

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**“Διαθέσιμες τεχνολογίες ανάκτησης κυματικής
ενέργειας και παλιρροϊκής ενέργειας-Σύγκριση
με άλλες διαθέσιμες Α.Π.Ε”**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΚΑΡΔΑΡΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΚΑΡΤΕΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ Σ. ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ

ΠΑΤΡΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
A) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1. Εισαγωγικά Στοιχεία.....	5
2. Φυσική και Προέλευση των Θαλάσσιων Κυμάτων.....	6
3. Βασικές Αρχές Μετατροπής της Ενέργειας των Θαλάσσιων Κυμάτων.....	8
4. Ιστορική Εξέλιξη των Τεχνολογιών Εκμετάλλευσης της Θαλάσσιων Κυμάτων.....	10
B) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	
I) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	
1) <u>Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος</u>	
I. LIMPET.....	11
II. WECA.....	15
2) <u>Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης</u>	
I. SSG.....	17
3) <u>Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης</u>	
II. LabBuoy.....	21
III. SDE.....	27
II) ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	
1) <u>Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος</u>	

I. Mighty Whale.....	29
II. SARA MWEC.....	32
2) <u>Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης</u>	
I. WETEnGen™.....	33
II. CES.....	35
III. Trotman Unit.....	39
4) <u>Τεχνολογίες Αρθρώσεων</u>	
I. The Waveberg™.....	42
5) <u>Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης</u>	
II. Oyster™.....	47
III. WaveRoller.....	51
IV. bioWAVE™.....	55
III) <u>ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ (ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ)</u>	
1) <u>Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος</u>	
I. MAWEC.....	59
II. Oceanlinx.....	64
III. Sperboy™.....	67
IV. WaveMaster.....	72
2) <u>Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης</u>	75
I. Wave Dragon.....	75
3) <u>Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης</u>	
I. Wave Star©.....	80
II. AquaBuOY.....	84
III. Manchester Bobber.....	88
IV. AWS.....	91
V. CETO™.....	96
VI. SyncWave™.....	98

VII. FO3.....	101
VIII. PowerBuoy®.....	104
IX. OWEC®.....	109
X. FWEPS.....	111
XI. Brandl Generator.....	114
XII. WaveBlanket.....	117
4) <u>Τεχνολογίες Αρθρώσεων</u>	
I. Pelamis P-750 WEC.....	121
II. DEXA	126
III. Crestwing.....	132
IV. McCabe Wave Pump.....	134
V. Floating Wave Generator.....	135
5) <u>Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης</u>	
I. Poseidon's Organ.....	137
II. OWELWEC.....	140
III. C-Wave.....	146
Γ) ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	150
Δ) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	160

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία ασχολείται με μια σχετικά νέα και άγνωστη, κυρίως στη χώρα μας, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με σημαντικές προοπτικές εκμετάλλευσης στο άμεσο μέλλον σε ολόκληρο το κόσμο. Πρόκειται για την ενέργεια που περιέχεται στα θαλάσσια κύματα και η οποία μπορεί να αποτελέσει σε κάποια χρόνια την πηγή παραγωγής ενός μεγάλου ποσοστού της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως. Ο βασικός στόχος της εργασίας είναι η μελέτη ενός μεγάλου εύρους τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Α μέρος αποτελείται από κάποιες εισαγωγικές πληροφορίες σχετικά με την προέλευση και δημιουργία των θαλάσσιων κυμάτων, το είδος της ενέργειας τους, τη διακύμανση της ανάλογα με την τοποθεσία, τις πέντε βασικές τεχνικές απορρόφησης και μετατροπής της, καθώς και την εξέλιξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της.

Το Β μέρος απαρτίζεται από την εκτενή παρουσίαση τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα. Οι τεχνολογίες που μελετώνται αποτελούν τις σημαντικότερες δημοσιοποιημένες τεχνολογίες στον τομέα της εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας παγκοσμίως. Τα στάδια εξέλιξης των διάφορων τεχνολογιών ποικίλουν. Για παράδειγμα, μερικές από αυτές έχουν αναπτυχθεί επαρκώς ώστε να έχουν προχωρήσει στο στάδιο της εμπορευματοποίησης με εγκαταστάσεις πολλών διασυνδεδεμένων μετατροπέων να έχουν προγραμματιστεί για το άμεσο μέλλον, ενώ άλλες βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο σχεδιασμού ή δοκιμής. Ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες για την κάθε τεχνολογία ξεχωριστά, η παρουσίαση περιλαμβάνει τεχνολογικά και οικονομικά χαρακτηριστικά σχετικά με τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την κατασκευή, τη δοκιμή, τη διαδικασία και τοποθεσία εγκατάστασης, τη λειτουργία, τη συντήρηση, την απόδοση σύλληψης και μετατροπής της κυματικής ενέργειας, την ικανότητα επιβίωσης σε ακραία καιρικά φαινόμενα, την οικονομική βιωσιμότητα, τις περιβαλλοντικές συνέπειες, τις προοπτικές εμπορευματοποίησης και τη σύγκριση με άλλες ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές ενέργειας.

