, λαμβάνοντας υπόψη την εξισορρόπηση της διαθέσιμης ενέργειας και των δαπανών προσλιμενισμού καθώς και την απόσταση από τη στεριά.

Περιοχές με οξεία βαθυμετρία (π.χ. απότομη υφαλοκρηπίδα, βαθιά νερά κοντά στην ακτή), όπως για παράδειγμα η Πορτογαλία, έχουν πλεονέκτημα όσον αφορά τις εφαρμογές κυματικής ενέργειας. Οι συνθήκες του βυθού δεν αποτελούν

τον κρισιμότερο παράγοντα αφού οι περισσότερες τεχνολογίες είναι πλωτού τύπου. Για τη διέλευση των καλωδίων προς την ακτή, γενικά προτιμούνται οι αμμώδεις πυθμένες. Όσον αφορά τις συνθήκες στη στεριά, είναι σημαντικό ο επίγειος σταθμός ή/και υποσταθμός που παρέχει τη διεπαφή με το χερσαίο δίκτυο να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στις μονάδες παραγωγής, ενώ, εάν είναι πιο μέσα στην ενδοχώρα, το έδαφος και η τοπογραφία να επιτρέπουν την τοποθέτηση των καλωδίων σε λογικό κόστος. Είναι ρεαλιστικό να περιμένει κανείς ότι άλλες ανάγκες σε υποδομές θα αποτελέσουν σημαντικό γεωγραφικό παράγοντα για την υλοποίηση αυτού του τεχνολογικού κλάδου. Σε μερικές περιοχές, η ανάγκη για δημιουργία τοπικής βιομηχανίας θα οδηγήσει την ανάπτυξη, ενώ σε άλλες περιοχές, η ύπαρξη συμπληρωματικών βιομηχανιών (π.χ. ναυπηγεία, χαλυβουργεία, υπεράκτιες δραστηριότητες, εργολάβοι ναυτιλιακών εργασιών, κλπ.) θα στηρίξει σημαντικά την ανάπτυξη μιας βιομηχανίας κυματικής ενέργειας.

Σε έργα μεγάλης κλίμακας, το σημαντικότερο εμπόδιο θα είναι η δυνατότητα και η διαθεσιμότητα του δικτύου διανομής. Αυτό διότι οι ευνοϊκοί πόροι κυματικής ενέργειας μπορεί να βρίσκονται σε περιοχές με σχετικά αδύνατο δίκτυο, ακόμη και εντός Ευρώπης. Το μέλλον της υλοποίησης της κυματικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα θα καθοριστεί εν μέρει από το βαθμό στον οποίο οι θαλάσσιοι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι αποτελούν προτεραιότητα σε διακρατικό επίπεδο. Δεν επαρκεί η επιτυχία στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και, στα πλαίσια μεμονωμένων εθνικών πρωτοβουλιών, η ενσωμάτωση

μεγάλης κλίμακας θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο, αλλά θα χρειαστεί να γίνουν μεγάλες επενδύσεις σε διεθνές επίπεδο στην δικτυακή υποδομή, τόσο επάκτια όσο και υπεράκτια, καθώς και μεταξύ διαφορετικών χωρών (π.χ. το Ευρωπαϊκό Διακρατικό Δίκτυο). Η πρόταση SUPERGRID που έγινε από την Airtricity, μια επιχείρηση κοινής ωφέλειας, εισηγείται τη δημιουργία ισχυρών πλεγμάτων υπεράκτιων διεθνών δικτύων για τη σύνδεση των πολλών πάρκων θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας που θα εγκατασταθούν στην περιοχή. Μολονότι η πρόταση αυτή εστιάζεται στα υπεράκτια αιολικά, η μαζική εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας μπορεί με τον ίδιο τρόπο να ωφεληθεί από τέτοιες υποδομές. Προφανώς, λόγω του υψηλού κόστους ανάπτυξης της τεχνολογίας της υπεράκτιας ανανεώσιμης ενέργειας, θα είναι αδύνατη η ενσωμάτωση τέτοιων θεμάτων σχετικών με τα δίκτυα στον προϋπολογισμό του τομέα που αναπτύσσει την τεχνολογία. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο θα απαιτηθούν επιπλέον προσπάθειες στο πεδίο αυτό.

3.1.2 Σχεδιασμός & Προγραμματισμός

Δεν έχουν ακόμα συλλεχθεί επαρκή επιχειρησιακά δεδομένα για τις τεχνολογίες κυματικής ενέργειας, και αυτός είναι ένας από τους λόγους που δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα διαθέσιμες επίσημες κατευθυντήριες οδηγίες για τη βέλτιστη πρακτική όσον αφορά το σχεδιασμό.

Ο ασφαλής σχεδιασμός της κατασκευής και της αγκύρωσης είναι αναγκαίος για την αξιοπιστία του τομέα – ατυχήματα κατέστρεψαν συσκευές κατά το παρελθόν λόγω του δύσκολου θαλάσσιου περιβάλλοντος, και του μη ορθού σχεδιασμού των

δομικών συνιστωσών, των διαδικασιών εγκατάστασης ή των αγκυρώσεων.

Τα υπεράκτια έργα μπορεί επίσης να σημάνουν ολική απώλεια μιας συσκευής ή /και μεγάλα διαστήματα μη διαθεσιμότητάς της. Τα επιπλέοντα κατεστραμμένα υλικά μπορεί να αποτελέσουν κίνδυνο για τη ναυσιπλοΐα, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις οι μετατροπείς απλά βυθίζονται και συνεπώς δεν δημιουργούν κίνδυνο για τη ναυσιπλοΐα. Από μηχανολογικής άποψης, οι τεχνικοί κίνδυνοι όσον αφορά το σχεδιασμό, την κατασκευή, την εγκατάσταση και τη λειτουργία μπορούν να αντιμετωπιστούν κατά δύο τρόπους. Μπορεί να είναι χρήσιμη η αποκτηθείσα γνώση και εμπειρία από άλλους τομείς, όπως από την υπεράκτια εξόρυξη πετρελαίου και αερίου, περιλαμβανομένων και των διαδικασιών αξιολόγησης των κινδύνων (π.χ. ανάλυση καταστάσεων αποτυχίας και επιπτώσεων) και των προτύπων μηχανολογικού σχεδιασμού. Οι αυστηρές και εκτενείς δοκιμές, περιλαμβανομένων των μεμονωμένων εξαρτημάτων, των υποσυστημάτων και των πλήρως λειτουργικών πρωτοτύπων, είναι κι αυτές χρήσιμες. Αυτό θα απαιτήσει ειδικές εγκαταστάσεις δοκιμών, όπως αυτές που δημιουργήθηκαν στα EMEC και NaREC, και κατασκευαστές για την αλυσίδα εφοδιασμού. Ο συνδυασμός των δύο προσεγγίσεων είναι πιθανόν να διευκολύνει την ανάπτυξη με λιγότερους κινδύνους. Θα χρειαστεί να περάσουν αρκετά χρόνια για την ανάπτυξη τεχνικών στοιχείων συγκρίσιμων με άλλες τεχνολογίες παραγωγής και για την ικανοποίηση των επενδυτών και ασφαλιστών.

3.1.3 Μελέτη περιπτώσεων

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διατάξεων κυματικής ενέργειας, αλλά μόνο μερικές από αυτές θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Λόγω του διαρκούς ανταγωνισμού ορισμένων συσκευών να αποκτήσουν ηγετική θέση στην αγορά, καθώς και των κανόνων εδραίωσης της αγοράς, μπορεί από τις περισσότερες από 50 προτεινόμενες σχεδιάσεις, τελικά οι «νικήτριες» τεχνολογίες να είναι λιγότερες από πέντε.

Παρακάτω παρουσιάζονται εφαρμογές των τεχνολογιών κυματικής ενέργειας και σχετικά έργα, λαμβάνοντας υπόψη την αρχή λειτουργίας και την κατάσταση της τεχνολογίας. Η επιλογή αυτή περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογικών τύπων που έχουν ήδη τεθεί σε εφαρμογή. Όλα τα έργα έχουν συσσωρεύσει μέχρι σήμερα σημαντική εμπειρία όσον αφορά την πραγματική εγκατάσταση στη θάλασσα.

Ένας ακόμη παράγοντας για την επιλογή αυτών των πέντε συσκευών ήταν ότι υπάρχει γι' αυτές ένα ελάχιστο επίπεδο πληροφοριών που διατίθεται δημοσίως, πράγμα που δεν συμβαίνει με ορισμένα άλλα έργα.

3.1.4 Αρχή λειτουργίας

Οι τεχνολογίες ενέργειας κυμάτων καταγράφουν την κίνηση των κυμάτων του ωκεανού και της θάλασσας και τη χρησιμοποιούν για να δημιουργήσουν ενέργεια - συνήθως ηλεκτρική ενέργεια. Η ποσότητα ενέργειας που δημιουργείται εξαρτάται από την ταχύτητα, το ύψος και τη συχνότητα του κύματος, καθώς και από την πυκνότητα του νερού.

Τα κύματα δημιουργούνται από τον άνεμο που κινείται πάνω από την επιφάνεια του ωκεανού, αλλά συνεχίζονται πολύ μετά το τέλος του ανέμου. Αυτή η συμπληρωματικότητα καθιστά την κυματική ενέργεια τον τέλειο συνεργάτη για την αιολική ενέργεια, καθώς επεκτείνει σημαντικά την παραγωγή ενέργειας.

3.1.5 Τεχνολογία κυματικής ενέργειας

Υπάρχουν επί του παρόντος αρκετές διαφορετικές τεχνολογίες κυματικής ενέργειας. Έχουν σχεδιαστεί για να αξιοποιούν την ενέργεια των κυμάτων σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Ένας σημειακός απορροφητής είναι μια πλωτή σημαδούρα που απορροφά ενέργεια μέσω της κίνησης των κυμάτων στην επιφάνεια του νερού.

Ένας μετατροπέας κύματος ταλάντωσης είναι τοποθετημένος στον βυθό της θάλασσας σε πιο ρηχά νερά και αξιοποιεί την κυματική ενέργεια με ένα ταλαντούμενο πτερύγιο.

Μια στήλη ταλαντούμενου νερού είναι μια μερικώς βυθισμένη, κούφια δομή που είναι ανοιχτή στο θαλασσινό νερό κάτω από την επιφάνεια και συνδέεται με έναν αεροστρόβιλο πάνω μέσω ενός θαλάμου. Καθώς τα κύματα ανεβαίνουν και πέφτουν, ο αέρας στον θάλαμο ωθείται μπρος-πίσω μέσω του αεροστρόβιλου, παράγοντας ενέργεια.

3.1.6 Προετοιμασία για ενεργειακά αγροκτήματα πρώτου κύματος

Σήμερα, σε κλίμακα και πλήρους μεγέθους πρωτότυπα κυματικής ενέργειας δοκιμάζονται στη θάλασσα. Οι πιο προηγμένοι προγραμματιστές συσκευών σχεδιάζουν και κατασκευάζουν τις πρώτες φάρμες ενέργειας κυμάτων πολλαπλών συσκευών σε όλη την Ευρώπη, κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Πορτογαλία, την Ισπανία και την Ιταλία.

3.2 Παλιρροιακό ρεύμα - Μια 100% προβλέψιμη καθαρή πηγή ενέργειας

3.2.1 Ιστορική Αναδρομή & Εξέλιξη

Οι τεχνολογίες των παλιρροιακών ρευμάτων παράγουν ηλεκτρισμό από τη ροή του νερού που δημιουργείται από τις παλίρροιες και επιταχύνεται από την παράκτια τοπογραφία. Όπως και κατά το πρώτο στάδιο ανάπτυξης των τεχνολογιών αιολικής και κυματικής ενέργειας,

έχουν προταθεί, και εξακολουθούν να προτείνονται, διάφορες διαμορφώσεις για την εκμετάλλευση των παλιρροιακών ρευμάτων. Οι περισσότερες βασίζονται σε περιστρεφόμενους ρότορες, είτε οριζοντίου είτε κατακόρυφου άξονα. Προς το παρόν δεν διατίθεται στο εμπόριο καμία διάταξη εκμετάλλευσης των παλιρροιακών ρευμάτων. Έχουν δοκιμαστεί και δοκιμάζονται διάφορες διατάξεις σε μικρή κλίμακα, ενώ κάποιες μηχανές δοκιμάστηκαν ως πρωτότυπα σε μεγάλη κλίμακα.

Τα ερευνητικά προγράμματα που διεξάγονται από τη βιομηχανία, τις κυβερνήσεις και πανεπιστήμια στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Νορβηγία, την Ιρλανδία, την Ιταλία, τη Σουηδία, τον Καναδά και τις ΗΠΑ κατά την τελευταία δεκαετία έχουν θέσει τα θεμέλια για την αναδύομενη βιομηχανία παλιρροιακής ενέργειας. Σήμερα, διάφορες εταιρείες, με τη στήριξη του ιδιωτικού τομέα, των επενδυτών και των ευρωπαϊκών κυβερνήσεων, πρωτοστατούν στην προσπάθεια εμπορικής εκμετάλλευσης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού από τα παλιρροιακά ρεύματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα σε μεγάλη κλίμακα απαιτεί πλήρως βυθιζόμενους στρόβιλους και μεγάλα και στιβαρής κατασκευής υπεράκτια συστήματα – τα οποία έχουν αρχίσει να είναι τεχνικώς δυνατά μόνο τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχουν πολλές ομοιότητες ανάμεσα στα συστήματα παραγωγής ενέργειας από τον άνεμο και τα παλιρροιακά ρεύματα, τόσο όσον αφορά τις διατάξεις όσο και τη φύση της κινητήριας δύναμης. Ο αμεσότερος τρόπος ανάπτυξης της τεχνολογίας των παλιρροιακών ρευμάτων είναι ο δανεισμός από τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα όπου, τα τελευταία 30 χρόνια, έχουν αναπτυχθεί τόσο η κατάλληλη τεχνολογία όσο και οι συνιστώσες και η τεχνογνωσία. Ένας στρόβιλος παλιρροιακού ρεύματος είναι παρόμοιος με μια ανεμογεννήτρια, πλην του ότι η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού είναι 800 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του αέρα και η τυπική ταχύτητα ροής του θαλάσσιου νερού είναι το ένα πέμπτο αυτής του αέρα. Ένας κατάλληλα διαστασιοποιημένος παλιρροιακός στρόβιλος θα είχε ένα ρότορα με

διάμετρο περίπου τη μισή από αυτήν μιας ανεμογεννήτριας με την ίδια ονομαστική ισχύ.

Σε σχέση με την τεχνολογία των αιολικών, τα συστήματα παλιρροιακών ρευμάτων βρίσκονται σε εμβρυϊκό στάδιο και μέχρι σήμερα έχει πραγματοποιηθεί ένας μικρός μόνο αριθμός επιδείξεων σε κλίμακα πρωτότυπων εγκαταστάσεων με εγκατεστημένη ισχύ άνω των 100 kW. Αναμένεται ότι θα περάσουν αρκετά χρόνια πριν γίνει δυνατή η κατασκευή για εμπορία και εγκατάσταση στοιχείων του εξοπλισμού. Τρεις από τις πλέον σημαντικές επιδείξεις της τεχνολογίας υλοποιήθηκαν μόλις πριν από λίγα χρόνια, δύο από τις οποίες συνεχίζουν ακόμη. Καμιά από τις επιδεικτικές μονάδες δεν αποτελεί πρωτότυπο σταδίου προπαρασκευής για παραγωγή και όλες οι ερευνητικές ομάδες σχεδιάζουν την κατασκευή και δοκιμή μεγαλύτερων συστημάτων πριν προβούν στην παραγωγή τους. Εξάλλου, τα δημοσιευμένα στοιχεία για την απόδοση των συστημάτων παλιρροιακών ρευμάτων, είτε σε κλίμακα μοντέλου είτε πρωτοτύπου, είναι πολύ περιορισμένα. Συνεπώς, το μεγαλύτερο μέρος των διατιθέμενων πληροφοριών προέρχεται από εταιρικά έντυπα και το διαδίκτυο.

Πολλοί μηχανικοί και φορείς ανάπτυξης προτιμούν σήμερα την τεχνολογία που χρησιμοποιεί την κινητική ενέργεια των παλιρροιακών ρευμάτων. Η αρτιότερα τεκμηριωμένη πρώτη προσπάθεια να επιδειχθεί η πρακτική εφαρμογή της ενέργειας των παλιρροιακών ρευμάτων έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στα ύδατα του Loch Linnhe στα Δυτικά Υψίπεδα της Σκωτίας. Στο έργο χρησιμοποιήθηκε ένας στρόβιλος, συγκρατούμενος στο μέσο του νερού με καλώδια, τα οποία εκτείνονταν από την αγκύρωση του πυθμένα σε μία πλωτή φορηγίδα.

Η περίοδος από τα μέσα έως τα τέλη της δεκαετίας του 1990 ήταν κυρίως χρόνος προγραμματισμού και ανάπτυξης και μόνο στις αρχές του 21ου αιώνα ήταν έτοιμα προς δοκιμή περαιτέρω συστήματα. Το 2000, έγινε η δοκιμή μιας μεγάλης πλωτής διάταξης κατακόρυφου άξονα στα Στενά της Μεσσίνα. Η εταιρεία Marine Current Turbines Ltd έχει εγκαταστήσει προς επίδειξη ένα μεγάλο πρωτότυπο σύστημα που

εδράζεται σε πυλώνες, το αποκαλούμενο Seaflo, στο κανάλι του Μπρίστολ, μεταξύ Αγγλίας και Ουαλίας.

Στη Νορβηγία, το έργο στο Hammerfest Strøm έδειξε ότι τα εδραζόμενα σε πυλώνα συστήματα οριζόντιου άξονα μπορούν να λειτουργήσουν σε περιβάλλον φιόρντ. Στις ΗΠΑ, η εγκατάσταση της πρώτης από μια συστοιχία παλιρροιακών στροβίλων πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2006 στο East River της Νέας Υόρκης. Όταν τεθεί σε πλήρη λειτουργία, θα είναι η πρώτη εγκατεστημένη συστοιχία παλιρροιακών διατάξεων στον κόσμο. Το 2007, ολοκληρώθηκε ο εξοπλισμός του Ευρωπαϊκού Κέντρου Θαλάσσιας Ενέργειας (EMEC), που συστάθηκε το 2004 για τη δοκιμή σε πλήρη κλίμακα των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της θαλάσσιας ενέργειας με διαφανή και σίγουρο τρόπο. Οι θέσεις για τις παλιρροιακές δοκιμές βρίσκονται πλησίον του νοτιοδυτικού άκρου της νήσου Eday (Σκωτία).

3.2.2 Ενεργειακός πόρος & Θέσεις

Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τα θαλάσσια ρεύματα αλλά καταβάλλονται προσπάθειες για την κάλυψη του κενού. Μια σημαντική μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την αξιολόγηση του πόρου των παλιρροιακών ρευμάτων σε 106 τοποθεσίες της Ευρώπης, με προκαθορισμένα χαρακτηριστικά που τις καθιστούν κατάλληλες για εκμετάλλευση της ενέργειας από τα παλιρροιακά ρεύματα, υπολόγισε τους εκμεταλλεύσιμους πόρους των τοποθεσιών αυτών σε 48 TWh ετησίως (IT Power, 1996). Το συνολικό δυναμικό των επιλεγμένων τοποθεσιών αντιστοιχεί σε μια εγκατεστημένη ισχύ στροβίλων θαλάσσιων ρευμάτων άνω των 12.000 MW.

Η εκτίμηση της Βρετανικής κυβέρνησης για το Ηνωμένο Βασίλειο είναι 320 MW εγκατεστημένης ισχύος μέχρι το 2010 (ETSU/DTI, 1999). Μια πιο πρόσφατη μελέτη των Black & Veatch (2004), που εφαρμόζει μια τροποποιημένη και πιο ακριβή μεθοδολογία, εκτιμά για το ΗΒ μια απολήψιμη ποσότητα ενέργειας από τα παλιρροιακά ρεύματα της τάξης των 22 TWh. Μολονότι η σχετική με τα

παλιρροιακά ρεύματα βάση δεδομένων του ΗΒ είναι αρκετά περιορισμένη στην παρούσα φάση, εντούτοις καμία άλλη χώρα δεν διαθέτει πιο λεπτομερή στοιχεία. Το 2005, το Ινστιτούτο Ερευνών Ηλεκτρικής Ενέργειας (EPRI) προέβη σε μια εκτίμηση της τεχνο-οικονομικής σκοπιμότητας της μετατροπής της ενέργειας των παλιρροιακών ρευμάτων στη Βόρεια Αμερική, η οποία απέδωσε κάποια χρήσιμα αποτελέσματα. Άλλες χώρες με εξαιρετικά υψηλό δυναμικό είναι η Ιρλανδία, η Ιταλία, οι Φιλιππίνες και η Ιαπωνία.