Σε αυτό το σημείο και με την ευκαιρία που μας δίνεται μέσα από τη συγκεκριμένη εργασία θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Γιαννάκη για τη πολύτιμη καθοδήγηση του. Η συνεργασία του υπήρξε καθοριστική για την επιτυχή ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας.

A) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A.1) Εισαγωγικά Στοιχεία

Εκτιμάται ότι η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί δραματικά μέσα στις επόμενες δεκαετίες σε ολόκληρο τον κόσμο, και με ιδιαίτερα ραγδαίους ρυθμούς στις χώρες της Ασίας. Για παράδειγμα, η βιομηχανική ανάπτυξη της Κίνας θα απαιτήσει μέχρι το 2050 την εγκατάσταση νέων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών συνολικής ισχύος περίπου 700 GW. Συγκριτικά, η συνολική ισχύς των ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 είναι σήμερα 580 GW περίπου .

Το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι με ποιον τρόπο θα καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του μέλλοντος. Προς το παρόν, η μόνη εναλλακτική λύση προς τις παραδοσιακές ρυπογόνες μορφές ενέργειας, εκτός από την πυρηνική, είναι η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Είναι αλήθεια ότι την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση αυτή, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στη χώρα μας. Ωστόσο τα περιθώρια αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παραμένουν τεράστια, ενώ η συμβολή τους για ένα καθαρό ενεργειακό μέλλον κρίνεται καθοριστική.

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας συνήθως εννοούμε την ενέργεια των υδατοπτώσεων, την ενέργεια της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, την ενέργεια των ανέμων και την ενέργεια της βιομάζας λόγω της διαθέσιμης τεχνολογίας ηλεκτρικής ενέργειας που υπάρχει και δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των ενεργειακών αυτών πόρων. Όμως δεν είναι μόνο αυτές οι μορφές ενέργειας που κατατάσσονται στις ΑΠΕ. Μια πηγή ενέργειας από τις ΑΠΕ που σχεδόν δεν χρησιμοποιείται είναι η ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται, όπως όλες οι ΑΠΕ άλλωστε, από περιοδικότητα και σχετικά μικρή πυκνότητα. Στην Ελλάδα τις προοπτικές εκμετάλλευσης της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων τις αγνοούν σχεδόν όλοι οι αρμόδιοι που ασχολούνται με τις ΑΠΕ και διατίθεται άφθονη στις ελληνικές θάλασσες. Στην Ελλάδα οι δραστηριότητες που σχετίζονται άμεσα με την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή αφορούν κυρίως Πανεπιστημιακού επιπέδου έρευνα στα ΑΕΙ , καθώς και μεμονωμένες δραστηριότητες διάφορων ιδιωτών. Μεγάλη συνάφεια παρουσιάζουν παραπλήσιες δραστηριότητες των ΑΕΙ, κυρίως του τμήματος Ναυπηγών του ΕΜΠ και του ΕΚΘΕ, για την μοντελοποίηση ή την μέτρηση του κυματικού κλίματος σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η παρουσία του ΚΑΠΕ στον χώρο (20), με ενεργό συμμετοχή σε ευρωπαϊκά προγράμματα E&TA, οργάνωση συνεδρίων, εξέταση και προώθηση ελληνικών ευρεσιτεχνιών κ.ά.

Οι θαλάσσιες μάζες καλύπτουν το 75% της επιφάνειας του πλανήτη μας και μπορούν να θεωρηθούν ένα κολοσιαίο, «παγκόσμιο» ενεργειακό ρεζερβουάρ. Η θαλάσσια επιφάνεια απορροφά τεράστιες ποσότητες ηλιακής και αιολικής ενέργειας ,η οποία εμφανίζεται στη θάλασσα σε διάφορες μορφές, όπως κύματα ή ρεύματα . Επιπλέον, το θαλάσσιο σύστημα επηρεάζεται από τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις του πλανήτη μας με τον Ήλιο και τη Σελήνη. Ο μηχανισμός αυτός, αργά αλλά σταθερά ,κινητοποιεί ασύλληπτες ποσότητες ύδατος, δημιουργώντας το φαινόμενο της παλίρροιας. Διάφορες άλλες πηγές ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι το θερμικό δυναμικό μεταξύ των ανώτερων και των κατώτερων, ψυχρότερων, θαλάσσιων στρωμάτων, ή μεταβολές πυκνότητας σε θαλάσσια στρώματα διαφορετικής αλατότητας .

Συνεπώς οι μορφές θαλάσσιας ενέργειας είναι πολλές, ενώ οι ποσότητες ενέργειας οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν τεράστιες. Όλες οι μορφές της

θαλάσσιες ενέργειες έχουν την κοινή ιδιότητα της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, η οποία είναι η υψηλότερη μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

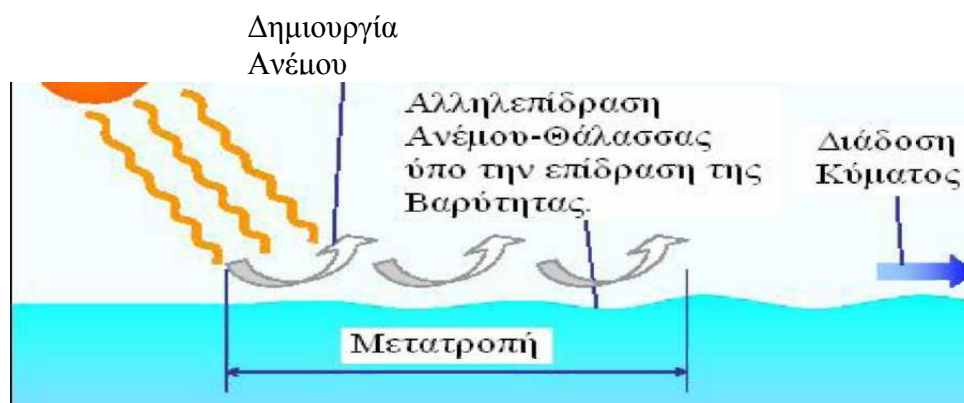
Τα τελευταία κυρίως χρόνια, διάφορες τεχνολογίες κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας έχουν φτάσει σε τέτοιο στάδιο τεχνικής εξέλιξης, ώστε η μαζική αξιοποίηση της θάλασσας για παραγωγή «καθαρής» και «φτηνής» ενέργειας να θεωρείται πλέον εφικτή. Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώνεται στη κυματική μόνο ενέργεια της θάλασσας και στον μεγάλο αριθμό τεχνολογιών εκμετάλλευσής της.

Η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος κυρίως, ενδιαφέρει άμεσα τη χώρα μας, με τον μεγάλο αριθμό νησιών, αλλά και την τεράστια ακτογραμμή της (περ. 13.700 χλμ.), η οποία είναι η μακρύτερη στην Ε.Ε. Το Αιγαίο Πέλαγος διαθέτει αξιοποιήσιμο θαλάσσιο ενεργειακό δυναμικό, το υψηλότερο της Μεσογείου, με την αξιοποίηση του οποίου θα μπορούσε να καλυφθεί σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών μας.

A.2) Φυσική και Προέλευση των Θαλάσσιων Κυμάτων

Η ενέργεια του θαλάσσιου κυματισμού είναι, όπως όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άλλωστε, ανεξάντλητη. Για να γίνει ευκολότερα κατανοητό το μέγεθος της διαθέσιμης ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα παγκοσμίως, αρκεί να αναφερθεί ότι η αξιοποίηση μόνο του 1% του κυματικού δυναμικού του πλανήτη μας θα κάλυπτε στο τετραπλάσιο την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση. Αυτού του είδους η ενέργεια παρουσιάζει μεταξύ των ανανεώσιμων την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. π.χ., σε ημερήσια βάση, η ενέργεια κυματισμού ύψους 1 μ. μπορεί -σε μέτωπο πλάτους μόλις ενός μέτρου- να ξεπεράσει τις 300 kWh. Από την ενέργεια αυτή θα μπορούσε να απορροφηθεί και να μετατραπεί σε ωφέλιμο ηλεκτρισμό τουλάχιστον ένα ποσοστό της τάξεως του 5-10%, δηλαδή περίπου 15-30 kWh ημερησίως. Συγκριτικά αναφέρουμε ότι μία τετραμελής οικογένεια καταναλώνει κατά μέσον όρο περίπου 10 kWh ημερησίως.