Ο παρακάτω χάρτης παρουσιάζει το μέσο παλιρροιακό εύρος 237 τοποθεσιών κατά μήκος των ευρωπαϊκών ακτών. Οι τοποθεσίες αυτές βρίσκονται 50 έως 100 χλμ. μακριά από την ακτή, ενώ η απόσταση μεταξύ των τοποθεσιών είναι περίπου 100 χλμ. Ο χάρτης είναι το αποτέλεσμα ανάλυσης μιας μελέτης που διενήργησε ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (<http://www.eea.europa.eu/>).



Εικόνα 3-2

Ευρωπαϊκός χάρτης παλιρροιακού δυναμικού

3.2.3 Ευρωπαϊκός Χάρτης του Πόρου

Το δυναμικό των παλιρροιακών ρευμάτων είναι γενικά μεγαλύτερο σε περιοχές όπου τα ύδατα είναι σχετικά ρηγά, όπου υπάρχει ένα παλιρροιακό εύρος και όπου η ταχύτητα των ρευμάτων ενισχύεται από το φαινόμενο χοάνης μεταξύ της τοπικής ακτογραμμής και του θαλάσσιου πυθμένα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σε στενά και ορμίσκους γύρω από ακρωτήρια και στα κανάλια μεταξύ νήσων. Τα σημεία εισόδου σε περιοχές εισδοχής των υδάτων στη στεριά, σε όρμους και μεγάλα λιμάνια παρουσιάζουν συνήθως μεγάλη ροή ρεύματος. Συγκεκριμένα, υπάρχουν μεγάλες ροές θαλάσσιων ρευμάτων όπου εμφανίζεται σημαντική διαφορά φάσης μεταξύ των παλιρροιών που ρέουν και από τις δύο πλευρές μεγάλων νήσων. Μια καλή παλιρροιακή τοποθεσία είναι αυτή που έχει βαθυμετρικά και πυθμενικά γνωρίσματα που επιτρέπουν την εγκατάσταση παλιρροιακών διατάξεων, έρχεται σε ελάχιστη έως καθόλου ρήξη με άλλες χρήσεις του θαλάσσιου χώρου και βρίσκεται κοντά σε ένα σημείο διασύνδεσης φορτίων και δικτύου.

Σε σύγκριση με τις κυματικές ή αιολικές τεχνολογίες, οι απαιτήσεις όσον αφορά την επιλογή του τόπου εγκατάστασης των παλιρροιακών στροβίλων είναι πολύ πιο συγκεκριμένες. Όπως και με την αιολική ενέργεια, ένας κυβικός συντελεστής συνδέει τη στιγμιαία ισχύ με την ταχύτητα του υγρού. Ένα θαλάσσιο ρεύμα ταχύτητας 2,5 μέτρων ανά δευτερόλεπτο (5 κόμβων), όχι και ασυνήθιστο συμβάν για τις τοποθεσίες αυτές, αντιστοιχεί σε ροή ισχύος της τάξης των 8 kW ανά τετραγωνικό μέτρο. Η ελάχιστη ταχύτητα για πρακτικούς λόγους είναι το 1 μέτρο ανά δευτερόλεπτο (2 κόμβοι), που αντιστοιχεί σε 0,5 kW ανά τετραγωνικό μέτρο. Στην πράξη, απαιτούνται τοποθεσίες μέσω των εαρινών παλιρροιακών ρευμάτων αιχμής ταχύτερων των 4 - 5 κόμβων (2 - 2,5 m/s), αλλιώς η ενεργειακή πυκνότητα δεν θα επαρκεί για την ύπαρξη ενός οικονομικά βιώσιμου έργου.

3.2.4 Τύποι τεχνολογίας

Η διεργασία μετατροπής της ενέργειας των παλιρροιακών ρευμάτων είναι παρόμοια στις βασικές αρχές της με τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Πολλές από τις προτεινόμενες διατάξεις μοιάζουν αρκετά με τις ανεμογεννήτριες. Οι απόψεις για το σχήμα και τη γεωμετρία καθαυτής της τεχνολογίας μετατροπής είναι αποκλίνουσες. Τα αιολικά συστήματα είναι σχεδόν εξολοκλήρου γεννήτριες οριζόντιου άξονα και πολλοί κατασκευαστές προτιμούν αυτή τη γεωμετρία για τη μετατροπή της παλιρροιακής ενέργειας. Ωστόσο, δεν έχουν απορριφθεί και τα συστήματα κατακόρυφου άξονα.

Ο μετασχηματισμός της ενέργειας μέσω ενός μετατροπέα ενέργειας παλιρροιακού ρεύματος περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα:

- Ο ρότορας του στροβίλου (ή οποιοσδήποτε άλλος τύπος κινητήριας μηχανής που αποσπά την ενέργεια της ροής) κινείται από το ρεύμα. Η διαδικασία αυτή μετατρέπει την ενέργεια των ρευμάτων σε περιστροφική ενέργεια του άξονα.
- Το κιβώτιο ταχυτήτων μετατρέπει τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής του άξονα του στροβίλου στην επιθυμητή ταχύτητα του άξονα της γεννήτριας.
- Η γεννήτρια μετατρέπει την ενέργεια του άξονα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μεταφέρεται στην ακτή μέσω ενός υποβρύχιου καλωδίου επί του βυθού.

Ουσιαστικά, η ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό από μια διάταξη παλιρροιακού ρεύματος είναι συνάρτηση του πόρου στον οποίο αυτή είναι εγκατεστημένη (π.χ. τοπικές συνθήκες παλίρροιας), της κινητήριας μηχανής της διάταξης και του δυναμολήπτη της διάταξης (δηλ. οτιδήποτε βρίσκεται μεταξύ της κινητήριας μηχανής και των τερματικών σύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο). Το σύστημα είναι δυναμικό και οι αλλαγές σε ένα τμήμα αυτού μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις σε κάποιο άλλο.



Διάγραμμα 3-1 Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των διατάξεων θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας

Αν και είναι δυνατόν να γίνουν γενικές παρατηρήσεις για τα χαρακτηριστικά απόδοσης των διατάξεων παλιρροιακών ρευμάτων και να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις υψηλής απόδοσης που είναι κοινές μεταξύ πολλών εναλλακτικών σχεδιασμών, για την κατανόηση των χαρακτηριστικών απόδοσης είναι απαραίτητο να εξεταστούν με προσοχή συγκεκριμένα σχέδια διατάξεων. Εξαιτίας των πολλών τρόπων με τους οποίους μπορεί να γίνει η σύνθεση των διατάξεων παλιρροιακών ρευμάτων, τα χαρακτηριστικά της απόδοσής τους παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές.

3.2.5 Περιπτώσεις Εφαρμογής

Έχουν κατασκευαστεί σε αρκετές χώρες διατάξεις παλιρροιακών ρευμάτων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν επί του παρόντος εμπορικά σχήματα στον κόσμο, αλλά μόνο ένας αριθμός επιδεικτικών έργων που υλοποιούνται. Τα πλέον αξιοσημείωτα είναι:

- Η εταιρία Hammerfest Strøm ανέπτυξε τον πρώτο συνδεδεμένο στο δίκτυο παλιρροιακό στρόβιλο, ο οποίος εγκαταστάθηκε τον Σεπτέμβριο του 2003 στο Kvalsundet, ανοικτά του Hammerfest (Νορβηγία), σε βάθος 50 μέτρων. Ο στρόβιλος διαθέτει τρία πτερύγια δέκα μέτρων τα οποία περιστρέφονται από τα ρεύματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος έως 300 kW και εδράζεται σε 20-μετρους τρίποδες οι οποίοι έχουν αγκυρωθεί στον πυθμένα της θάλασσας.

- Η πρώτη στον κόσμο παλιρροιακή γεννήτρια που εγκαταστάθηκε στην ανοιχτή θάλασσα, ένα μίλι ανοιχτά της ακτής Lynmouth στο Ντέβον, την άνοιξη του 2003, ήταν της εταιρίας MCT Ltd. Η θέση επελέγη λόγω των ισχυρών εαρινών παλιρροιακών της ρευμάτων, που ξεπερνούν τους 5 κόμβους, και την εύκολη πρόσβαση σε αυτή. Ο πρωτότυπος στρόβιλος, ισχύος 300 kW και διαμέτρου 11 μέτρων (Seaflow) τοποθετήθηκε σε χαλύβδινο πυλώνα ο οποίος πακτώθηκε στον πυθμένα.
- Το πρόγραμμα επίδειξης Roosevelt Island Tidal Energy (RITE) της εταιρίας Verdant Power, ισχύος 175 kW (αποτελούμενο από 6 στρόβιλους ελεύθερης ροής – 5 με γεννήτριες των 35 kW και μία εξοπλισμένη με δυναμόμετρο για την παρακολούθηση των λειτουργιών του έργου) αδειοδοτήθηκε και άρχισε την δοκιμαστική λειτουργία του στα μέσα του 2006.

Πέραν αυτών, έχει κατασκευαστεί το εμπορικό πρωτότυπο SeaGen της εταιρίας MCT, ισχύος 1.2 MW, και βρίσκεται στη φάση εγκατάστασής του στο Strangford Lough της Βόρειας Ιρλανδίας. Ο πρώτος κατασκευαστής που χρησιμοποίησε την τοποθεσία παλιρροιακών δοκιμών του EMEC στα νησιά Όρκνι ήταν η OpenHydro, ο ανοιχτού τύπου στρόβιλος της οποίας εγκαταστάθηκε εκεί στα τέλη του 2006. Προγραμματίζεται η εγκατάσταση και δοκιμή και άλλων παλιρροιακών συστημάτων στο ίδιο μέρος κατά το 2008.

Τα παλιρροιακά ρεύματα προκαλούνται από τις βαρυτικές δυνάμεις του ήλιου και της σελήνης και είναι ιδιαίτερα συγκεντρωμένα σε στενά υδάτινα σώματα, όπως γύρω από νησιά ή εισόδους. Με εκτιμώμενο παγκόσμιο πόρο 800-1200 TWh, η ενέργεια των παλιρροϊκών ροών θα συμβάλει σημαντικά στην απαλλαγή των ενεργειακών μας συστημάτων από τον άνθρακα.

Είναι δυνατό να προβλεφθεί η παραγωγή παλιρροϊκής ενέργειας εκατοντάδες χρόνια νωρίτερα. Τα παλιρροιακά ρεύματα δεν επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες, αλλά μόνο από τους γνωστούς κύκλους της σελήνης, του ήλιου και της γης. Αυτή η μακροπρόθεσμη προβλεψιμότητα καθιστά την παλιρροιακή ενέργεια μία από τις πιο

αξιόπιστες διαθέσιμες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Έχει να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο σε μια Ευρώπη που τροφοδοτείται 100% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς είναι καθοριστικής σημασίας για τη διασφάλιση του βασικού φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας και την εξισορρόπηση του δικτύου.

3.2.6 Αρχή λειτουργίας

Οι συσκευές παλιρροιακού ρεύματος αξιοποιούν την πλευρική ροή των ρευμάτων περιστρέφοντας έναν στρόβιλο για να παράγουν καθαρή, ανανεώσιμη ενέργεια. Οι τουρμπίνες παλιρροιακού ρεύματος λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τις ανεμογεννήτριες, αν και σε διαφορετικό περιβάλλον. Δεδομένου ότι το νερό είναι 832 φορές πιο πυκνό από τον αέρα, οι παλιρροϊκές συσκευές συλλαμβάνουν περισσότερη ενέργεια από τις αντίστοιχες του ανέμου. Είναι επομένως μικρότερα και τα αγροκτήματα καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο, καθώς μπορούν να τακτοποιηθούν πιο πυκνά.

3.2.7 Τεχνολογία παλιρροιακών ροών

Οι παλιρροϊκοί στρόβιλοι μπορούν να στερεωθούν στον πυθμένα της θάλασσας ή να επιπλέουν πιο κοντά στην επιφάνεια με αγκυροβόλια προσαρτημένα στον πυθμένα της θάλασσας.

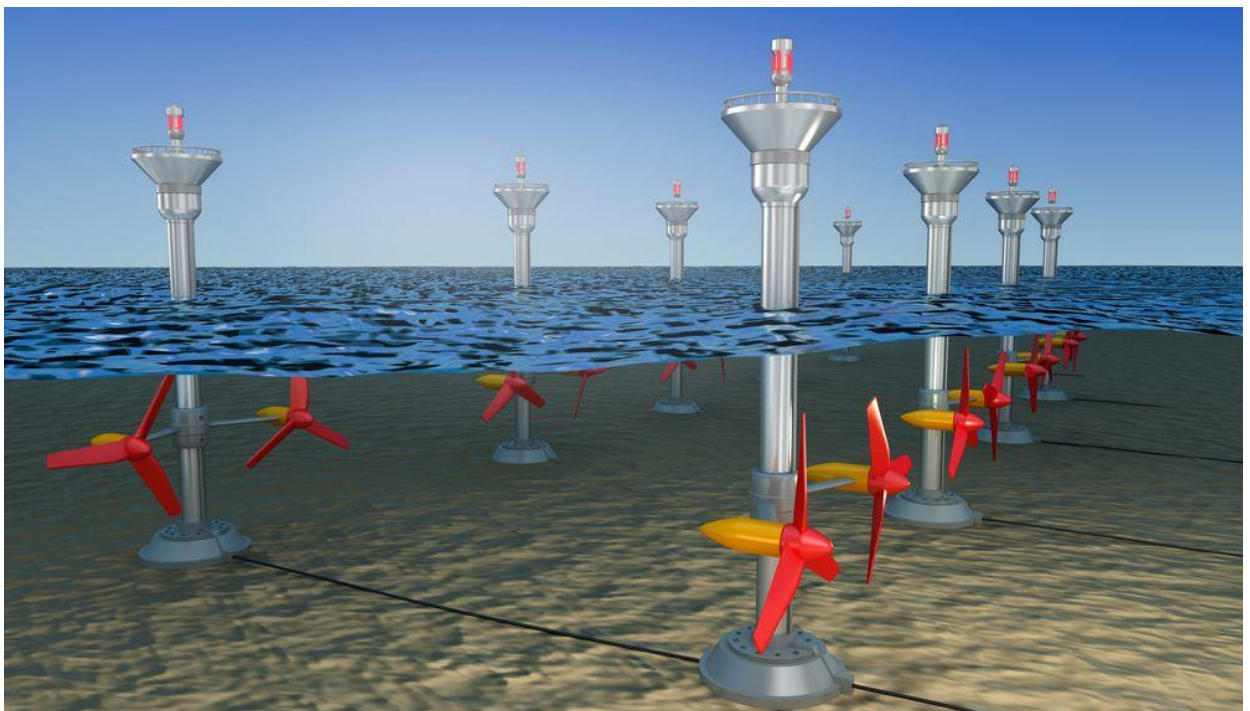
Ο πιο κοινός τύπος τεχνολογίας παλιρροιακής ενέργειας είναι ο στρόβιλος οριζόντιου άξονα. Οι ρότορες μιας τουρμπίνας οριζόντιου άξονα περιστρέφονται από τα παλιρροιακά ρεύματα, όπως τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας θα περιστρέφονταν από τον άνεμο.

Άλλα σχέδια περιλαμβάνουν τον στρόβιλο κάθετου άξονα και τον παλιρροιακό χαρταετό. Οι στρόβιλοι κάθετου άξονα λειτουργούν με τις ίδιες αρχές με τους στρόβιλους οριζόντιου άξονα, αλλά είναι προσανατολισμένοι κατακόρυφα. Ένας παλιρροϊκός χαρταετός είναι δεμένος στον πυθμένα της θάλασσας και «πετά» μέσα στο νερό με έναν στρόβιλο στερεωμένο κάτω από το «φτερό» του για να παράγει ισχύ από την κίνηση. Οι παλιρροϊκοί χαρταετοί μπορούν επίσης να

χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε περιοχές με πιο αργές παλιρροιακές ροές.

3.2.8 Τύποι παλιρροϊκής ενέργειας

Για την αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας, υπάρχουν τρεις μηχανισμοί, ικανοί να εκμεταλλευτούν τα κύματα της θάλασσας, για την αποτελεσματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία και των τριών μηχανισμών βασίζεται κυρίως στη διαφορά της στάθμης των υδάτων, σε υψηλή και χαμηλή παλίρροια. Βέβαια, το επιτυγχάνουν με διαφορετικούς τρόπους.



Εικόνα 3-3 Παλιρροϊκοί στρόβιλοι

3.2.8.1 Παλιρροιακό ρεύμα

Σε αυτού του είδους τον μηχανισμό, οι τουρμπίνες τοποθετούνται κάτω από το νερό σε ένα παλιρροιακό ρεύμα. Στην ουσία, πρόκειται για ένα γρήγορο ρεύμα νερού το οποίο δημιουργείται από τις παλίρροιας.

Οι τουρμπίνες αυτές έχουν σχεδιαστεί ώστε να εκμεταλλεύονται τη διπλή κατεύθυνση της ροής του παλιρροιακού ρεύματος ενώ αποδίδουν αποτελεσματικότερα όταν βρίσκονται σε ρηγά νερά. Βέβαια, λόγω του

μεγάλου μεγέθους των τουρμπινών, υπάρχει περίπτωση να διαταράξουν την παλίρροια που προσπαθούν να αξιοποιήσουν.

Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται σωστή και μελετημένη εγκατάσταση όπως και σωστή διαχείριση του ρεύματος.

3.2.8.2 Παλιρροιακό φράγμα

Τα παλιρροιακά φράγματα στην ουσία πρόκειται για μεγάλα φράγματα. Τα φράγματα αυτά μπορούν να εγκατασταθούν σε μία εκβολή ποταμών ώστε όταν εισέρχεται και εξέρχεται η παλίρροια, το νερό να ρέει μέσω των σηράγγων στο φράγμα. Αυτή η διαδικασία είναι ικανή να κινήσει τις ειδικά σχεδιασμένες τουρμπίνες που βρίσκονται στο φράγμα, για παραγωγή κινητικής ενέργειας.

Βέβαια, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να λάβουν σοβαρά υπόψη τους οι μηχανικοί και οι επιστήμονες που εκμεταλλεύονται τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Τα παλιρροϊκά φράγματα εμποδίζουν την κανονική ροή του νερού και ενδέχεται να είναι επιβλαβή για τη θαλάσσια κυρίως ζωή.

Οι αλλαγές της στάθμης του νερού αλλά και η ενδεχόμενη μειωμένη αλατότητα λόγω της μειωμένης ροής, μπορούν να διαταράξουν τη ζωή των φυτών και των θαλάσσιων ζώων. Επίσης, ίσως αποτελέσουν πρόβλημα και για τα πουλιά, τα οποία έρχονται αντιμέτωπα με μειωμένες ποσότητες φαγητού, με αποτέλεσμα να μεταναστεύσουν.



Εικόνα 3-4 Παλιρροιακό φράγμα

3.2.8.3 Παλιρροϊκή λιμνοθάλασσα

Αν και χρησιμοποιούν την τεχνική των φραγμάτων, η παλιρροϊκή λιμνοθάλασσα είναι διαφορετική όσο αφορά τον τρόπο λειτουργίας σε σύγκριση με τα παλιρροϊκά φράγματα. Σημαντική διαφορά ότι δεν σχηματίζουν φράγμα σε όλη την ακτογραμμή ή τις εκβολές.

Μπορούν να τοποθετηθούν σε υπεράκτια ύδατα ενώ συνήθως αποτελούνται από ένα κυκλικό ανάχωμα που συγκρατεί το νερό. Διαθέτουν ένα φράγμα το οποίο ανεβαίνει με αποτέλεσμα η τουρμπίνα που είναι τοποθετημένη στην είσοδο, να επιτρέπει στο νερό να εισέλθει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή κινητικής ενέργειας. Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, καθώς το νερό εξάγεται, παράγεται εκ νέου κινητική ενέργεια.

Η δομή μοιάζει με ένα μεγάλο φράγμα/τοίχο όταν η παλίρροια είναι σε χαμηλή στάθμη και εξαφανίζεται όταν είναι σε υψηλή στάθμη.

Λόγω του ότι η παλιρροϊκή λιμνοθάλασσα δεν δημιουργεί ένα φράγμα από άκρη ως άκρη της ακτογραμμής, είναι λιγότερο επιβλαβές από τα παλιρροιακά φράγματα. Τα ψάρια μπορούν να κολυπήσουν γύρω από

την κατασκευή ενώ δεν επηρεάζεται και η κίνηση του θαλάσσιου εδάφους.