Όσον αφορά τις διάφορες μορφές κυματισμού, ο ανεμογενής κυματισμός παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για ενεργειακή εκμετάλλευση. Τα ανεμογενή κύματα δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση του ανέμου με τη θαλάσσια επιφάνεια (Εικόνα 1). Αυτή η μεταφορά ενέργειας παρέχει ένα είδος φυσικής αποθήκευσης της αιολικής ενέργειας στο νερό, κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια του. Εφόσον δημιουργηθεί, ο ανεμογενής κυματισμός μπορεί να «ταξιδέψει» χιλιάδες χιλιόμετρα με ελάχιστες απώλειες ενέργειας. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τον ανεμογενή κυματισμό ως την πλέον ιδανική μορφή κυματισμού για βέλτιστη



εκμετάλλευση. Καθώς τα θαλάσσια κύματα πλησιάζουν προς την ακτογραμμή, η ένταση της ενέργειας τους μειώνεται εξαιτίας της αλληλεπίδρασης τους με τον πυθμένα της θάλασσας. Αυτή η απώλεια ενέργειας κοντά στην ακτή μπορεί να αντισταθμιστεί από διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως η διάθλαση και η ανάκλαση, οδηγώντας στη συγκέντρωση της κυματικής ενέργειας («hot spots»).

Η ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων προέρχεται από τις δύο κινήσεις των υδάτων της θαλάσσιας επιφάνειας, την κατακόρυφη και την οριζόντια κίνηση. Η κατακόρυφη κίνηση προσδιορίζει το ύψος του κύματος, ενώ η οριζόντια προσδιορίζει την ταχύτητα με την οποία κινείται το κύμα. Η συνολική ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων αποτελείται από το άθροισμα δύο μορφών ενέργειας, τη δυναμική και τη κινητική. Η δυναμική ενέργεια των μορίων του νερού προέρχεται από τη κατακόρυφη ταλάντωση τους, ενώ η κινητική ενέργεια τους από τη κυκλική κίνηση τους.

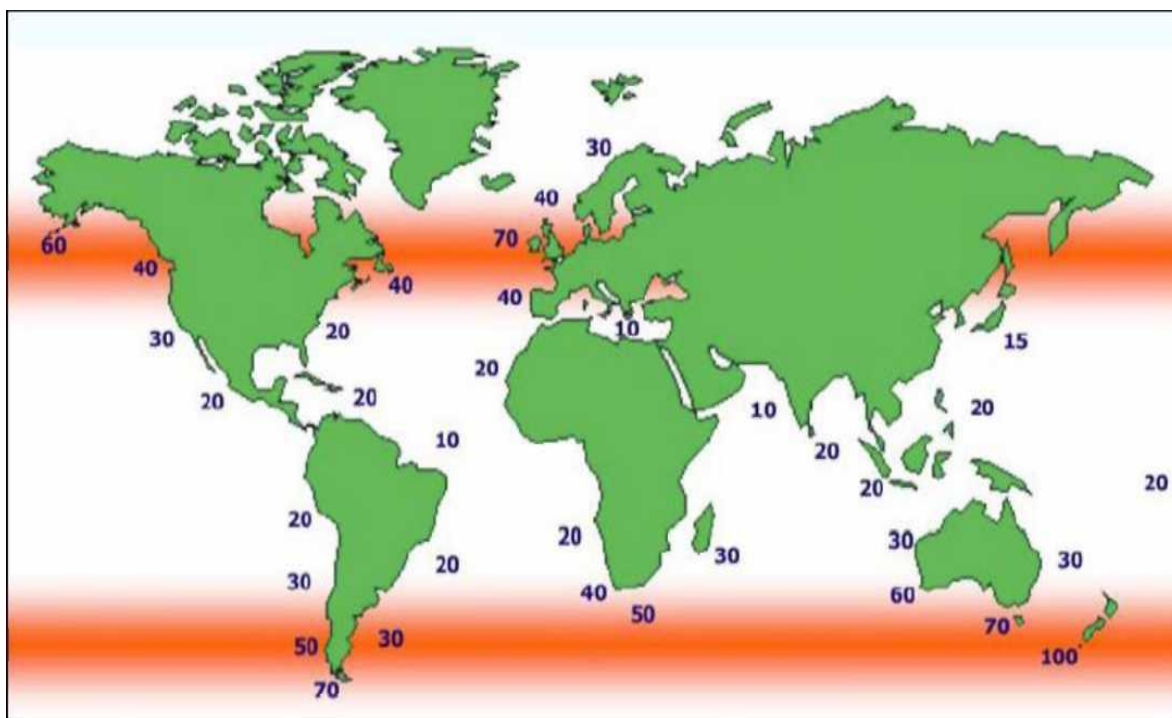
Έτσι η συνολική ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων υπολογίζεται με βάση την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\begin{aligned} E_{\text{συνολική}} &= E_{\text{δυναμική}} + E_{\text{κινητική}} \\ &= \rho \cdot l \cdot h^2 \cdot B / 16 + \rho \cdot l \cdot h^2 \cdot B / 16 \\ &= \rho \cdot l \cdot h^2 \cdot B / 8 \end{aligned}$$

όπου : το ρ είναι η πυκνότητα του θαλασσινού νερού , το g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας , το h είναι το ύψος του κύματος , το l είναι το βήμα των κυμάτων , το B είναι το μετωπικό μήκος του κύματος 1 μέτρου που εξετάζουμε.

- Στην παραπάνω εξίσωση φαίνεται ότι η δυναμική και κινητική ενέργεια των κυμάτων είναι ισοδύναμες και εξαρτώνται ουσιαστικά από το ύψος του κύματος.

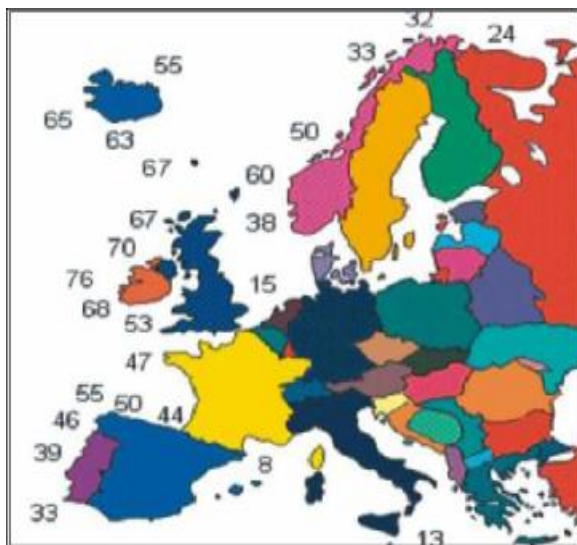
Τα υψηλότερα επίπεδα κυματικής ενέργειας στον Πλανήτη μας εμφανίζονται



Εικόνα Α.2.1. : Ο παγκόσμιος χάρτης της διακύμανσης της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων σε MJ/m

μεταξύ του 30ου και 60ου παράλληλου και στα δύο ημισφαίρια. Η βασική κινητήριος δύναμη είναι οι ισχυροί δυτικοί άνεμοι που πνέουν σε αυτές τις περιοχές της υδρογείου.

Έτσι, στις δυτικοευρωπαϊκές ακτές επικρατεί ιδιαίτερα ισχυρός κυματισμός με μέση ισχύ της τάξης των 40-70 kW/m ανά μέτρο μετώπου κύματος. Στις ακτές της Ιρλανδίας και της Σκωτίας η ενέργεια που περιέχουν τα θαλάσσια κύματα φτάνει ως τα 76kW/m. Το κυματικό δυναμικό της χώρας μας είναι το υψηλότερο της Μεσογείου, με μέση ισχύ η οποία σε ορισμένες περιοχές του νοτιοδυτικού Αιγαίου ξεπερνάει τα 15 kW/m.



Εικόνα Α.2.2. : Ο ευρωπαϊκός χάρτης της διακύμανσης της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων σε Kw/m

Η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ενέργεια από τα κύματα για τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπολογίζεται συνολικά σε 150-230 TWh/έτος, από τα οποία περίπου 5 TWh/έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 10% της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στη χώρα μας.

A.3) Βασικές Αρχές Μετατροπής της Ενέργειας των Θαλάσσιων Κυμάτων

Σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο αριθμός των ιδεών και εφευρέσεων σχετικά με τη μετατροπή της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων είναι πολύ μεγάλος. Αν και περισσότερες από 100 τεχνικές μετατροπής της κυματικής ενέργειας έχουν κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σε ολόκληρο τον κόσμο, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτού του φαινομενικά μεγάλου αριθμού μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε λίγους μόνο διαφορετικούς τύπους:

1. Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος → πρόκειται για συσκευές με θάλαμο αέρα, βυθισμένο κατακόρυφα στο μισό μήκος του περίπου, ανοικτό προς την πλευρά του πυθμένα. Η παλινδρομική κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας προκαλεί ρυθμική συμπίεση-αποσυμπύεση της αέριας

μάζας μέσα στον θάλαμο, η οποία χρησιμοποιείται για την κίνηση αεροστρόβιλου.

2. Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης $\hat{=}$ πρόκειται για πλωτές ή σταθερές δεξαμενές, οι οποίες περισυλλέγουν το νερό των κυμάτων σε στάθμη υψηλότερη από τη μέση στάθμη της θαλάσσιας επιφάνειας. Η διαφορά στάθμης χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός ή περισσότερων υδροστροβίλων.
3. Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης $\hat{=}$ πρόκειται για πλωτήρες στην επιφάνεια της θάλασσας ή αγκυρωμένους στον θαλάσσιο πυθμένα, οι οποίοι ακολουθούν την κατακόρυφη κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας. Η παλινδρομική κίνηση του πλωτήρα μετατρέπεται μέσω μηχανικών ή υδραυλικών συστημάτων σε περιστροφική ή άλλου είδους κίνηση για τη λειτουργία ηλεκτρογεννήτριας.
4. Τεχνολογίες Αρθρώσεων $\hat{=}$ πρόκειται για πλωτά, αρθρωτά συστήματα, τα οποία στις αρθρώσεις φέρουν αντλίες. Με τις κινήσεις του κυματισμού οι αντλίες συμπιέζουν υδραυλικό υγρό και δίνουν κίνηση σε υδραυλικούς κινητήρες.
5. Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης $\hat{=}$ πρόκειται για συσκευές που εκμεταλλεύονται την οριζόντια ταχύτητα των μορίων του νερού των θαλάσσιων κυμάτων για την εκτροπή κατάλληλων σωμάτων ή τη συμπίεση/αποσυμπίεση ενός εύκαμπτου αεροθαλάμου που αντικρίζει το μέτωπο των θαλάσσιων κυμάτων.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούμε στις βασικότερες δυσκολίες που οι αναπτυσσόμενες τεχνολογίες μετατροπής της κυματικής ενέργειας καλούνται να ξεπεράσουν:

- I. Έλλειψη σταθερότητας στο πλάτος, τη φάση και την κατεύθυνση των θαλάσσιων κυμάτων. Είναι δύσκολο να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση σε ολόκληρο το εύρος των συχνοτήτων διέγερσης.
- II. Η φόρτιση της κατασκευής σε συνθήκες ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως τυφώνες, μπορεί να είναι ακόμα και 100 φορές μεγαλύτερο από το μέσο φορτίο.
- III. Ο συγχρονισμός της μεταβαλλόμενης και αργής κίνησης (περίπου 0,1 Hz) των θαλάσσιων κυμάτων με τις ηλεκτρικές γεννήτριες απαιτεί τυπικά περίπου 500 φορές μεγαλύτερη συχνότητα.

Προφανώς ο σχεδιασμός ενός μετατροπέα κυματικής ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά πολύπλοκος ώστε να είναι αποτελεσματικός και ασφαλής από τη μία μεριά, και οικονομικά εφικτός από την άλλη. Η αφθονία των πόρων και οι διακυμάνσεις υψηλής ενέργειας στα θαλάσσια κύματα καθορίζουν το κατά πόσο η παραγωγή

ενέργειας θα είναι οικονομικά βιώσιμη.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα κύματα συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: μηδαμινή ρύπανση, αποκέντρωση παραγωγής, απεξάρτηση από εισαγωγές, ανάπτυξη απομακρυσμένων περιοχών, δημιουργία θέσεων εργασίας κ.ά. Επιπλέον, σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες, οι εγκαταστάσεις κυματικής ενέργειας δεν δεσμεύουν γη, ενώ η οπτική και ακουστική όχληση είναι μηδαμινή, ειδικά όταν πρόκειται για υπεράκτιες (ανοιχτής θαλάσσης) ή υποβρύχιες εγκαταστάσεις.