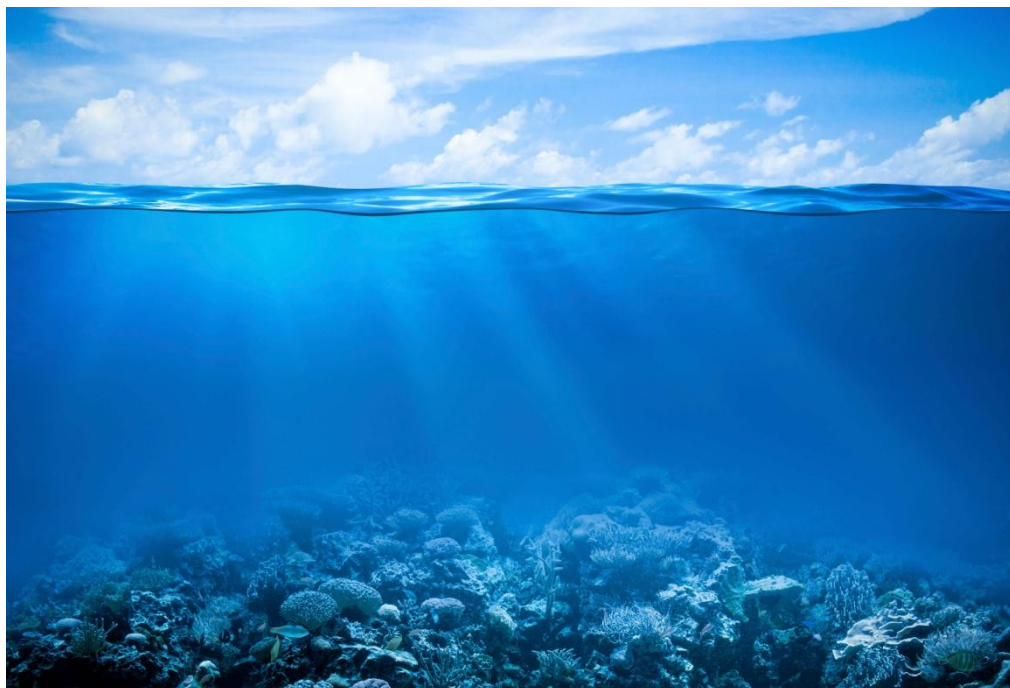
3.2.9 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Οι ισχυρές παλιρροιακές διακυμάνσεις των ποταμών είναι ικανές για παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Ήδη στο Ηνωμένο Βασίλειο, η παλιρροιακή λιμνοθάλασσα του Swansea, παράγει 320MW ηλεκτρικής ενέργειας, επαρκή για να τροφοδοτήσει περισσότερα από 155.000 σπίτια.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα εργοστάσια να παράγουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ορυκτά καύσιμα. Σε αντίθεση με άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή, η παραγωγή ενέργειας από την παλίρροια, είναι εντελώς προβλέψιμη ενώ μία τέτοια κατασκευή όπως η λιμνοθάλασσα, μπορεί να λειτουργήσει για τουλάχιστον 120 χρόνια.

Έρευνες έχουν δείξει πως μόλις λίγες από αυτές τις κατασκευές, θα ήταν σε θέση να παράγουν έως και το 10% ή 15% της συνολικής ενέργειας, που καταναλώνει μία ολόκληρη χώρα.

3.3 Θερμική Ενέργεια Των Ωκεανών: Μια Ανανεώσιμη Πηγή “Ελπίδας”



Εικόνα 3-5 Θέρμανση των ωκεανών από την ηλιακή ενέργεια

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της BP Statistical Review Of The World του Ιουνίου του 2017, η Κίνα κατατάσσεται ως η πρώτη χώρα που παρήγαγε το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές, αφήνοντας στη δεύτερη θέση τις ΗΠΑ. Το παγκόσμιο ποσοστό αυξήθηκε στο 14,1%, σε πρωτόγνωρα μέχρι στιγμής επίπεδα. Αυτή είναι η απόδειξη της προσπάθειας της παγκόσμιας κοινότητας των τελευταίων δεκαετιών στον τομέα του περιβάλλοντος. Η Κίνα, όπως και οι ΗΠΑ είναι αδιαμφισβήτητα δύο από τους ισχυρότερους και πιο απαιτητικούς παίκτες, και οφείλουν να συμβάλλουν στην μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, αλλά και στην εύρεση εναλλακτικών λύσεων. Ο χώρος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένας σημαντικά αξιοποιήσιμος χώρος και φιλικά προσκείμενος προς το περιβάλλον. Εν τούτοις, η απειλή της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου ωθούν την μεγάλη κοινότητα στην αξιοποίηση νέων μορφών πηγών ενέργειας. Στο παρόν άρθρο θα αναφερθούμε στην θερμική ενέργεια των ωκεανών (Ocean Thermal

Energy) – μια μορφή ενέργειας που δεν είναι αρκετά διαδεδομένη και βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, αλλά είναι πολλά υποσχόμενη.

3.3.1 Τι Είναι Η Θερμική Ενέργεια Των Ωκεανών

Η μετατροπή της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας (OTEC) είναι μια διαδικασία που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιώντας την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμών υδάτων (επιφανειακών) και ψυχρών βαθέων υδάτων (υπο-επιφανειακών) σε βάθος 1000 μέτρων. Πρόκειται για μια εναλλακτική προσέγγιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με κατάλληλες περιοχές εφαρμογής τις τροπικές και νησιωτικές – όπως π.χ. του Ειρηνικού Ωκεανού. Ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας εξαρτάται από μια σημαντική προϋπόθεση: η διαφορά θερμοκρασίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 20 βαθμοί Κελσίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά, τόσο περισσότερη ποσότητα ενέργειας παράγεται.

3.3.2 Τα Οφέλη

Αυτή η νέα πειραματική διαδικασία επιτυγχάνεται καλύτερα σε περιοχές όπου είναι εφικτή και η ταυτόχρονη εξυπηρέτηση ενεργειακών ζητημάτων.

1. Αξιοποίηση ενός εγχώριου πόρου

Είναι γεγονός πως οι ωκεανοί είναι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας. Ένα χαρακτηριστικό που προσδίδει μεγάλη αξία -περιβαντολογική αλλά και οικονομική- στα εκάστοτε κράτη. Είναι ο λόγος για τον οποίο αυτή η μορφή ενέργειας μπορεί να εκμεταλλευτεί. Έτσι συμβάλλει θετικά στην εγχώρια οικονομία, με την δημιουργία θέσεων εργασίας. Νέο εργατικό δυναμικό, ειδικευμένο στο χώρο της βιομηχανίας, της παραγωγής ενέργειας και της λειτουργίας των εγκαταστάσεων, μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να φέρει.

2. Ενεργειακή αυτάρκεια

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αυτής της πηγής είναι συνεχής, σε σημείο να είναι δυνατή η αντικατάσταση της ορυκτής

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να διακυβεύεται η σταθερότητα του δικτύου της περιοχής, και να παρέχει ενεργειακή αυτάρκεια.

3. Εξισορρόπηση των εκπομπών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η παραγωγή του ρεύματος γίνεται αποκλειστικά με την καύση ορυκτών καυσίμων. Η ενέργεια αυτή είναι ικανή, λοιπόν, να εξισορροπήσει τις εκπομπές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την σταθερή απόδοση αυτών στο δίκτυο του ηλεκτρισμού, αλλά και να λειτουργήσει συμπληρωματικά σε περίπτωση περαιτέρω ενίσχυσης του δικτύου.

4. Ασφάλεια

Η αξιοποίηση αυτής της ενέργειας είναι ικανή να προσφέρει απόλυτη ενεργειακή ασφάλεια στην χώρα εφαρμογής, αλλά και να την καταστήσει ενεργειακά ισχυρή, έχοντας την αποκλειστικότητα του ενεργειακού πόρου έναντι άλλων παραπλήσιων κρατών.

5. “Καθαρή” πηγή ενέργειας

Θεωρείται ένας βιώσιμος πόρος που μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας περιοχής. Πρόκειται για έναν “καθαρό” και ανανεώσιμο πόρο, με πολύ χαμηλό περιβαλλοντικό ρίσκο, αλλά και ουσιαστικό τόσο για την μείωση των εκπομπών άνθρακα όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Ωστόσο, υπάρχουν οι επιφυλάξεις και τα προβλήματα. Ένα από τα προβλήματα στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το κόστος. Τέτοιες μέθοδοι κοστίζουν πολύ οικονομικά, αλλά κερδίζουν σε περιοχές όπως η Χαβάη, το Πουέρτο Ρίκο και το Γκουαμ, με χαμηλότερους ηλεκτρικούς ρυθμούς. Έπειτα, δεν γίνεται να υπολείπεται και το αισθητικό κομμάτι, ειδικά σε νησιωτικές και τροπικές περιοχές. Η ύπαρξη εγκαταστάσεων προβληματίζουν τους εγχώριους σε σημείο που να απορρίπτονται επενδύσεις τέτοιου είδους, και να μένουν αχρησιμοποίητες συμφέρουσες πηγές ενέργειας.

Η Εφαρμογή Στην Χαβάη

Αρχικά, η ιδέα αυτή εμφανίστηκε από τον Γάλλο Jacques-Arsene d'Arsonval το 1881, και εφαρμόστηκε πειραματικά για πρώτη φορά

στην Κούβα το 1930 και, κατόπιν, πρόσφατα στην Ιαπωνία και την Χαβάη.

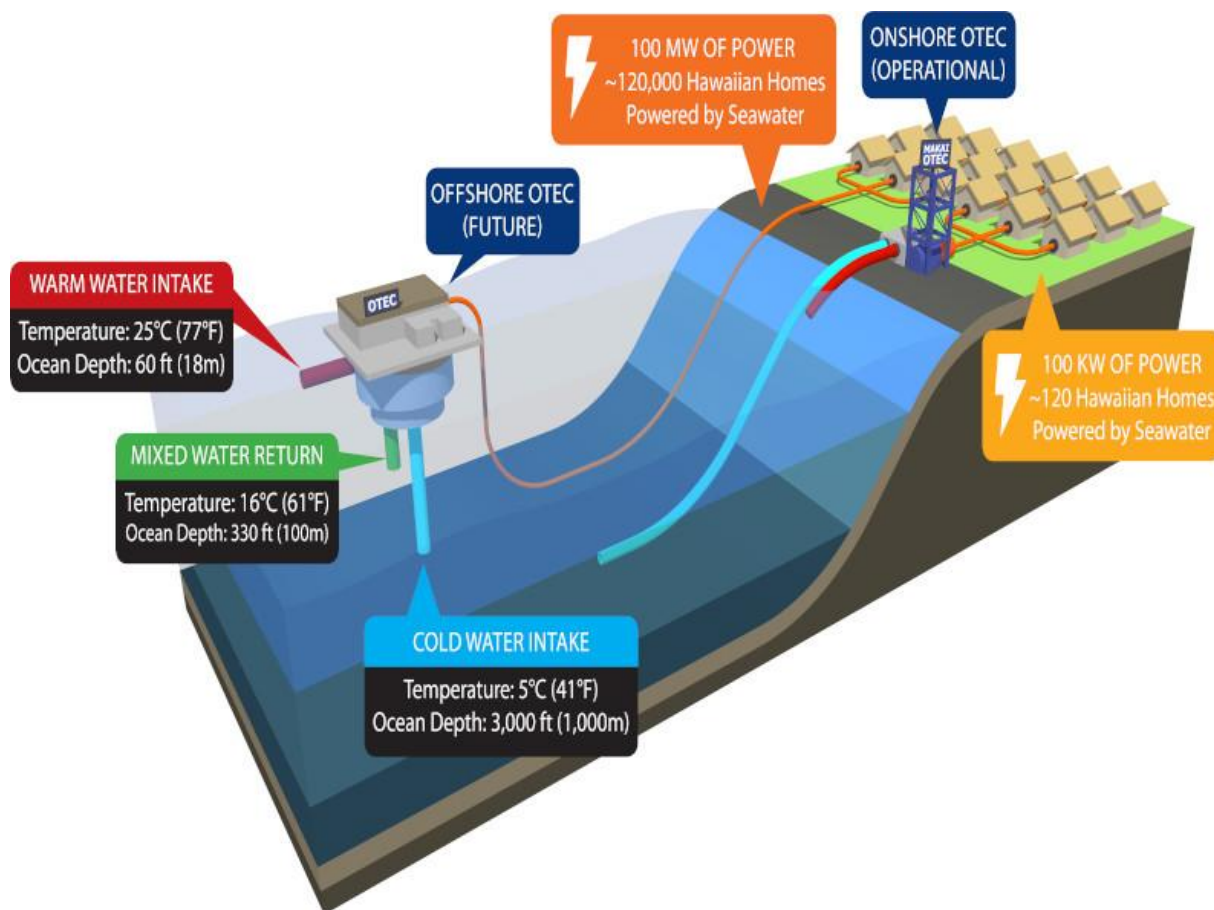


Εικόνα 3-6 Το Κέντρο Ερευνών Ωκεάνιας Ενέργειας στην πόλη Kailua-Kona στη Hawaii.

Η Makai Ocean Engineering είναι η εταιρεία που έχει πρωτοπορήσει στο χώρο της OTEC ήδη από το 1979, και η οποία προχώρησε πρόσφατα και στην ίδρυση εγκαταστάσεων OTEC στην Χαβάη. Σε συνεργασία με το Κέντρο Έρευνας Ωκεανών (OERC) στο Kailua-Kona στη Χαβάη, ερευνάται η δυνατότητα βελτίωσης και χρήσης της θερμικής ενέργειας των ωκεανών. Ήδη από το καλοκαίρι του 2015 έχει τοποθετηθεί μια γεννήτρια που θα καταστήσει το εργοστάσιο OTEC ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο.

Η OTEC κλειστού συστήματος επιτυγχάνει την παραγωγή ενέργειας από την διαφορά θερμοκρασίας της θάλασσας, και με την χρήση δύο μηχανών. Το θερμό νερό διέρχεται από έναν αποστακτήρα (1) και εξατμίζει την αμμωνία. Έπειτα, οι ατμοί της αμμωνίας κινούν μια γεννήτρια όπου παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Στην συνέχεια, ο ατμός χαμηλότερης πίεσης εξέρχεται από τον αποστακτήρα και περνά μέσα από έναν αγωγό σε έναν συμπυκνωτή (2), όπου συμπυκνώνεται με το

κρύο νερό σε υγρή μορφή και, μέσω μιας αντλίας, εισάγεται πάλι στον αποστακτήρα. Και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί και αξιοποιείται η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας στην νησιωτική πολιτεία των ΗΠΑ.



Εικόνα 3-7 Ο τρόπος λειτουργίας της OTEC.

Μια τέτοια καινοτομία θα “ανακουφίσει” την Χαβάη, η ενεργειακή εξάρτηση της οποίας είναι αποκλειστικά από τα ορυκτά καύσιμα. Στόχος των ΗΠΑ είναι να αντικαταστήσει το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στο 100% μέχρι το 2045 στα νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού. Συγκεκριμένα, στην Χαβάη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικές πηγές είναι στο 23%, ξεπερνώντας τον στόχο του 2015 που υπολογιζόταν γύρω στο 15%. Ο επόμενος στόχος είναι 25% μέχρι το 2020, 40% ως το 2030, 70% ως το 2035

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τους Muetze & Vining (2006), ο ωκεανός αποτελεί μία βασική πηγή ενέργειας, όπου το μεγαλύτερο μέρος της είναι ανεκμετάλλευτο και το επίπεδο γνώσης για τη μορφή αυτή είναι σχετικά χαμηλό. Τα υδροηλεκτρικά φράγματα είναι βασική πηγή ενέργειας, η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση του νερού, αλλά και ο ωκεανός είναι και αυτός μία εκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας, κυρίως σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλούς ανέμους. Η ωκεάνια ενέργεια επομένως πηγάζει από την κίνηση που εκπέμπουν τα κύματα.

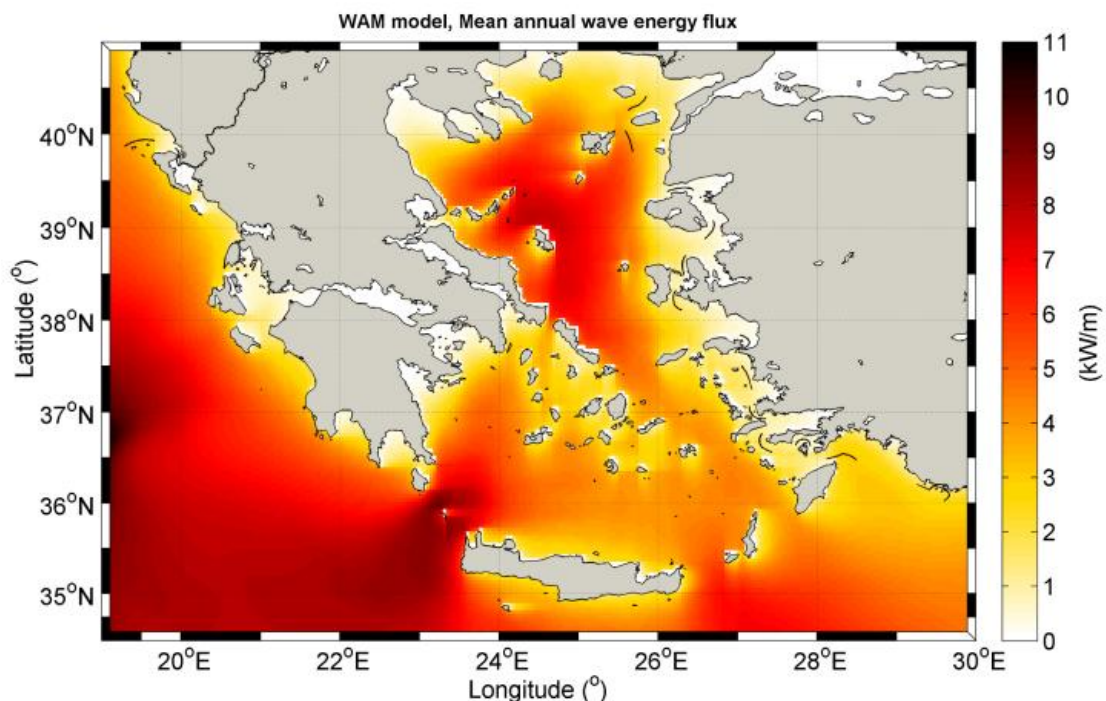
Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά την εκμετάλλευση της ωκεάνιας ενέργειας

- Οι ωκεανοί είναι οι μεγαλύτεροι συλλέκτες της ηλιακής ενέργειας και μπορούν να αποδώσουν τεράστια ποσά ανανεώσιμης κινητικής και θερμικής ενέργειας
- Η ενέργεια αυτή είναι απολύτως «καθαρή» (περίπου μηδενικές εκπομπές CO₂)
- Διασφάλιση θεμάτων εθνικής-ενεργειακής ασφάλειας, μεγαλύτερες ενεργειακές αποδόσεις και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Σημαντική τόνωση της εθνικής οικονομίας
- Κορεσμός χερσαίων εκτάσεων - δυνατότητα κατασκευής κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα
- Η τεχνολογία των μηχανισμών μετατροπής της θαλάσσιας ενέργειας τρέχει με πολύ γρήγορους ρυθμούς
- Έχουν ακόμα σχετικά μεγάλο κόστος συγκριτικά με τις υπόλοιπες πηγές ενέργειας
- Οι περισσότερες συσκευές (πλην των ανεμογεννητριών και κάποιων ρευματογεννητριών) δεν είναι σε τεχνολογικά ώριμο επίπεδο (TRL 9). Π.χ., οι περισσότερες κυματικές συσκευές είναι σε TRL 6-7.
- Η θάλασσα, και ειδικότερα ο παράκτιος χώρος, αποτελεί ενίοτε πεδίο αλληλοσυγκρουόμενων προτεραιοτήτων

- Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα είναι ότι αποτελούν διαλείπουσες μορφές και είναι, ως σήμερα, μη αποθηκεύσιμες σε ευρεία κλίμακα