A.4) Ιστορική Εξέλιξη των Τεχνολογιών Εκμετάλλευσης της Θαλάσσιων Κυμάτων

Η αρχική ιδέα για την εκμετάλλευση του θαλάσσιου κυματισμού δεν είναι πρόσφατη. Η πρώτη ευρεσιτεχνία εκμετάλλευσης των θαλάσσιων κυμάτων χρονολογείται στα 1799, ενώ πλήθος άλλων τεχνολογιών επινοήθηκαν και λειτούργησαν σε μικρή κλίμακα μέχρι τα μέσα του περασμένου αιώνα. Η συντονισμένη όμως έρευνα στον τομέα αυτό ξεκίνησε στη δεκαετία του 1970, μετά τη μεγάλη πετρελαϊκή κρίση η οποία έστρεψε περισσότερα βλέμματα προς άλλες ανεκμετάλλευτες εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Αν και η συστηματική έρευνα στην εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας έχει ξεκινήσει από δεκαετίες, οι σχετικές τεχνολογίες δεν έχουν περιέλθει ακόμη σε στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης, εξαιρουμένου ελαχίστων που έχουν αναπτυχθεί επαρκώς ώστε να έχουν περάσει σε κάποιο πρώιμο στάδιο εμπορευματοποίησης. Ο κύριος λόγος είναι το αντίξοο περιβάλλον, το οποίο συντελεί ανασταλτικά και έχει επιβραδύνει την ανάπτυξη στον τομέα αυτό, αφού οι περισσότεροι μεγάλοι πιθανοί επενδυτές δεν παίρνουν το ρίσκο χρηματοδότησης αυτής της σχετικά απρόβλεπτης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Ωστόσο, οι προσπάθειες των προηγούμενων δεκαετιών έχουν αρχίσει να αποδίδουν καρπούς. Αρκετές από τις τεχνολογίες που μελετώνται παρακάτω έχουν φτάσει σήμερα σε τέτοιο στάδιο τεχνικής «ωρίμανσης», ώστε βραχυπρόθεσμα θα μπορούσε να ξεκινήσει ή έχει ήδη ξεκινήσει, η μαζική παραγωγή και εγκατάσταση τους για ηλεκτροδότηση παράκτιων ή απομονωμένων περιοχών, νησιών, ή ακόμα και του κεντρικού δικτύου διανομής μιας χώρας. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν ήδη αποδείξει την αξιοπιστία τους στην ανοικτή θάλασσα. Βέβαια το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος παραμένει συγκριτικά υψηλό (0,08-0,1 €/kWh), ωστόσο η περαιτέρω τεχνολογική εξέλιξη αναμένεται να οδηγήσει στη μείωσή του, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις για την κάθε τεχνολογία ξεχωριστά, όπως θα δούμε παρακάτω. Για το λόγο αυτό, η εμπορική εκμετάλλευση της ενέργειας του θαλάσσιου κυματισμού στο κοντινό μέλλον θεωρείται πλέον εφικτή και ίσως αναγκαία, αν αναλογιστεί κανείς τον παγκόσμιο συναγερμό που έχουν σημάνει οι επιστήμονες σχετικά με τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

B) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Για τη διευκόλυνση της παρουσίασης, όλοι οι μετατροπείς της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με την απόσταση της τοποθεσίας εγκατάστασης και λειτουργίας τους από την ακτή. Αυτές οι κατηγορίες είναι:

I. Τεχνολογίες Ακτογραμμής : Οι τεχνολογίες ακτογραμμής είναι σταθερές ή ενσωματωμένες στην ακτογραμμή, κάτι το οποίο τους προσδίδει το πλεονέκτημα της εύκολης εγκατάστασης και συντήρησης. Επίσης οι τεχνολογίες ακτογραμμής δεν απαιτούν αγκυροβολήσεις σε μεγάλο βάθος υδάτων, ούτε υποθαλάσσια ηλεκτρικά καλώδια μεταφοράς. Ωστόσο, υπόκεινται σε ένα κυματικό καθεστώς σημαντικά μικρότερης ισχύς. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί βέβαια από τη φυσική συγκέντρωση της κυματικής ενέργειας ('hot spots'). Επιπλέον, η εγκατάσταση τέτοιων διατάξεων μπορεί να περιοριστεί από τη γεωλογία της ακτογραμμής, το εύρος της παλίρροιας, τη διατήρηση του περιγράμματος της ακτής, κτλ. Οι πιο ανεπτυγμένες τεχνολογικά συσκευές ακτογραμμής είναι τύπου παλλόμενης στήλης ύδατος.

II. Παράκτιες Τεχνολογίες: Οι παράκτιες τεχνολογίες εγκαθίστανται σε μέτριο βάθος υδάτων (περίπου 20 με 30 μέτρα), σε αποστάσεις μέχρι και περίπου 500 μέτρα από την ακτή. Έχουν σχεδόν τα ίδια πλεονεκτήματα με τις τεχνολογίες ακτογραμμής, ενώ παράλληλα υπόκειντο σε θαλάσσια κύματα υψηλότερου επιπέδου ισχύος.