4.1 Κυματικό δυναμικό

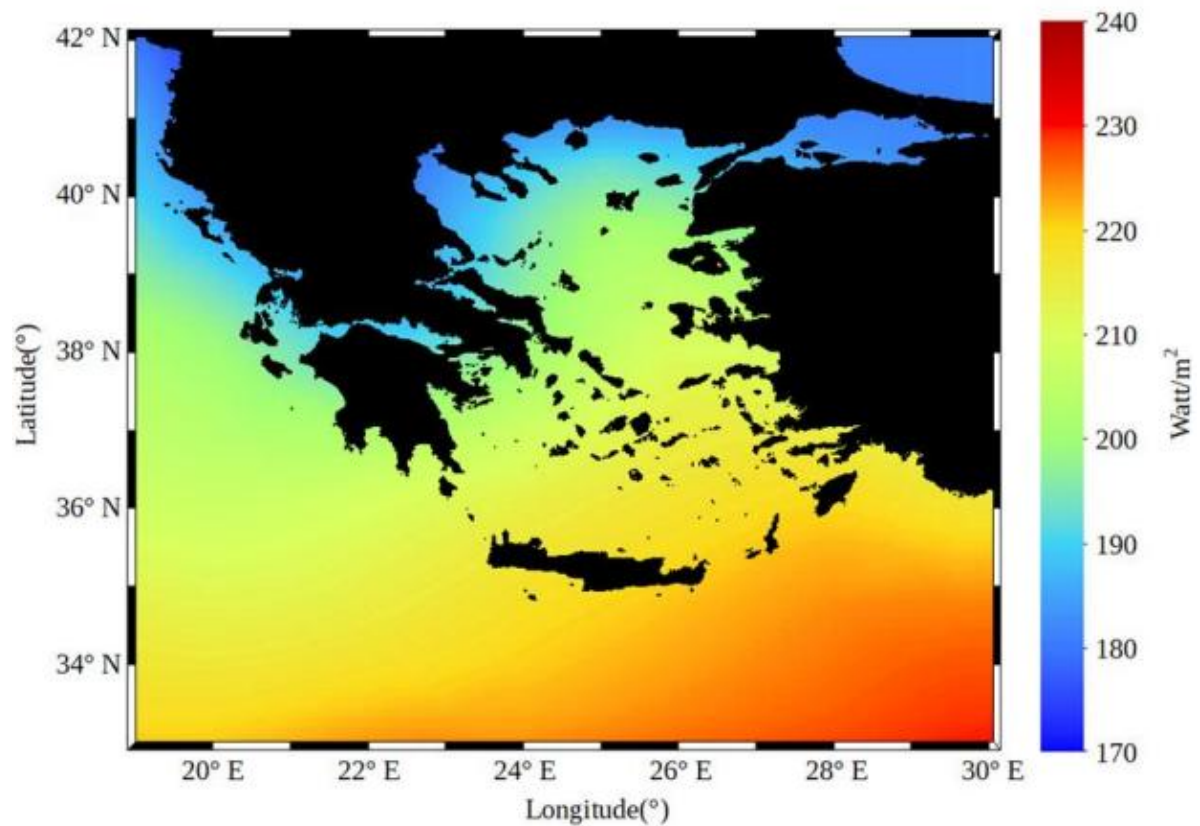
Η βασικότερη παράμετρος για αναλύσεις σκοπιμότητας είναι η μέση ετήσια τιμή της ροής κυματικής ενέργειας. Σήμερα ως ελάχιστο κάτω όριο για αξιοποίηση θεωρείται η τιμή των 15 - 20 kW/m. Είναι απαραίτητη η μελέτη των ακραίων καταστάσεων θάλασσας σε μια υποψήφια περιοχή. Τα πλέον κατάλληλα βάθη πόντισης κυματικών μηχανών σήμερα, θεωρούνται τα 50 m. Το όριο αυτό δεν ισχύει σε υβριδικούς σχεδιασμούς floating κατασκευών. Οι συνθήκες πυθμένα και η απόσταση από την ακτή είναι ήσσονος σημασίας σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες. Πολλές εταιρείες ανάπτυξης κυματικών συσκευών παγκοσμίως, έχουν πτωχέσει λόγω του μεγάλου ακόμα ρίσκου που υπάρχει σε αυτές τις τεχνολογίες.



Εικόνα 4-4-1 Κυματικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες

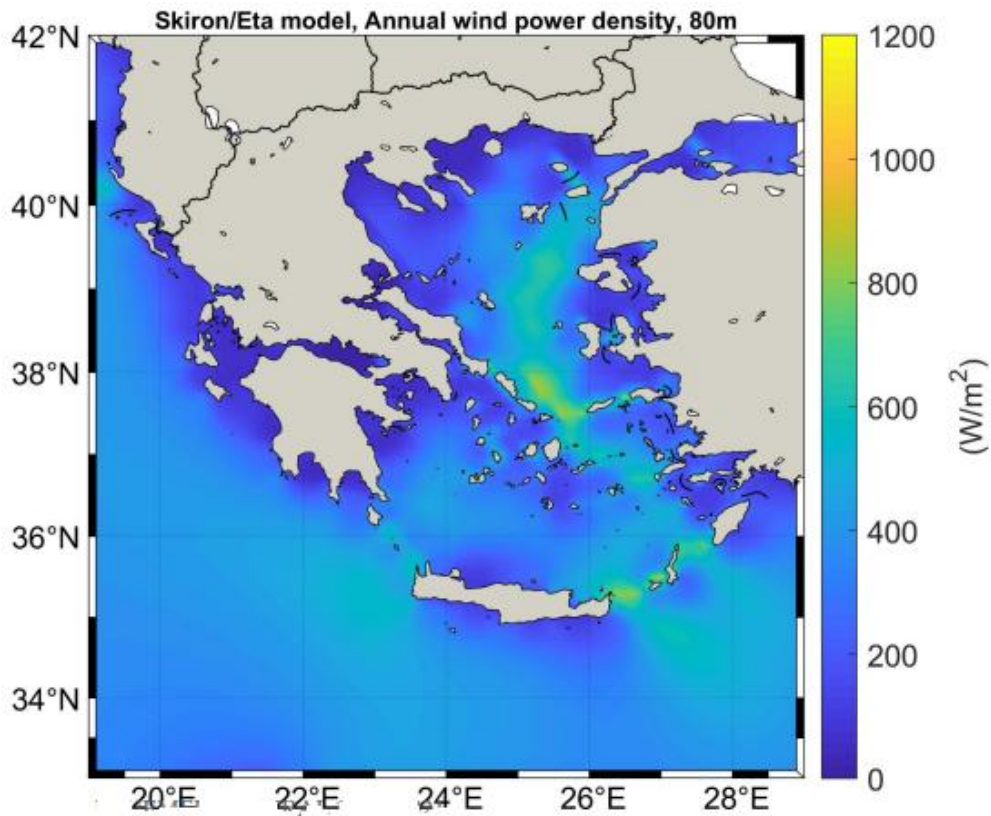
Οι διαθέσιμες τιμές του κυματικού δυναμικού στις Ελληνικές θάλασσες δεν προσφέρονται, με τις υπάρχουσες τεχνολογίες τουλάχιστον, για εκμετάλλευση στην ανοιχτή θάλασσα. Αντίθετα, ορισμένες επάκτιες

κατασκευές (π.χ., oscillating water column) μοιάζουν καταλληλότερες για περαιτέρω διερεύνηση.



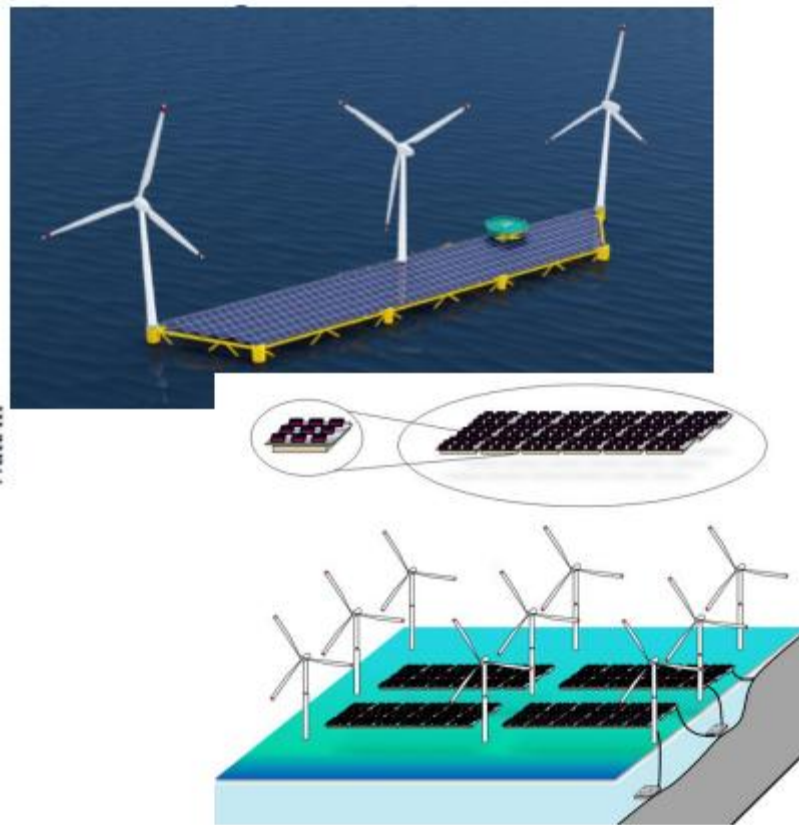
Εικόνα 4-2 Υπεράκτιο ηλιακό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες

Το κυματικό δυναμικό μπορεί να συνδυαστεί με το υπεράκτιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό στις ελληνικές θάλασσες (**Εικόνα 4-2** και **Εικόνα 4-4**) προκειμένου να υλοποιηθούν υβριδικές κατασκευές που συνδυάζουν κυματική και ηλιακή ή/και αιολική ενέργεια (**Εικόνα 4-4**)



Εικόνα 4-3 Υπεράκτιο αιολικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες

Το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό στην χώρα είναι επαρκέστατο για την κάλυψη ενός σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών της. Επιπλέον, το δυναμικό αυτό χαρακτηρίζεται και από πολύ καλές ιδιότητες (technical availability, variability, κ.λπ

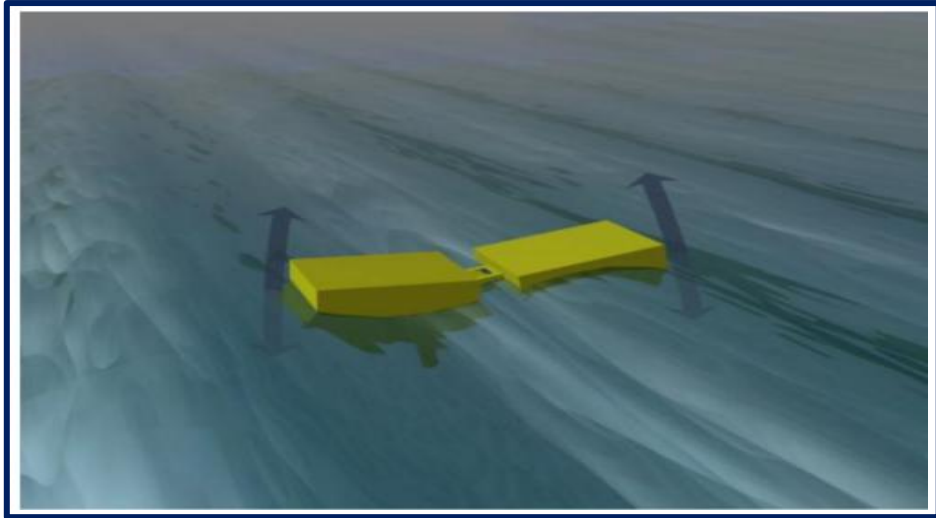


Εικόνα 4-4 Υβριδικές κατασκευές του ανωτέρω τύπου είναι ιδανικές για τον Ελληνικό θαλάσσιο χώρο.

4.2 Συσκευές της Ωκεάνιας Ενέργειας

4.2.1 Εξασθενητής κυμάτων (attenuators)

Ο εξασθενητής κυμάτων αποτελεί μία πλωτή συσκευή, η οποία κινείται παράλληλα με τα κύματα. Ωστόσο, η συσκευή αυτή μπορεί να είναι και βυθισμένη. Ειδικά είναι επιφάνειες οι οποίες κάμπτονται και στρέφονται με τη ροή των κυμάτων. Οι επιφάνειες αυτές προκαλούν μία ταλάντωση, όπου αντιστέκονται τα υδραυλικά έμβολα της συσκευής. Τα έμβολα αυτά παρέχουν υδραυλικά υγρά με υψηλή πίεση, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 4-5 Εξασθενητής κυμάτων (attenuators).



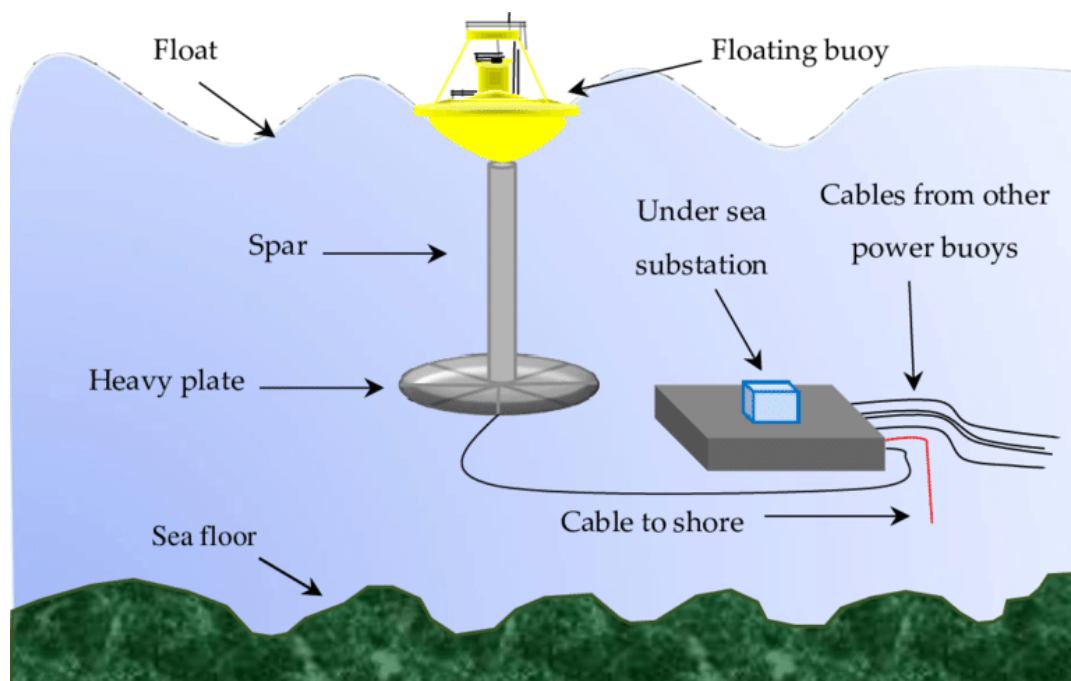
Εικόνα 4-6 Εσωτερική δομή ενός εξασθενητή



Εικόνα 4-70 Εξασθενητής της εταιρίας Pelamis

4.2.2 Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (Point absorbers)

Οι συσκευές αυτές αποσκοπούν στην εκμετάλλευση της κίνησης που προκαλείται από τη μάζα τους, κατά την διαδικασία της ροής των κυμάτων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούνται από δύο συστατικά μέρη, όπου το ένα αναφέρεται στην αλληλεπίδραση των κυμάτων και το άλλο αφορά την σταθερότητα της συσκευής λόγω της δύναμης της βαρύτητας ή της αγκυροβόλησης. Οι συσκευές αυτές είναι είτε πλήρως βυθισμένες είτε σε έναν μικρό βαθμό. Η κίνηση είναι ρυθμισμένη με τέτοιο τρόπο ώστε η συχνότητα της να είναι κατά μέσο όρο κοντά με τη συχνότητα που παράγουν τα κύματα.



Εικόνα 4-8

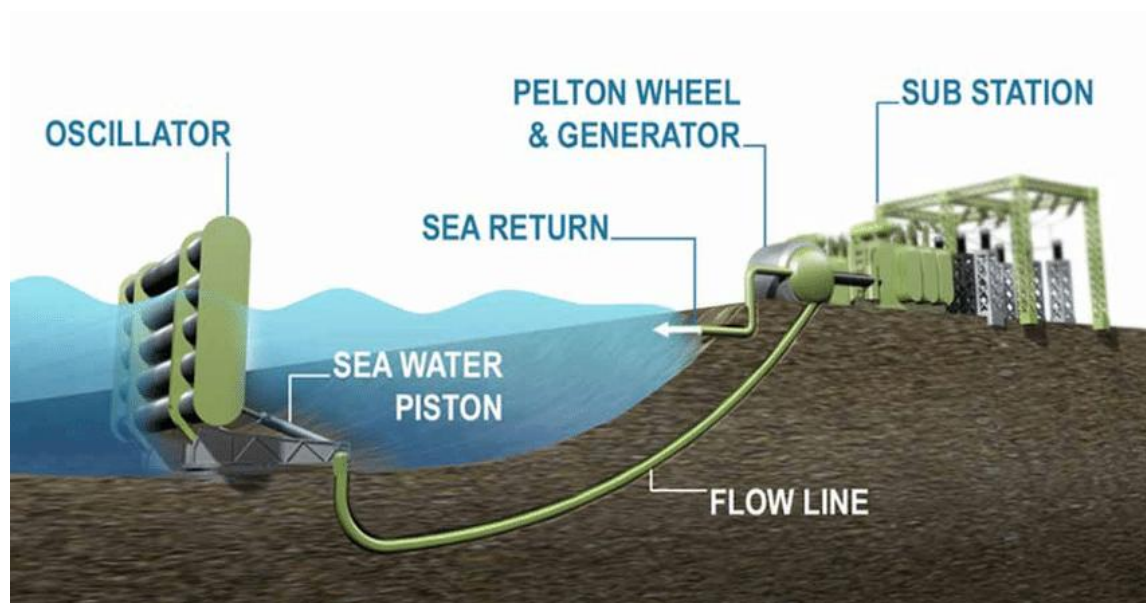
Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (Point absorbers)



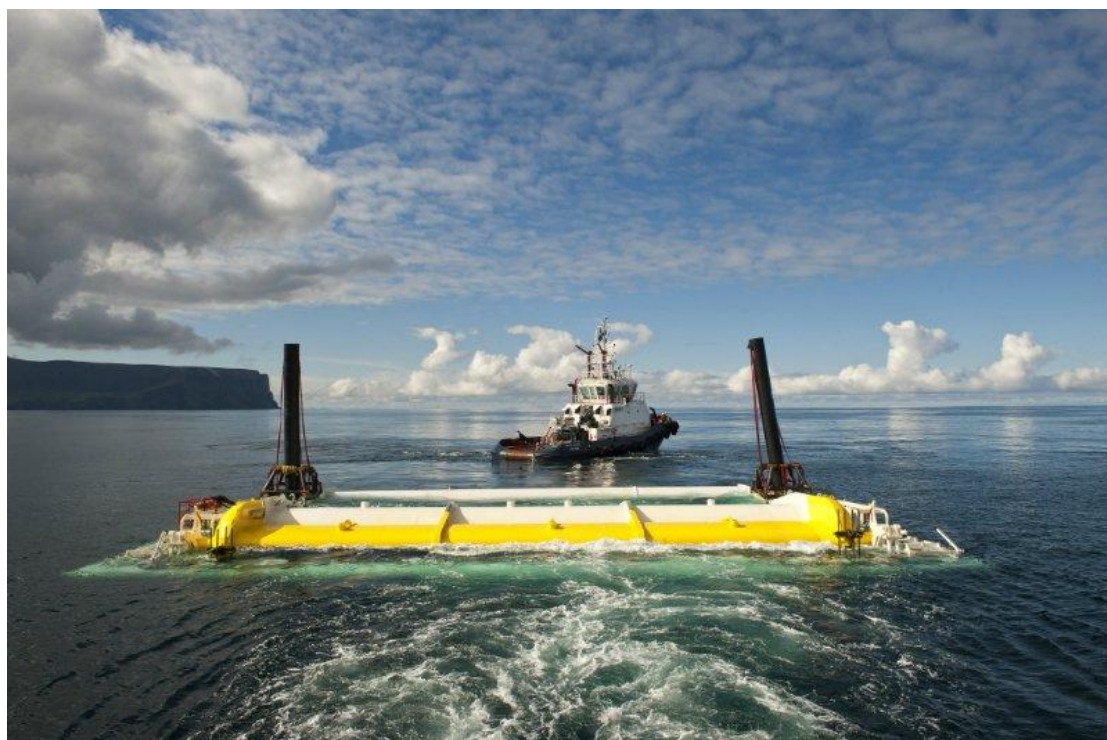
Εικόνα 4-9 Σημειακός απορροφητής (επιθαλάσσια άποψη)

4.2.3 Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης (OWSC - Oscillating Wave Source Converter)

Οι συσκευές αυτές αποσκοπούν στην εκμετάλλευση του φαινομένου της ρήχωσης, το οποίο προκαλείται από την κίνηση της μάζας νερού, κατά τη διάρκεια του κύματος. Οι συσκευές αυτές τοποθετούνται κυρίως σε παράκτιες περιοχές, οι οποίες είναι ρηχές, αφού η κινήσεις της μάζας του νερού είναι ελλειπτικές. Επιπλέον, εγκαθίστανται κάθετα στα κύματα, ενώ περιλαμβάνουν έναν ειδικό βραχίονα στον οποίο δημιουργείται ταλάντωση κατά τη διάρκεια του κύματος. Οι συσκευές αυτές είναι κολλημένες στο βυθό της θάλασσας.



Εικόνα 4-10 Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης ((OWSC)

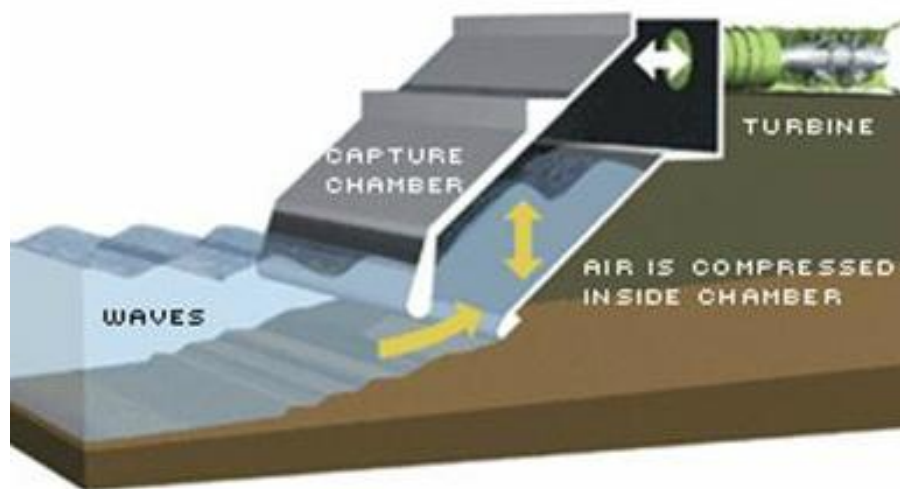


Εικόνα 4-11 OWSC –επιθαλάσσια άποψη

4.2.4 Παλινδρομούσα στήλη νερού (OWC – Oscillating Water Column)

Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τη χρήση ενέργειας των κυμάτων, με σκοπό την περιστροφή της γεννήτριας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει ένα μέρος κατά το ήμισυ υποβρύχιο ικανό να εγκλωβίζει τον αέρα, ένα άνοιγμα το οποίο βρίσκεται κάτω από την

επιφάνεια του νερού για να κρατάει το αέρα και ένα αεροστρόβιλο. Αφού τα κύματα προσεγγίσουν τη συσκευή, συμβαίνει μία κατακόρυφη ταλάντωση στο θάλαμο μέσω της στάθμης νερού, όπου αυξάνεται η πίεση και ο αέρας απελευθερώνεται από το θάλαμο, μετατρέποντας έτσι την κίνηση της γεννήτριας. Αντίθετα, όπως η στάθμη κατεβαίνει στο θάλαμο εισέρχεται αέρας. Η παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω αυτής της κατασκευής επιτυγχάνεται με τη συμπίεση και την αποσυμπίεση του αέρα. Αυτή η συσκευή είναι δυνατόν να εγκατασταθεί παράλληλα στην ακτογραμμή.

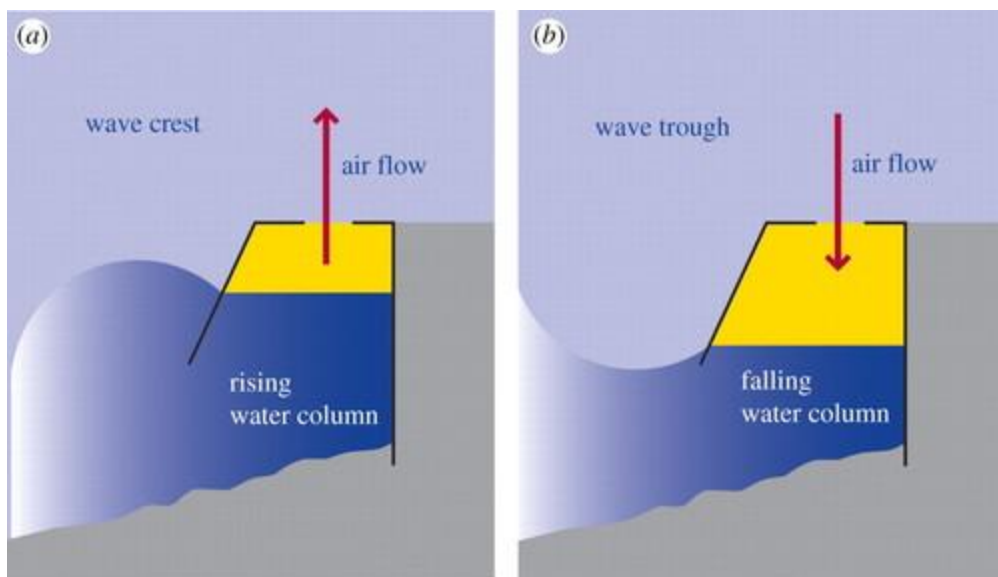


Εικόνα 4-12 Παλινδρομούσα στήλη νερού (OWC)

4.2.5 Συσκευές υπερπήδησης του νερού (Overtopping device)

Με αυτή την τεχνολογία η κυματική ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού. Οι συσκευές αυτές περιλαμβάνουν μία ράμπα, την οποία χρησιμοποιούν για να απορροφήσουν νερό από την κίνηση των κυμάτων, το οποίο διατηρείται σε μία δεξαμενή. Η συγκεκριμένη δεξαμενή, εγκαθίσταται πάνω από τη θάλασσα, η οποία επιστρέφει το νερό σε αυτή, αφού περάσει πρώτα μέσω του υδροστρόβιλου της δεξαμενής, παράγοντας έτσι ηλεκτρισμό. Αυτή η συσκευή είναι δυνατόν να εγκατασταθεί είτε σε περιοχές υπεράκτιες ή στην ακτή.

Η ιδέα της στήλης ταλαντούμενου νερού (OWC) είναι πιθανώς μοναδική μεταξύ των μυριάδων συστημάτων που προτείνονται για την εξαγωγή ενέργειας από τα κύματα του ωκεανού, καθώς είναι η μόνη τεχνολογία όπου ένα βασικό μέρος του συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως μια φυσική δομή. Ένα OWC περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία: έναν θάλαμο συλλέκτη, ο οποίος παίρνει την ισχύ από τα κύματα και τη μεταφέρει στον αέρα εντός του θαλάμου και ένα σύστημα απογείωσης ισχύος (PTO), το οποίο μετατρέπει την πνευματική ισχύ σε ηλεκτρική ενέργεια ή σε κάποια άλλη χρησιμοποιήσιμη μορφή. Η πίεση στον συλλέκτη συμπιέζεται εναλλάξ καθώς η στήλη του νερού ανεβαίνει και σπανίζει καθώς πέφτει η στήλη του νερού. Οι συλλέκτες OWC εμφανίζονται φυσικά με τη μορφή οπών εμφύσησης. Αυτά είναι κοινά σε ασβεστολιθικούς βράχους, αλλά δυστυχώς δεν είναι συνήθως ιδανικής γεωμετρίας για εμπορική χρήση.



Εικόνα 4-13 Αρχή της δράσης OWC.

Το PTO είναι συνήθως ένας αεροστρόβιλος (αν και οι αντλίες νερού έχουν θεωρηθεί ως εναλλακτική λύση) και, για λόγους απλότητας, ο αεροστρόβιλος που συνήθως επιλέγεται είναι αυτοδιορθωτικής μορφής έτσι ώστε είτε ο συλλέκτης εκπνέει είτε εισπνέει, ο στρόβιλος να κινείται την ίδια κατεύθυνση. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή PTO σε αυτήν την εφαρμογή είναι ο συνδυασμός στροβίλου Wells/γεννήτριας επαγωγής και ο κύριος εκφραστής αυτής της

τεχνολογίας είναι η Voith Hydro Wavegen, η οποία έχει πάνω από 60.000 ώρες λειτουργίας συνδεδεμένες στο δίκτυο από τον εγκατεστημένο μετασχηματιστή θαλάσσιας ενέργειας (LIMPET) εργοστάσιο OWC στο νησί Islay της Σκωτίας. Άλλες μορφές αυτοδιορθωτικών τουρμπινών, κυρίως οι παλμικές μηχανές των Dresser-Rand και Oceanlinx, βρίσκονται επίσης υπό ανάπτυξη. Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι αυτά τα μηχανήματα προσφέρουν υψηλότερη απόδοση μετατροπής από έναν στρόβιλο Wells,

Η OWC με έναν αεροστρόβιλο είναι πολύ κατασκευή .Σε πρακτικό επίπεδο:



Εικόνα 4-14 **Blowhole στο Quobba Western Australia**

- υπάρχουν πολύ λίγα κινούμενα μέρη.
- δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη στο νερό.
- η ιδέα είναι προσαρμόσιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά μορφών συλλεκτών που βρίσκονται στην ακτογραμμή, στην παραθαλάσσια περιοχή ή σε πλωτές υπεράκτιες περιοχές·
- η χρήση αεροστρόβιλου εξαλείφει την ανάγκη για κιβώτια ταχυτήτων.

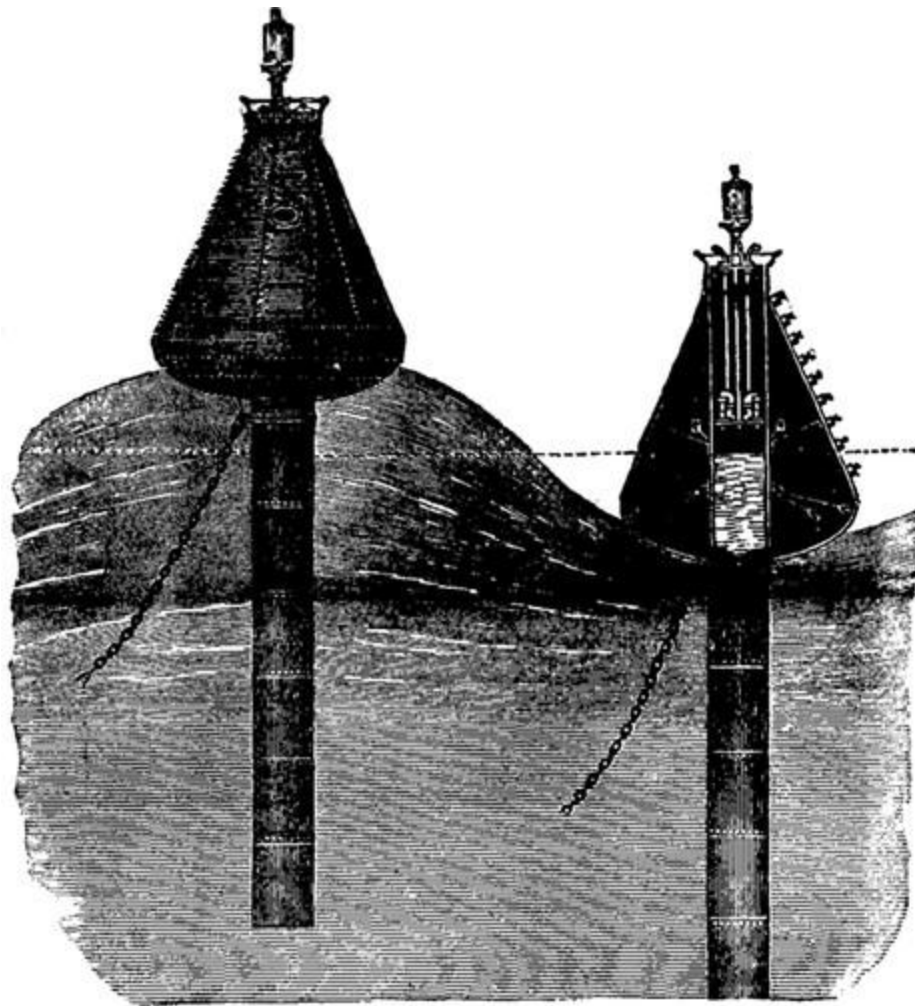
- είναι αξιόπιστο·
- είναι εύκολο να συντηρηθεί και
- χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τον θαλάσσι

Η ικανότητα εφαρμογής της ιδέας OWC σε διαφορετικές τοποθεσίες είναι σημαντική καθώς επιτρέπει τη σταδιακή ανάπτυξη της τεχνολογίας. Το εργοστάσιο LIMPET της ακτογραμμής Voith Hydro Wavegen στο Islay επιτρέπει την ανάπτυξη της μονάδας PTO υπό πραγματικές συνθήκες σε προσβάσιμη τοποθεσία. Η ταυτόχρονη ανάπτυξη για εφαρμογή βαθέων υδάτων πλωτών μονάδων, αγκυροβολίων, ομφαλικών και συστημάτων PTO μπορεί να είναι πέρα από τους πόρους των εταιρειών ανάπτυξης τεχνολογίας. Κατασκευάζοντας τη μονάδα LIMPET και στη συνέχεια εστιάζοντας στο σύστημα PTO, η Voith Hydro Wavegen είναι πλέον σε θέση να επιδείξει διαθεσιμότητες άνω του 95 τοις εκατό και να διαθέτει PTO κατάλληλο για εφαρμογή σε OWC σε οποιαδήποτε τοποθεσία.

4.2.5.1 Ιστορία

Η παλαιότερη καταγεγραμμένη εφαρμογή ενός OWC είναι η σημαδούρα που χρησιμοποιείται ως βοήθημα πλοήγησης. Ως ηχητική προειδοποιητική συσκευή, θεωρήθηκε τον δέκατο ένατο αιώνα ως διάδοχος των παραδοσιακών σημαδούρων καμπάνας. Ο JM Courtney της Νέας Υόρκης κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μια τέτοια σημαδούρα (**Εικόνα 4-15**) και το 1885 αναφέρθηκε στο Scientific American ότι λειτουργούσαν 34 κατά μήκος της ακτής των ΗΠΑ.

Ήταν πάνω από μισός αιώνας πριν από την επόμενη σημαντική εξέλιξη της κυματικής ισχύος, και πάλι αυτό συνέβη στον τομέα των σημαδούρων πλοήγησης το 1947 όταν ο Masuda, στην Ιαπωνία, σχεδίασε και εγκατέστησε το πρώτο OWC που οδηγούσε έναν παλμικό στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μονάδα βρισκόταν στον κόλπο της Οσάκα και τα φώτα πλοήγησης που παρήγαγαν ηλεκτρική ενέργεια



Εικόνα 4-15 Η σημαδούρα της Courtney που σφουρίζει.

. Η ασφάλεια λειτουργίας παρείχε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες που έπαιρναν την ισχύ τους από τον στρόβιλο/γεννήτρια σε περιόδους αφθονίας. Μια εμπορική σειρά σημαδούρων αναπτύχθηκε από αυτό το πρωτότυπο και είναι διαθέσιμα σήμερα από την εταιρεία Ryokuseisha της Ιαπωνίας. Ενώ η ισχύς κάθε μονάδας είναι μικρή στα 70–500 W, αυτή η εφαρμογή εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει την πιο κοινή εφαρμογή μιας μονάδας κυματικής ενέργειας. Η **Εικόνα 4-16** δείχνει την ελαφριά σημαδούρα Uruga εξοπλισμένη με τέσσερις γεννήτριες στρόβιλου που ενεργοποιούνται με κύματα.



Εικόνα 4-16 Φωτεινή σημαδόυρα Uruga Tokyo Bay

Μεταξύ 1976 και 1979, μια ομάδα που λειτουργούσε υπό την αιγίδα του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας δοκίμασε τις μονάδες OWC που ήταν τοποθετημένες σε μια πλωτή φορτηγίδα, την Kaimei. Η φορτηγίδα μήκους 800 τόνων, μήκους 800 τόνων, ήταν αγκυροβολημένη στις ακτές της Yura, στην πόλη Tsuruoka, στην επαρχία Yamagata. Με την Ιαπωνία ως τον κύριο εθνικό εταίρο, υπήρξαν συνεισφορές από το Ηνωμένο Βασίλειο, τον Καναδά, την Ιρλανδία και τις ΗΠΑ. Οκτώ θάλαμοι OWC τοποθετήθηκαν στη φορτηγίδα, ο καθένας με ονομαστική ισχύ 125 kW. Δοκιμάστηκε μια σειρά από μονάδες PTO, συμπεριλαμβανομένων των αυτοδιορθωμένων στροβίλων Wells και McCormick και πιο συμβατικών συστημάτων στροβίλων που χρησιμοποιούν βαλβίδες ανόρθωσης.

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990, κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν πολλά OWC συνδεδεμένα με την ακτογραμμή και την ξηρά, συμπεριλαμβανομένου ενός αριθμού στην Ιαπωνία, την Ινδία, την Κίνα, τη Νορβηγία, την Πορτογαλία και τη

Βρετανία. Το μεγαλύτερο από αυτά που κατασκευάστηκαν στην Ιαπωνία ήταν το λιμάνι της Σακάτα. Το OWC με πέντε θαλάμους χτίστηκε ως μέρος ενός λιμανιού. Είναι μια κατασκευή από σκυρόδεμα που επιπλέει στη θέση της πριν βυθιστεί και γεμίσει με έρμα. Το μηχάνημα, το οποίο τέθηκε σε λειτουργία το 1989, είναι εξοπλισμένο με έναν στρόβιλο Wells. Η αρχική ισχύς της μονάδας ήταν 60 kW. Μια μονάδα μονής τουρμπίνας 75 kW κατασκευάστηκε από το Queen's University Belfast στο Islay (**Εικόνα 4-17**). Αυτή η συνδεδεμένη στο δίκτυο μονάδα λειτούργησε μεταξύ 1991 και 2000 προτού παροπλιστεί και ο χώρος επιστρέψει στη φύση. Ο στρόβιλος από αυτό το εργοστάσιο αποκαταστάθηκε πρόσφατα και τώρα εκτίθεται στο Μουσείο Deutches στο Μόναχο.



Εικόνα 4-17 Επίδειξη 75 kW του Πανεπιστημίου Queen's Belfast στο Islay

Ως συνέχεια του πρωτότυπου Islay, η ομάδα του Queen's σχεδίασε το εργοστάσιο LIMPET για κατασκευή κοντά στο αρχικό εργοστάσιο. Ενώ το πρωτότυπο βρισκόταν σε μια σχετικά προστατευμένη ρεματιά, το εργοστάσιο LIMPET (αρχικά ονομαστικής ισχύος 500 kW) ήταν στραμμένο νοτιοδυτικά προς τα δόντια των καταιγίδων του Ατλαντικού. Αυτή η μονάδα λειτουργεί από τα τέλη του 2000. Το

αρχικό σύστημα τουρμπίνας έχει αντικατασταθεί. Το εργοστάσιο χρησιμοποιείται τώρα ως συνεχής κλίνη δοκιμών για τα σχέδια των στροβίλων που θα χρησιμοποιηθούν στα εμπορικά έργα της Voith Hydro Wavegen με περισσότερες από 60 000 ώρες λειτουργίας στροβίλου που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα (Εικόνες 4.18 -4.20).



Εικόνα 4-18 Voith Hydro Wavegen LIMPET OWC.

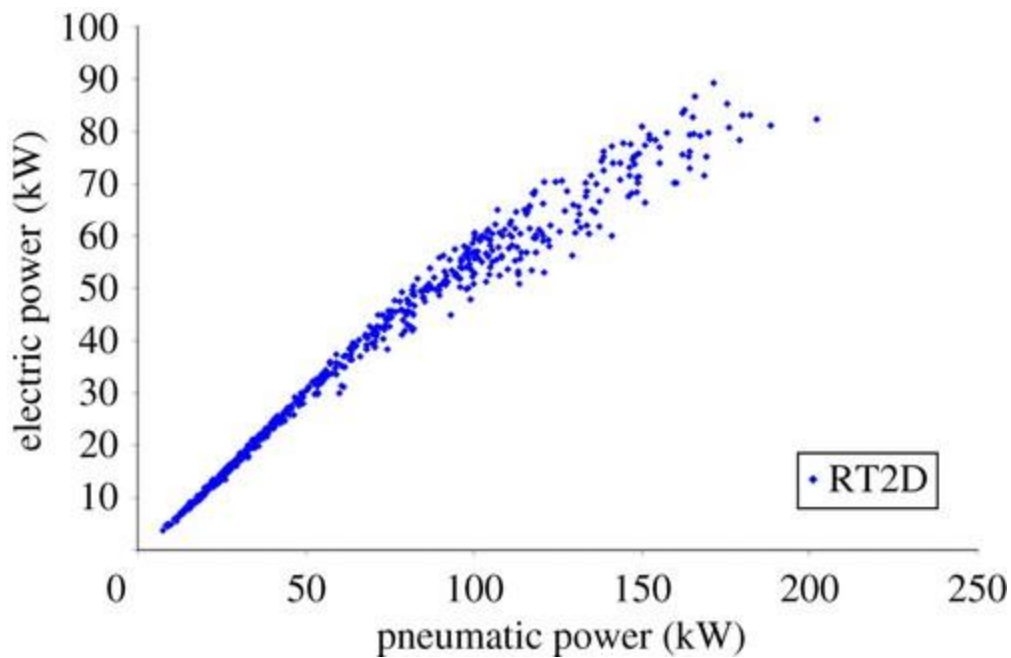


Εικόνα 4-19 Στρόβιλος Voith Hydro Wavegen RT1 στο LIMPET (18,5 kW).



Εικόνα 4-20 Επίσημη εκκίνηση του στροβίλου Voith Hydro Wavegen RT2 στο LIMPET (110 kW).

Υπάρχουν ελάχιστες δημοσιευμένες πληροφορίες σχετικά με την απόδοση συστημάτων PTO που βασίζονται σε αεροστρόβιλο για συλλέκτες OWC και είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιτυχία του συστήματος θα εξαρτηθεί από έναν καλό σχεδιασμό στροβίλου, μια αποτελεσματική στρατηγική ελέγχου και την αντιστοίχιση του στροβίλου με τον συλλέκτη OWC για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία του συλλέκτη. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι το μέγεθος μιας τουρμπίνας θα καθορίζεται συχνά από την απαίτηση για ταίριασμα του συλλέκτη παρά από την ικανότητα του μηχανήματος να απορροφά την ισχύ από τον συλλέκτη. Ένα παράδειγμα της απόδοσης ενεργειακής μετατροπής του στροβίλου Wavegen διαμέτρου 1,25 m που φαίνεται στην **Εικόνα 4-20** και μετρήθηκε σε ακανόνιστες θάλασσες στο LIMPET φαίνεται στο Σχήμα 4-1. Η πνευματική ροή ισχύος μετρήθηκε ως το γινόμενο της πίεσης του θαλάμου και της ροής μέσω του στροβίλου, ενώ η ηλεκτρική ισχύς καταγράφηκε στην είσοδο του μετατροπέα συχνότητας της γεννήτριας.



Σχήμα 4-1 Πνευματική-ηλεκτρική μετατροπή του Wavegen PTO.

Κάθε σημείο σε αυτό το διάγραμμα αντιπροσωπεύει ένα μέσο όρο 5 λεπτών της πνευματικής ισχύος που ρέει μέσω του στροβίλου και της ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται στον μετατροπέα συχνότητας. Το σύνολο δεδομένων αντιπροσωπεύει πάνω από 400 ώρες λειτουργίας. Η οριακή απόδοση της μετατροπής σε θάλασσες χαμηλής έως μέτριας έντασης είναι 60 τοις εκατό. Ένα πρόγραμμα βελτιώσεων βρίσκεται σε εξέλιξη για περαιτέρω βελτίωση αυτής της απόδοσης.

Οι αποδόσεις μετατροπής που φαίνονται στο Σχήμα 4-1 αντιπροσωπεύουν μια πολύ σημαντική βελτίωση σε προηγούμενα δημοσιευμένα δεδομένα για τους στρόβιλους Wells και είναι προϊόν συνεργασίας ανάπτυξης μεταξύ της Voith Hydro Wavegen και των πανεπιστημίων της Στουτγάρδης και του Siegen στη Γερμανία, μαζί με την ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου στο Wavegen. Τα πτερύγια του στροβίλου και οι σχετικοί σταθεροί στάτορες είναι το προϊόν μιας αυτοβελτιστοποιημένης ανάλυσης σχεδιασμού που αναπτύχθηκε από τις πανεπιστημιακές ομάδες που ακολουθείται από υπολογιστική δυναμική ρευστών και εργαστηριακές δοκιμές. Η αποτελεσματικότητα αυτής της εργασίας επιβεβαιώνεται από τις μετρήσεις πεδίου.

Η απόδοση του στροβίλου θα επηρεαστεί από την κανονικότητα των προσπίπτοντων κυμάτων. Ο πόρος πρόσπτωσης στο LIMPET δεν μετριέται άμεσα, αλλά ο λόγος της πίεσης του θαλάμου αιχμής προς τα rms σε ένα φάσμα 15 λεπτών είναι συνήθως στην περιοχή 5–6. Τα κύματα στην ρεματιά LIMPET επηρεάζονται σημαντικά από τα ρηγά νερά στη θέση LIMPET (4–6 m ανάλογα με το ύψος της παλίρροιας).

Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του LIMPET, κατασκευάστηκε ένα OWC 400 kW από την Electricidade dos Açores στο νησί Pico. Αυτή η μονάδα λειτουργεί πλέον κατά διαστήματα από το Wave Energy Center και παρέχει σημαντικά δεδομένα για τη συνεχή ανάπτυξη OWC.

Ενώ η Voith Hydro Wavegen έχει επικεντρωθεί στην απόδειξη της απόδοσης και της αξιοπιστίας PTO πριν από την ανάπτυξη σε όλο και πιο δύσκολες τοποθεσίες, άλλοι προγραμματιστές στον τομέα OWC έχουν υιοθετήσει διαφορετικές στρατηγικές ανάπτυξης. Σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Cranfield, η Dresser-Rand έχει αναπτύξει έναν στρόβιλο «μεταβλητής ακτίνας» για χρήση και έχει δοκιμάσει τη μονάδα σε εναλλασσόμενη ροή.

Στην Ιρλανδία, η Ocean Energy έχει αναπτύξει την ιδέα της σημαδούρας με λυγισμένο προς τα πίσω αγωγό που προτάθηκε αρχικά από τον Masuda και το κύτος έχει πάνω από 20 000 ώρες δοκιμών ζωντανής θάλασσας σε κλίμακα τετάρτου. Οι εικόνες 4.21 και 4.22 δείχνουν τη μονάδα στη θέση δοκιμής κυματικής ενέργειας στο Spiddal στο Galway στην Ιρλανδία. Εκεί υποβλήθηκε σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών κυμάτων, συμπεριλαμβανομένης μιας σφοδρής καταιγίδας όταν οι ταχύτητες του ανέμου έφτασαν τα 25–30 m/s και καταγράφηκε ύψος κύματος 8,2 m. Για ένα μέρος της περιόδου δοκιμής, ένα σύστημα στροβίλου Wells που αναπτύχθηκε στην Ιρλανδία για την Ocean Energy τοποθετήθηκε στη σημαδούρα. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, οι ροές αέρα και η ισχύς εξόδου από τις δοκιμές κλιμακώθηκαν προβλέψιμα και η συμπεριφορά του κύτους ήταν επίσης συνεπής και αξιόπιστη.



Εικόνα 4-21 Σημαντήρας Ocean Energy σε καταιγίδα. Αναπαράγεται με άδεια από την Ocean Energy



Εικόνα 4-22 Σημαντήρας Ocean Energy με στρόβιλο Wells. Αναπαράγεται με άδεια από την Ocean Energy

Ένας εναλλακτικός σχεδιασμός πλωτού OWC έχει αναπτυχθεί από την Oceanlinx. Η πιο πρόσφατη ανάπτυξή τους OWC αφορούσε την πλωτή συσκευή MK3. Η μονάδα (Εικόνα 4-23) είναι μια έκδοση επίδειξης κλίμακας ενός τρίτου της συσκευής πλήρους κλίμακας 2,5 MW.

Εγκαταστάθηκε υπεράκτια από τον ανατολικό κυματοθραύστη του λιμανιού Port Kembla από τον Φεβρουάριο έως τον Μάιο του 2010. Η μονάδα συνδέθηκε με το δίκτυο και παρείχε ηλεκτρική ενέργεια απευθείας στο δίκτυο του τοπικού λιανοπωλητή, Integral Energy.



Εικόνα 4-24 **Γεννήτρια κυματικής ενέργειας Mk3 Oceanlinx**

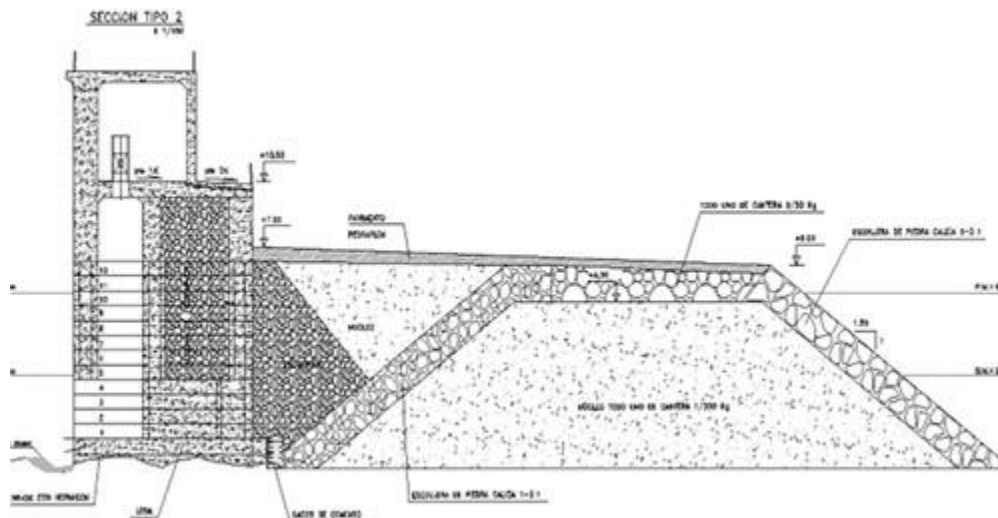
Επιστρέφοντας στην ακτή, η Voith Hydro Wavegen συνεργάζεται με εταιρείες κοινής ωφελείας σε δύο κομβικά έργα. κομβικής σημασίας γιατί και τα δύο αντιπροσωπεύουν σημαντικά βήματα για τη μετάβαση των συστημάτων κυματικής ισχύος από μεμονωμένες δοκιμαστικές μονάδες προς την εμπορευσιμότητα πλήρους κλίμακας.

Το πρώτο από αυτά βρίσκεται στο Mutriku στο País Vasco της βόρειας Ισπανίας, όπου η ενεργειακή αρχή Ente Vasco Energia (EVE) αναπτύσσει έναν κυματοθραύστη OWC χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Voith Hydro Wavegen PTO. Το έργο, το οποίο έχει καθυστερήσει για 2 χρόνια ως συνέπεια καθυστερήσεων σχεδιασμού και προβλημάτων πολιτικού μηχανικού, τέθηκε σε λειτουργία την άνοιξη του 2011. Είναι σημαντικό από το ότι οι 16 μονάδες που αποτελούν το τμήμα κυματοθραύστη OWC (εικόνες 4.25 και 4.26) αντιπροσωπεύουν την πρώτη πολλαπλή ταλάντωση Εγκατάσταση στήλης νερού (MOWC) που προσφέρει τη δυνατότητα μελέτης της

αλληλεπίδρασης των μονάδων και της πολυπλοκότητας του πολλαπλού ελέγχου. Οι δραστηριότητες έρευνας και παρακολούθησης που σχετίζονται με το εργοστάσιο υποστηρίζονται στο πλαίσιο του προγράμματος FP6 της Ευρωπαϊκής Ένωσης Nereida.



Εικόνα 4-25 Κυματοθραύση Mutriku που περιλαμβάνει 16 θαλάμους OWC.



Εικόνα 4-26 Τομή μέσω του κυματοθραύση Mutriku. Αναπαράγεται με άδεια από το λιμενικό τμήμα της κυβέρνησης των Βάσκων.

Η Voith Hydro Wavegen παρέχει επίσης την τεχνολογία για ένα έργο στο Siadar στη βορειοδυτική ακτή του Lewis στη Σκωτία. Εδώ, σχεδιάζεται η κατασκευή ενός συνδεδεμένου στην ξηρά κυματοθραύστη

που θα περιλαμβάνει 15 κυψέλες OWC, καθεμία από τις οποίες είναι εξοπλισμένη με δύο μονάδες στροβιλοπαραγωγής Wavegen 132 kW με ονομαστική ισχύ 4 MW. Αυτό το εργοστάσιο είναι πρωτοποριακό καθώς θα είναι ο πρώτος κυματοθραύστης που θα κατασκευαστεί ως σταθμός παραγωγής ενέργειας και όχι ως προσθήκη σε έναν ήδη προγραμματισμένο κυματοθραύστη. Αν και θα υπάρξουν σημαντικά κοινοτικά οφέλη στο ότι το πρόγραμμα θα παρέχει μια προστατευμένη ολίσθηση, αυτά τα οφέλη είναι δευτερεύοντα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι επίσης ο πρώτος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής κυμάτων όπου η παραγωγή του εργοστασίου θα έχει τη δυνατότητα να έχει σημαντική επιρροή στο τοπικό δίκτυο, και ως εκ τούτου, τα ζητήματα ποιότητας ενέργειας γίνονται πολύ σημαντικά

4.2.5.2 Η μελλοντική πρόκληση

Με 10 χρόνια λειτουργική εμπειρία και περισσότερες από 60.000 ώρες λειτουργίας στροβίλου, η LIMPET έχει αποδείξει ότι η Voith Hydro Wavegen διαθέτει ένα αξιόπιστο σύστημα παραγωγής έτοιμο για ευρεία εφαρμογή. Τα έργα Mutriku και Siadar είναι οι πρώτες πολλαπλές εφαρμογές της τεχνολογίας. Άλλες εταιρείες αναπτύσσουν νέες πλατφόρμες και συστήματα PTO. Εάν η τεχνολογία είναι διαθέσιμη και αποτελεσματική, τότε πρέπει να τεθεί το ερώτημα γιατί δεν υπήρξε μεγαλύτερη απορρόφηση. Η απάντηση είναι αρκετά απλή. Ενώ η τεχνολογία OWC είναι αποτελεσματική, δεν είναι ακόμη οικονομικά αποδοτική (Εικόνα 4-27). Υπάρχουν καλοί λόγοι που συμβαίνουν αυτό:

- Τα έργα είναι μικρά, με αποτέλεσμα το κόστος του έργου να είναι δυσανάλογα υψηλό.
- οι μικροί όγκοι σημαίνουν υψηλό κόστος εξοπλισμού. Και
- τα αδύναμα δίκτυα σε κατάλληλες παράκτιες τοποθεσίες σημαίνουν υψηλά τέλη σύνδεσης.



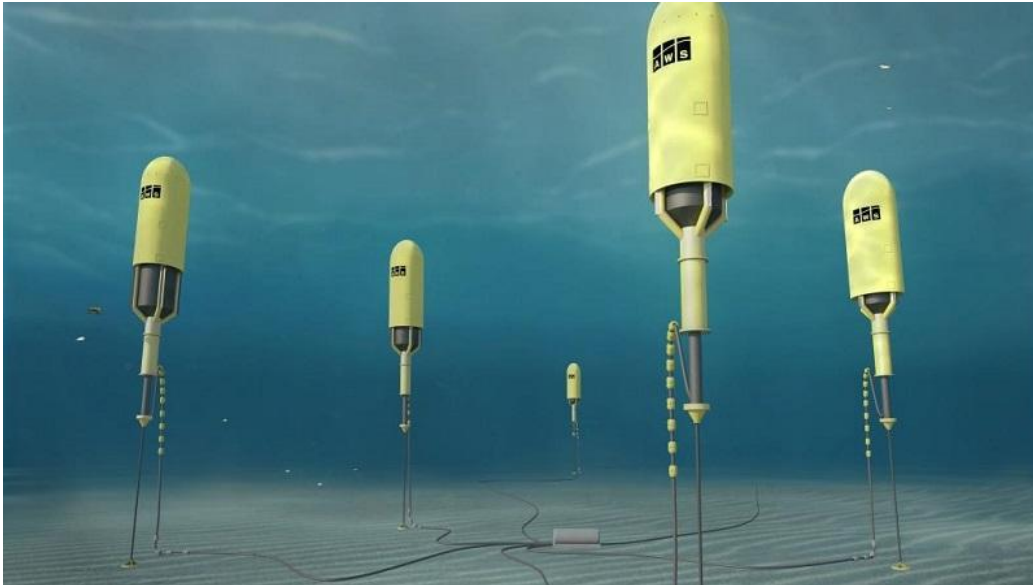
Εικόνα 4-27 Φωτομοντάζ κυματοθραύστη Siadar

Η πρόκληση για τον κλάδο είναι να φτάσει στο σημείο όπου αυτοί οι όροι δεν ισχύουν πλέον και ο κλάδος είναι πραγματικά εμπορικός. Το πρόβλημα έχει αναγνωριστεί από τις ενδιαφερόμενες κυβερνήσεις, και συγκεκριμένα στη Σκωτία και την Πορτογαλία, υπάρχουν υψηλές τιμές στήριξης για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα κύματα. Το έργο Siadar δεν θα μπορούσε να εξεταστεί χωρίς τον μηχανισμό στήριξης της κυβέρνησης της Σκωτίας μέσω πολλαπλών πιστοποιητικών υποχρεώσεων για ανανεώσιμες πηγές και στοχευμένων επιχορηγήσεων. Στο υπόλοιπο Ηνωμένο Βασίλειο, το θαλάσσιο ταμείο αποδείξεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και το ταμείο ανάπτυξης θαλάσσιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλουν στην προώθηση της ενέργειας των ωκεανών. Η βιομηχανία δεν μπορεί να βασίζεται σε δυσανάλογη χρηματοδότηση επ' αόριστον και πρέπει να βελτιώσει τη βασική ανταγωνιστικότητα της κυματικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο με τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της απόδοσης λήψης και μετατροπής.

4.2.6 Βυθιζόμενη συσκευή διαφορικής πίεσης ((Submerged pressure differential devices)

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιεί την παλλόμενη υδροδυναμική πίεση, η οποία δημιουργείται από την κίνηση των κυμάτων. Σύμφωνα με την πίεση αυτή που ασκείται παράγεται ηλεκτρισμός. Σχετικά με την εγκατάσταση τους, είναι είτε υποβρύχιες είτε βρίσκονται στην επιφάνεια αυτής. Αυτές που βρίσκονται εντός της θάλασσας, υπόκεινται δυνάμεις οι οποίες είναι κάθετες, κατά τη διάρκεια ενός

κύματος. Οι αποκλίσεις στην πίεση που δημιουργούνται από την κίνηση των κυμάτων, καθώς προσεγγίζουν και απομακρύνονται από την συσκευή, χρησιμοποιούνται για τον μετασχηματισμό της ηλεκτρικής ενέργειας. Η πίεση που δημιουργείται από το ρεύμα των κυμάτων, στην περίπτωση των συσκευών που εγκαθίστανται πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας, χρησιμοποιείται για τη συμπίεση αέρα, η οποία μέσα από μία γεννήτρια μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική ενέργεια.



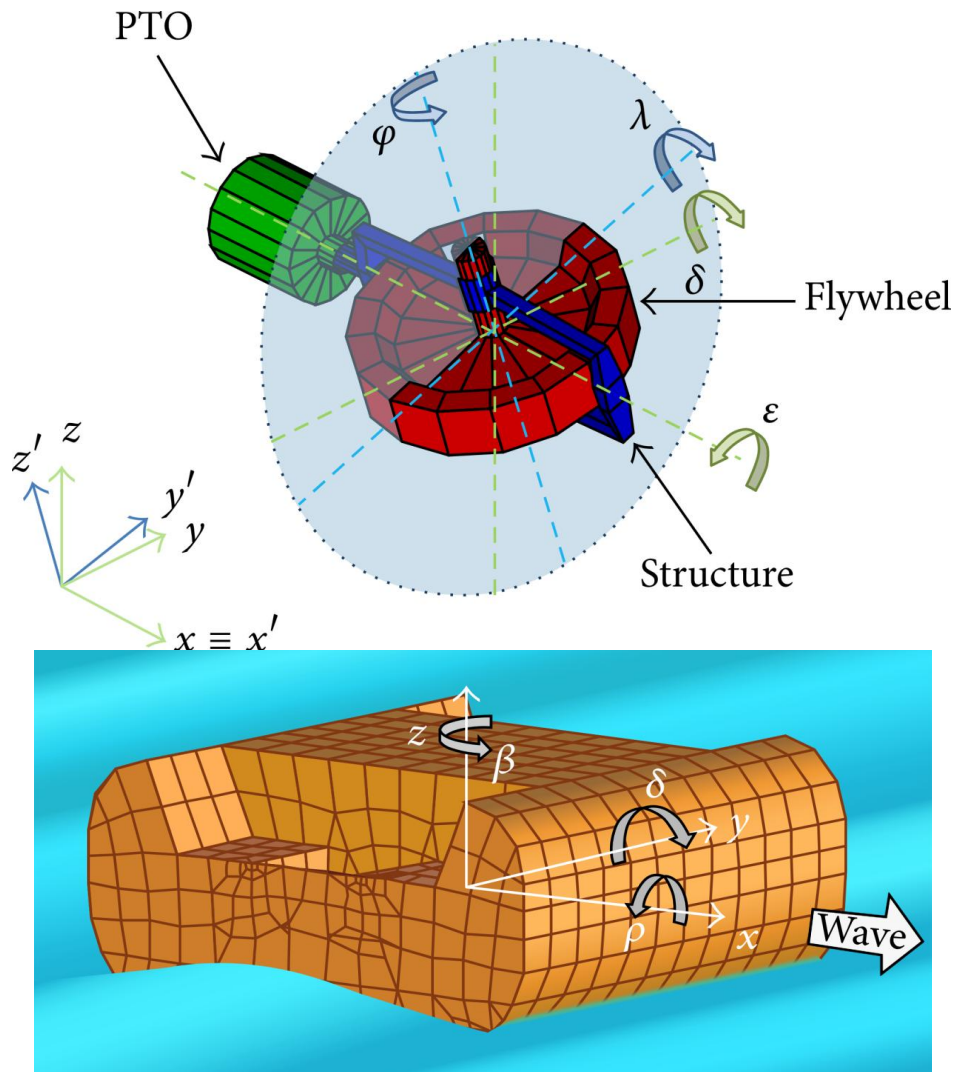
Εικόνα 4-28 Βυθιζόμενη συσκευή διαφορικής πίεσης (Submerged pressure differential devices)

4.2.7 Μετατροπείς Περιστρεφόμενης Μάζας (Rotating Mass)

Το ISWEC (αδρανειακός μετατροπέας ενέργειας θαλάσσιων κυμάτων) είναι μια συσκευή σχεδιασμένη να εκμεταλλεύεται την ενέργεια των κυμάτων μέσω του γυροσκοπικού φαινομένου ενός σφονδύλου. Πολλές μελέτες και πειραματικές δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί σε αυτήν τη συσκευή που αποδεικνύουν την ιδέα σκοπιμότητας και υπολογίζοντας την ετήσια παραγωγή ενέργειας της.

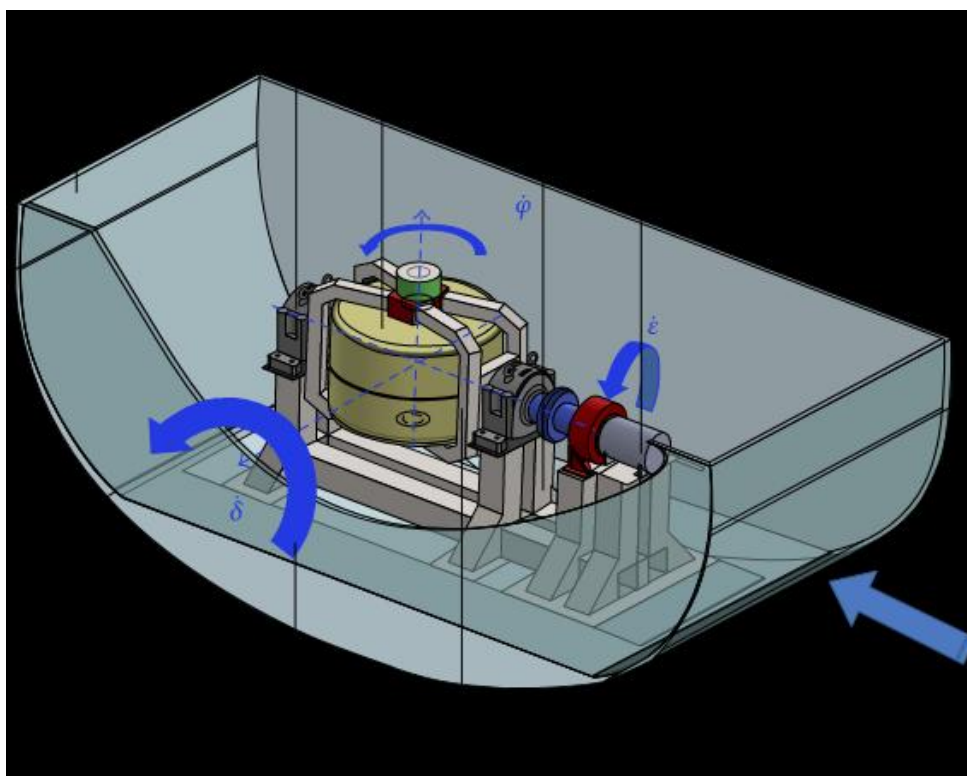
Τα τέσσερα κύρια στοιχεία του γυροσκοπικού συστήματος είναι ο πλωτήρας, ο σφόνδυλος, η δομή γυροσκοπίου και το PTO. Για να περιγραφεί η δυναμική του συστήματος, πρέπει να εισαχθούν δύο πλαίσια αναφοράς: ένα σύστημα συντεταγμένων με σταθερό κύτος, και ένα σύστημα συντεταγμένων σταθερής δομής γυροσκοπίου. Και οι δύο έχουν την προέλευσή τους να συμπίπτουν με το κέντρο

βάρους του συστήματος. Ο άξονας είναι προσανατολισμένος προς την πλώρη και συμπίπτει με την κατεύθυνση του κύματος της θάλασσας. Η γάστρα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα με την επαγόμενη κίνηση βήματος λόγω της αλληλεπίδρασης κύματος-floater-gyro. Λόγω της διατήρησης της γωνιακής ορμής του σφονδύλου, ο συνδυασμός της ταχύτητας του βήματος με την ταχύτητα του σφονδύλου γύρω από τον άξονα δημιουργεί μια γυροσκοπική ροπή γύρω από τον άξονα, την οποία μπορεί να εκμεταλλευτεί το PTO για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η συσκευή περιλαμβάνει δύο κύρια φαινόμενα: την υδροδυναμική του κύτους και τη μηχανική του γυροσκοπίου. Υπάρχει ισχυρή σύζευξη μεταξύ τους λόγω των ροπών και των ενεργειακών αλληλεπιδράσεων όπως φαίνεται στις ακόλουθες παραγράφους.



Εικόνα 4-29 Γυροσκοπικό σύστημα

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συσκευής ISWEC σε σχέση με τους ανταγωνιστές της είναι τα ακόλουθα. Όλα τα μηχανικά εξαρτήματα του συστήματος περικλείονται σε ένα σφραγισμένο κύτος που συγκρατείται από μια χαλαρή γραμμή πρόσδεσης και, όπως φαίνεται από έξω, το σύστημα μοιάζει έτσι με αγκυροβολημένο σκάφος. Αυτό σημαίνει ότι αποφεύγεται η άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ του νερού και των κινούμενων μερών, μειώνοντας έτσι τα προβλήματα διάβρωσης και τη συντήρηση. Επιπλέον, η ταχύτητα του σφονδύλου είναι μια επιπλέον δωρεάν παράμετρος που μπορεί να ρυθμιστεί για να αυξήσει την απόδοση της συσκευής σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών κυμάτων.



Εικόνα 4-30 Η συσκευή ISWEC

4.3 Τεχνολογίες παραγωγής της Ωκεάνιας Ενέργειας και εφαρμογές

Οι βασικές τρεις κατηγοριοποιήσεις των τεχνολογιών παραγωγής της ωκεάνιας ενέργειας είναι οι Τεχνολογίες Ακτογραμμής, οι Παράκτιες Τεχνολογίες και οι Υπεράκτιες Τεχνολογίες (Ανοιχτής Θαλάσσης). Οι διαφοροποιήσεις τους αφορούν το πόσο απέχουν από την ακτή.

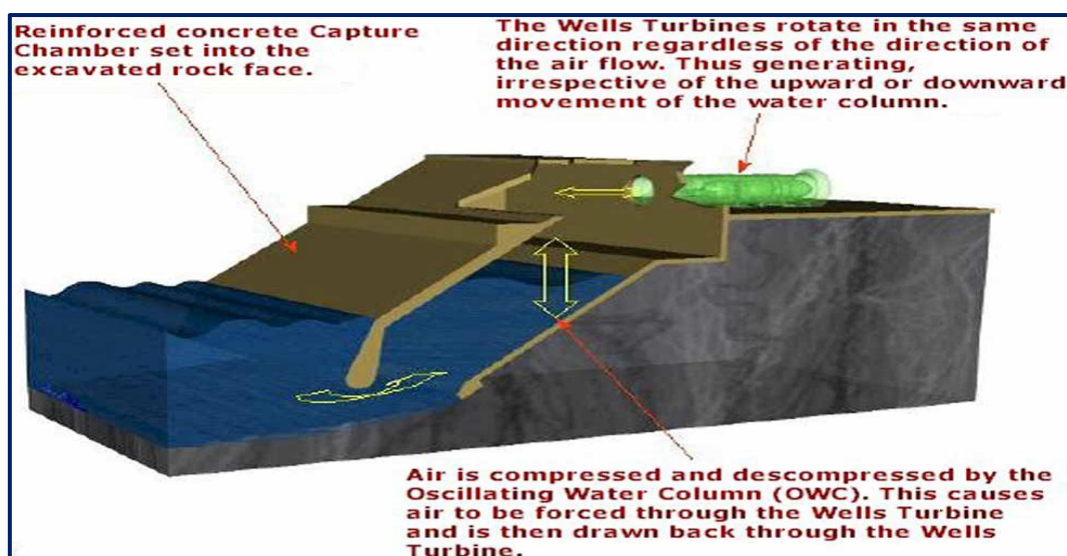
4.3.1 Τεχνολογίες Ακτογραμμής

Οι τεχνολογίες αυτές εγκαθίστανται στην ακτογραμμή με σχετικά εύκολο τρόπο, ενώ δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη υψηλού βάθους. Οι τεχνολογίες αυτές με μπορούν να διακριθούν με βάση τις αρχές λειτουργίας τους ως εξής:

4.3.1.1 Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης

Υδατος:

Limpet (Last Installed Marine Power Energy Transmitter): Είναι εγκατεστημένο στο Islay, της Σκωτίας. Η κατασκευή αυτή, χρησιμοποιεί μία υποθαλάσσια εσοχή, για να χρησιμοποιεί την κίνηση των κυμάτων. Μέσα από μία στήλη νερού, η συμπίεση και η αποσυμπίεση που δημιουργείται από την κίνηση των κυμάτων και διατηρείται στο θάλαμο, μεταφέρει τον αέρα στον στρόβυλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

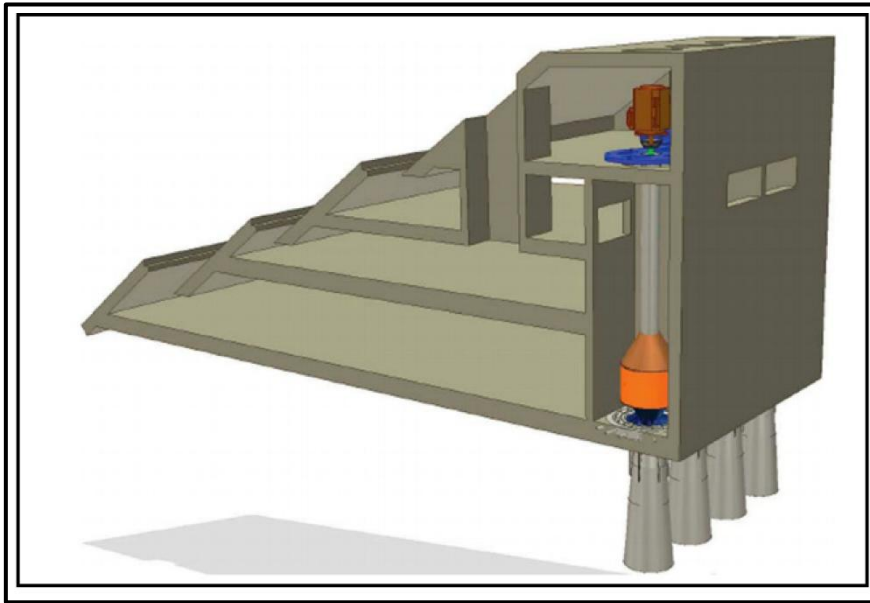


Εικόνα 4-31 Limpet (Last Installed Marine Power Energy Transmitter)

WECA (Wave Energy Conversion Activator): Ο μετατροπέας WECA, συμπιέζει τον αέρα που εγκλωβίζεται από το θαλάσσιο κύμα. Ουσιαστικά είναι κατασκευασμένο για να συγκεντρώνει την ενέργεια από τα κύματα και να την μετασχηματίζει σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσα από τον αέρα που είναι συμπιεσμένος.

4.3.1.2 Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης (SSG):

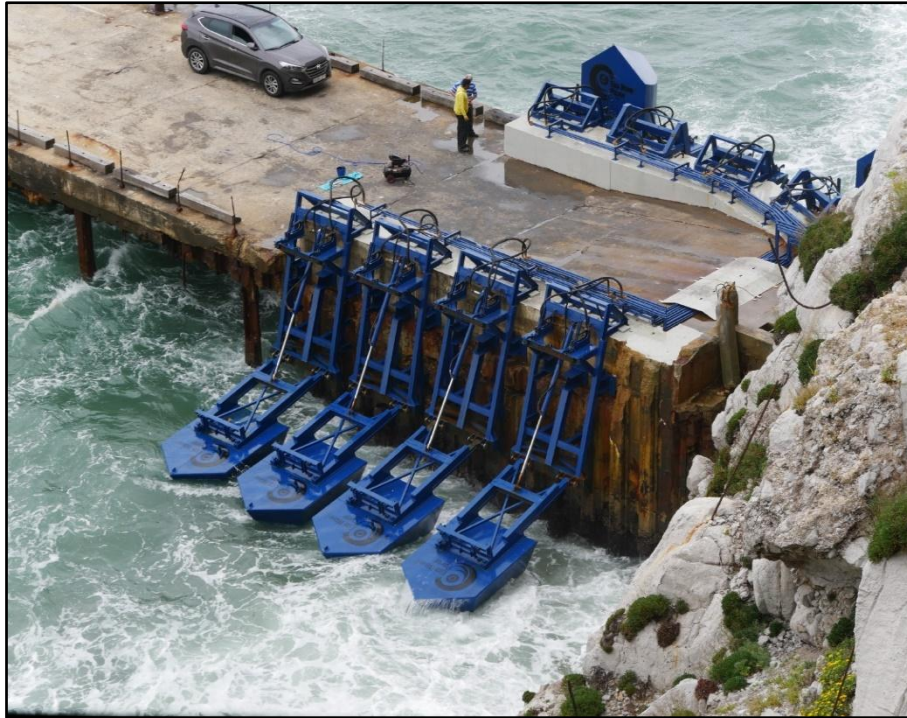
SSG: Κατά βάση η τεχνολογία αυτή, εκμεταλλεύεται την κυματική ενέργεια μέσω της υδραυλικής, αφού είναι κατασκευασμένη με δεξαμενές τοποθετημένες σαν στοίβα. Η ροή του νερού ελέγχεται μέσω ενός στροβίλου και ορισμένων πυλών, τα οποία είναι τα μοναδικά κινούμενα μέρη αυτού του συστήματος.



Εικόνα 4-32 SSG

4.3.1.3 Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης

SDE: Η τεχνολογία αυτή είναι ένας μετατροπέας της κυματικής ενέργειας, με σκοπό την εκμετάλλευση κάποιων χαρακτηριστικών από τις κινήσεις του κύματος, όπως η ταχύτητα και το βάθος της κίνησης.



Εικόνα 4-33 SDE

4.3.2 Παράκτιες Τεχνολογίες

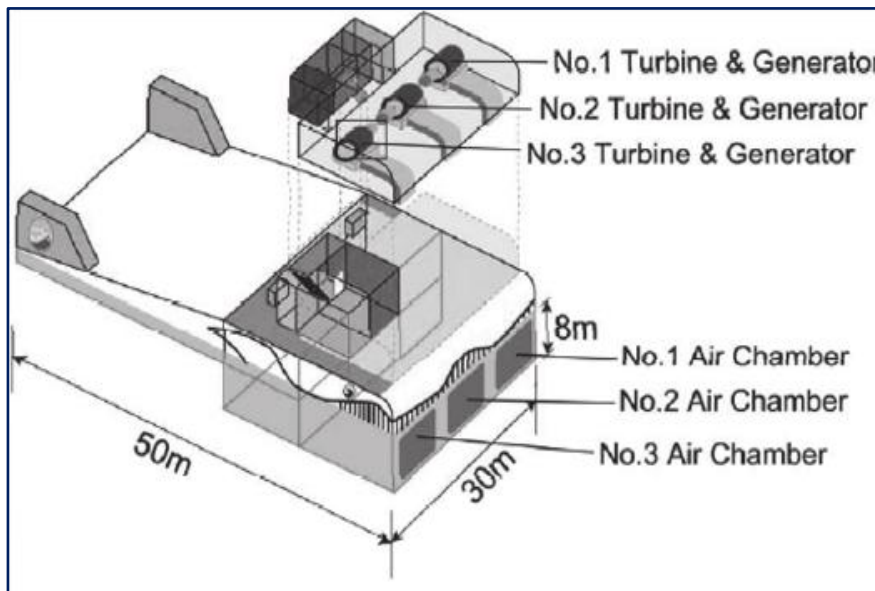
Οι παράκτιες τεχνολογίες τοποθετούνται σε μέσο βάθος πολύ κοντά στην ακτή. Ωστόσο ασκείται πολύ υψηλή ισχύ από την κίνηση των κυμάτων.

4.3.2.1 Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης Υδατος:

Mighty Whale: Η συσκευή αυτή περιλαμβάνει τρεις θαλάμους, με σκοπό τον μετασχηματισμό της κυματικής κίνησης σε πίεση αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την ταλάντωση του νερού μέσα στον εκάστοτε θάλαμο. Η ταλάντωση αυτή προκαλεί την κίνηση κάθε αεροστρόβιλου, οι οποίοι κινούν τις επαγωγικές γεννήτριες, οι οποίες παράγουν τριφασική εναλλασσόμενη τάση, της τάξεως των 200 Volt.



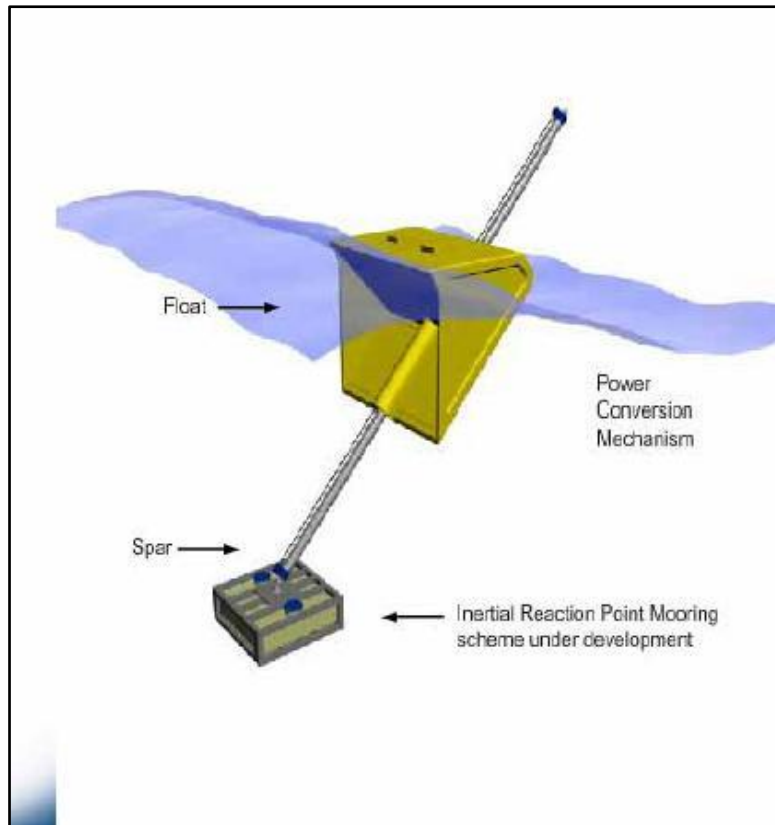
Εικόνα 4-34 Mighty Whale



Εικόνα 13: Mighty Whale

4.3.2.2 Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης:

WET EnGen: Πρόκειται για μία τεχνολογία, η οποία μετασχηματίζει την κίνηση των κυμάτων σε μηχανική ενέργεια, με σκοπό την παροχή ηλεκτρισμού. Ένα ιδιαίτερο γνώρισμα της τεχνολογίας αυτής είναι η χρήση ενός άξονα, ο οποίος εφάπτεται στον πυθμένα, με σκοπό να αντιλαμβάνεται την φορά της κίνησης που αποφέρει το κύμα. Η τεχνολογία αυτή, αποδίδει μία συνεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια, καθ' όλη τη διάρκεια του κύματος.



Εικόνα 4-35 WET EnGen

4.3.2.3 Τεχνολογίες Αρθρώσεων:

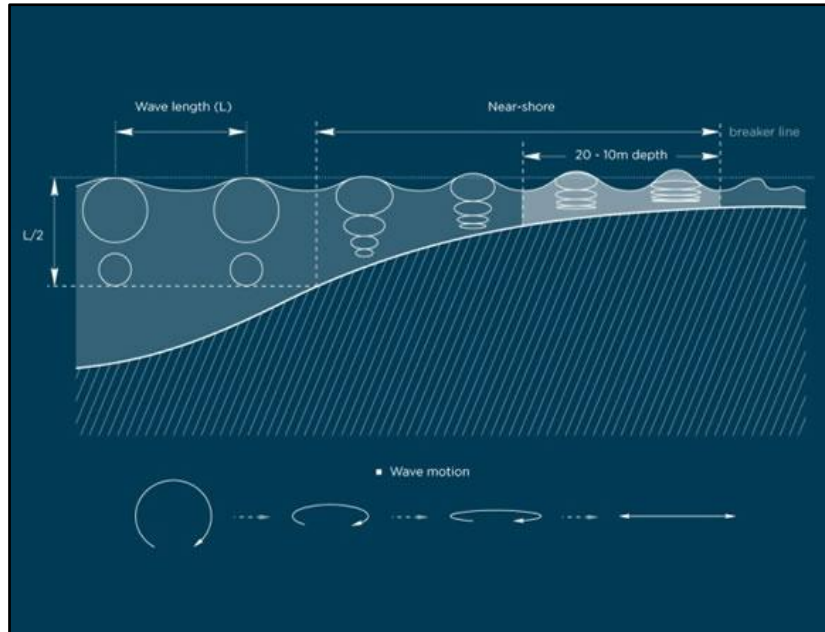
The Waveberg: Αποτελείται από συνδεδεμένα σώματα, τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια του νερού και ελίσσονται κατά την κίνηση των κυμάτων. Η κίνηση αυτή χρησιμοποιείται με σκοπό την άντληση νερού, όπου αυτό σε συνθήκες υψηλής πίεσης μεταφέρεται στην ακτή, μέσω του συστήματος σωλήνων, για τον μετασχηματισμό ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 4-36 The Waveberg

4.3.2.4 Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης

WaveRoller: Η κατασκευή αυτή, ουσιαστικά είναι ένα πτερύγιο, το οποίο βρίσκεται εντός της θάλασσας. Το πτερύγιο αυτό εκμεταλλεύεται την παλινδρομική κίνηση των κυμάτων στο πυθμένα της θάλασσας, όπου μετατρέπει την κινητή ενέργεια σε ηλεκτρική. Μέσω ενός υδραυλικού συστήματος και μίας γεννήτριας, προκύπτει αυτός ο μετασχηματισμός. Αναφορικά, είναι ένα επιμέρους σύστημα τεχνολογιών, το οποίο περιλαμβάνει επιμέρους πτερύγια και έτσι δημιουργείται ένα ευρύτερο παραγωγικό σύστημα.



Εικόνα 4-37 WaveRoller – Αρχή λειτουργίας



Εικόνα 4-38 WaveRoller

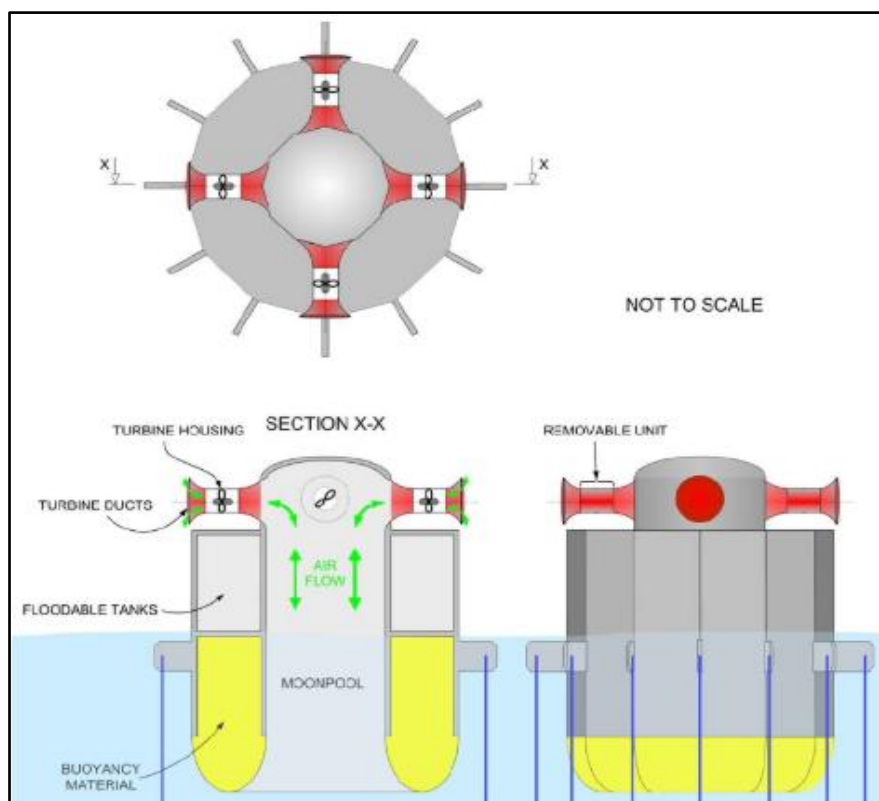
4.3.3 Υπεράκτιες Τεχνολογίες (Ανοιχτής Θαλάσσης)

Οι υπεράκτιες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση ισχυρών ρευμάτων, σε βαθιά νερά.

4.3.3.1 Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντευόμενης Στήλης Ύδατος:

Sperboj: Αποτελεί μία συσκευή που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας, ενώ περιλαμβάνει έναν κλειστό κυκλικό δακτύλιο, εντός της

θάλασσας. Επί της συσκευής αυτής υπάρχουν εγκατεστημένοι στρόβιλοι και γεννήτριες και άλλες επιμέρους συσκευές. Η κατασκευή αυτή εγκαθίσταται σε ύδατα υψηλού βάθους, και απορροφά μεγάλο μέρος ενέργειας.



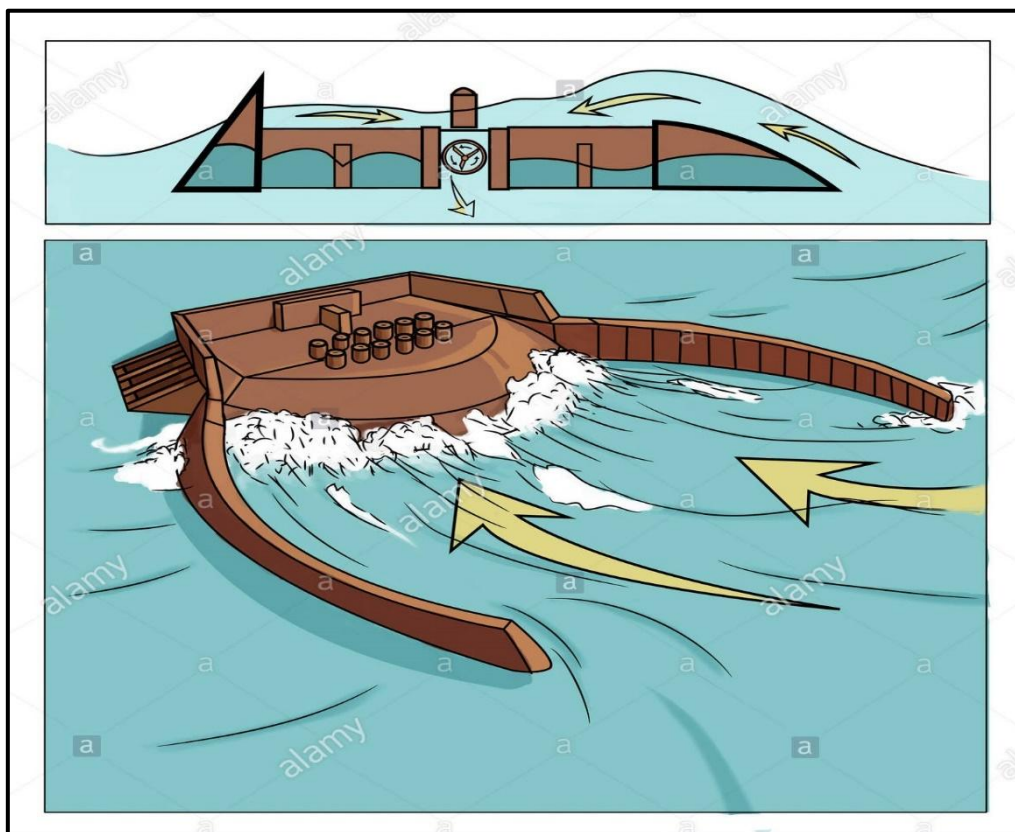
Εικόνα 4-39 *Sperboy*

WaveMaster: Διαθέτει στροβίλους οι οποίοι εντάσσονται σε δύο θαλάμους, ενώ γενικότερα εγκαθίσταται εντός της θάλασσας. Η πρώτη επιφάνεια περικλείεται από πολλές βαλβίδες, οι οποίες διαχειρίζονται το πέρασμα του νερού. Οι βαλβίδες αυτές καθιστούν ικανή τη ροή του νερού, σε συνθήκες όπου η πίεση που ασκείται εκτός του θαλάμου είναι μεγαλύτερη από ότι εντός (στην περίπτωση του λόφου). Σε αντίθετες τις συνθήκες οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές και αποτρέπουν το πέρασμα των υδάτων (στην περίπτωση της κοιλότητας).

4.3.3.2 Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης (SSG):

Wave Dragon: Το βασικό γνώρισμα του μετατροπέα είναι η χρήση υπάρχουσών ιδεών, βάσει των υδροηλεκτρικών μονάδων. Ουσιαστικά, η συσκευή αυτή επιπλέει στη θάλασσα και το νερό βάσει της

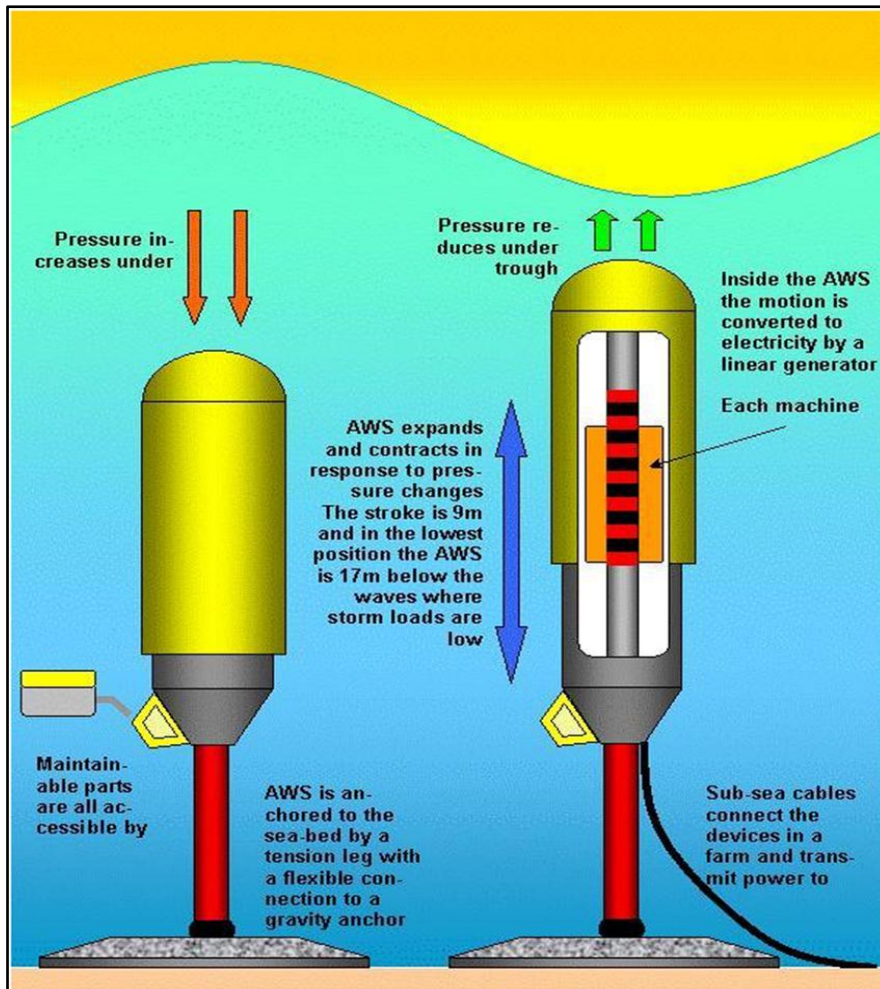
υπερύψωσης των κυμάτων εισέρχεται στη δεξαμενή, όπου περνάει μέσα από υδροστρόβιλους που ξεκινούν να περιστρέφονται, Με αυτόν τον τρόπο μετατρέπεται η παραγωγή ηλεκτρισμού.



Εικόνα 4-40 Wave Dragon

4.3.3.3 Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης:

AWS: Η βάση αυτού του μετατροπέα είναι δεμένη στον πυθμένα της θάλασσας, ενώ το υπόλοιπο μέρος του βρίσκεται τόσο εντός όσο και εκτός της θάλασσας. Η δε συσκευή αποτελείται από δύο κυλίνδρους, εκ των οποίων ο ένας είναι σταθερός εντός της θάλασσας, οι οποίοι αλληλοεπιδρούν και μετασχηματίζουν τον αέρα τους περιβάλλει σε ηλεκτρική ενέργεια. Όσο το κύμα προσεγγίζει τη συσκευή, η πίεση που ασκείται από τα ύδατα αυξάνεται και ο αέρας συμπιέζεται από τον πάνω κύλινδρο. Οι δυνάμεις αυτές εξισορροπούν το βαθμό της πίεσης που ασκείται. Επομένως, η αλληλεπίδραση της κίνησης μεταξύ των δύο κυλίνδρων μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 4-41 AWS

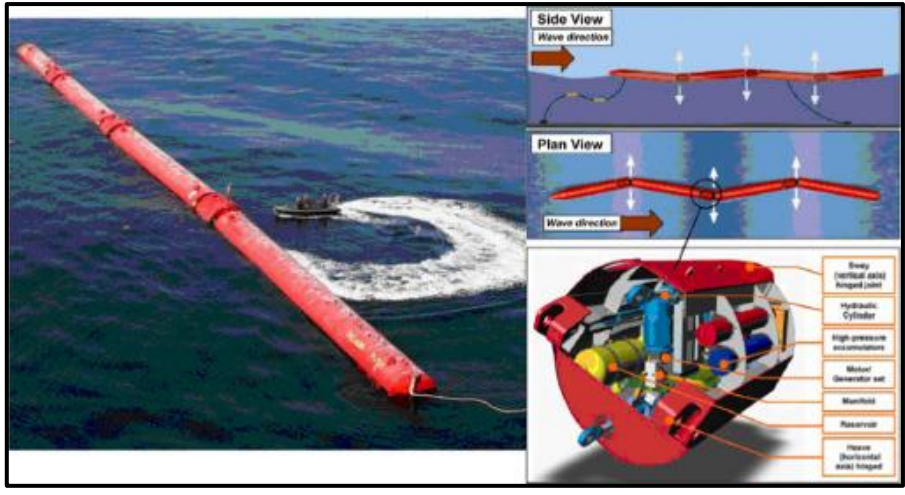
CETO: Η συσκευή αυτή εγκαθίστανται εντός της θάλασσας με σκοπό την απορρόφηση θαλασσινών υδάτων στην ακτή, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγική ηλεκτρικής ενέργειας ή την παραγωγή καθαρού νερού (διαδικασία αφαλάτωσης). Οι κατασκευές αυτές είναι εγκατεστημένες στον πυθμένα της θάλασσας, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον.



Εικόνα 4-42 CETO

4.3.3.4 Τεχνολογίες Αρθρώσεων

Relamis P-750 WEC: Η μονάδα αυτή περιλαμβάνει τρία τμήματα τα οποία μετασχηματίζουν την κυματική ενέργεια. Τα τμήματα αυτά περιλαμβάνουν επιμέρους ηλεκτροϋδραυλικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού. Κατά τη διαδικασία χρήσης της κυματικής ενέργειας, η μονάδα αυτή βρίσκεται κατά το ήμισυ εντός της θάλασσας, ενώ η υπόλοιπη κατασκευή διαθέτει τέσσερις σωλήνες σε σχήμα κυλίνδρου, οι οποίοι συνδέονται με αρθρωτούς συνδέσμους. Η κίνηση αυτών πραγματοποιείται με βάση την κίνηση των κυμάτων, όπου επιδρά στους βραχίονες, αντλώντας λάδι σε υδραυλικούς κινητήρες. Αντίστοιχα, οι κινητήρες αυτοί βάζουν σε λειτουργία ηλεκτρικές γεννήτριες, οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Το σύστημα αυτό είναι κατάλληλα σχεδιασμένο, ώστε να μην χρειάζεται εξειδικευμένο εξοπλισμό, για την συντήρησή του.



Εικόνα 4-43 Pelamis P-750 WEC

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από το ξύλο στον άνθρακα και το φυσικό αέριο, αναμφισβήτητα ο ρόλος της ενέργειας στην παγκόσμια οικονομία είναι απαραίτητος και αξιοσημείωτος. Παράλληλα, η εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και η ικανότητα υιοθέτησης αυτής αποτελούν πολλοί σημαντικούς παράγοντες, στα πλαίσια της οικονομικής μεγέθυνσης και την αποτελεσματικότητα της παραγωγής. Αναμφισβήτητα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελούν απαραίτητη την ένταξη τους στην παραγωγική διαδικασία και την γενικότερη χρήση τους για την κάλυψη βασικών καθημερινών αναγκών του πληθυσμού. Στα πλαίσια τω Διεθνών Συμφωνιών για το κλίμα η ανάγκη αυτή γίνεται ολοένα και εντονότερη. Παρόλα αυτά, ένα βασικό ζήτημα των πηγών αυτών είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης τους.

Επομένως, είναι σημαντικό το γεγονός ότι παρά το υψηλό κόστος επένδυσης και υιοθέτησης των τεχνολογιών της ωκεάνιας ενέργειας, είναι μία πηγή η οποία αυξάνει την ενεργειακή ασφάλεια και τη βιωσιμότητα του οικοσυστήματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Agamloh, E. B., Wallace, A. K., & Von Jouanne, A. (2008). Application of fluid–structure interaction simulation of an ocean wave energy extraction device. *Renewable Energy*, 33(4), 748-757.
- [2] Komporn, W., Ekkawatpanit, C., & Kositgittiwong, D. (2018). Assessment of ocean wave energy resource potential in Thailand. *Ocean & Coastal Management*, 160, 64-74.
- [3] Qiu, S., Liu, K., Wang, D., Ye, J., & Liang, F. (2019). A comprehensive review of ocean wave energy research and development in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109271.
- [4] Ransley, E. J., Greaves, D., Raby, A., Simmonds, D., & Hann, M. (2017). Survivability of wave energy converters using CFD. *Renewable Energy*, 109, 235-247.
- [5] Tan, J., Duan, J., Zhao, Y., He, B., & Tang, Q. (2018). Generators to harvest ocean wave energy through electrokinetic principle. *Nano Energy*, 48, 128-133.
- [6] Viet, N. V., & Wang, Q. (2018). Ocean wave energy pitching harvester with a frequency tuning capability. *Energy*, 162, 603-617.
- [7] Zhang, D., Shi, J., Si, Y., & Li, T. (2019). Multi-grating triboelectric nanogenerator for harvesting low-frequency ocean wave energy. *Nano Energy*, 61, 132-140.
- [8] Zou, C., Zhao, Q., Zhang, G., & Xiong, B. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Natural Gas Industry B*, 3(1), 1-11.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<https://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/ocean-energy-generating-technologies/wave-energy/the-pelamis-wave-energy-converter/>

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2011.0164>

<https://tethys-engineering.pnnl.gov/technology/pressure-differential>

<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2015/980613/>

http://www.aquaret.com/indexc72c.html?option=com_content&view=article&id=133&Itemid=276&lang=el

<http://www.allaboutenergy.gr/EnergieiaOkeanon.html>

<https://justenergy.com/blog/7-types-renewable-energy-future-of-energy/>

<https://sites.google.com/site/energeiakaperiballonalexk/energeiakymaton-okeanon>

<https://www.oceanenergy-europe.eu/ocean-energy/>

<https://mediatrends.mediamarkt.gr/palirroikh-energeia-ti-einai-pws-aksiopoieitai/>

<https://www.makai.com/ocean-thermal-energy-conversion/>

<https://www.makai.com/ocean-thermal-energy-conversion/>