III. Υπεράκτιες Τεχνολογίες (Ανοιχτής Θαλάσσης): Οι υπεράκτιες τεχνολογίες εκμεταλλεύονται τα πιο ισχυρά κυματικά κλίματα που συναντώνται σε μεγάλο βάθος υδάτων (μεγαλύτερο από 40 μέτρα). Ο σχεδιασμός των πιο πρόσφατων υπεράκτιων τεχνολογιών επικεντρώνεται κυρίως σε μικρές αρθρωτές συσκευές, που δίνουν συνολική παραγόμενη έξοδο μεγάλης ισχύος όταν παρατάσσονται σε μεγάλο αριθμό.

Όλα τα στοιχεία και οι πληροφορίες των τεχνολογιών που παρουσιάζονται παρακάτω προέρχονται από τις ίδιες τις εταιρίες και τους φορείς που κατέχουν τα δικαιώματα εκμετάλλευσής τους. Συνεπώς η εγκυρότητα των τεχνολογικών, οικονομικών και αναπτυξιακών εκτιμήσεων και προοπτικών εξαρτάται από τους ίδιους τους κατασκευαστές.

B) I) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

B) I.1) Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος

B)I.1.1) LIMPET

Το 1998 το Queen's University Belfast σε συνεργασία με τις εταιρίες Wavegen Ireland Ltd, Charles Brand Ltd, Kirk McClure Morton και τη I.S.T. Portugal ανέλαβαν να κατασκευάσουν και να δοκιμάσουν μια παράκτια εγκατάσταση

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων. Το σύστημα αυτό που είναι γνωστό ως LIMPET (Last Installed Marine Power Energy Transmitter), εγκαταστάθηκε στη νήσο του Islay έξω από τα δυτικά παράλια της Σκωτίας και η έναρξη της λειτουργίας του πραγματοποιήθηκε τον Νοέμβριο του 2000. Έκτοτε η εγκατάσταση λειτουργεί και ελέγχεται εξ αποστάσεως, ενώ τροφοδοτεί το δίκτυο του Ηνωμένου Βασιλείου με ηλεκτρική ενέργεια. Η μέχρι σήμερα επιτυχημένη λειτουργία χωρίς επίβλεψη της εγκατάστασης LIMPET απέδειξε τις δυνατότητες συνεισφοράς της παράκτιας κυματικής ενέργειας στα εθνικά αποθέματα ενέργειας.



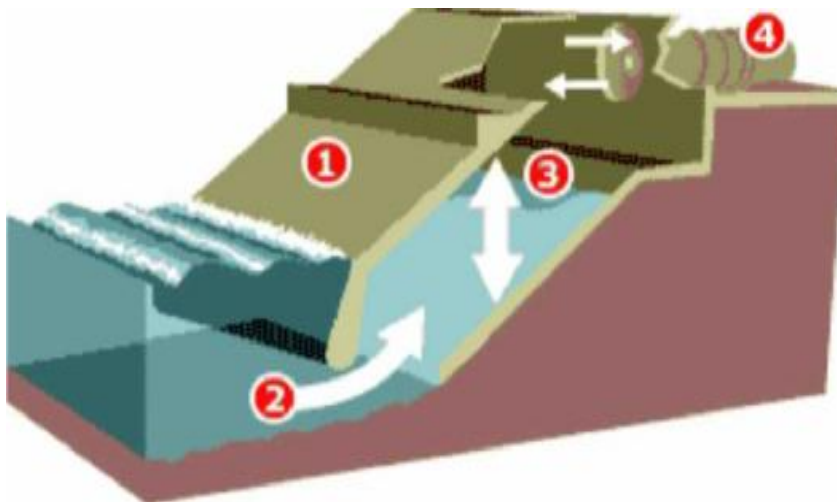
Εικόνα Β)1.1.11 : Η ολοκληρωμένη εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας LIMPET στο νησί του Islay.

Τεχνολογία

Η συσκευή χρησιμοποιεί τρεις στήλες ύδατος που ταλαντώνονται μέσα σε θαλάμους από μπετόν με εσωτερικές διαστάσεις 6 μέτρα επί 6 μέτρα και σε κλίση 40° ως προς την οριζόντιο. Το επάνω τμήμα των θαλάμων είναι εσωτερικά συνδεδεμένο και η μετατροπή της ενέργειας πραγματοποιείται από μία μόνο στρόβιλο-γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη στον μεσαίο αγωγό. Οι στήλες ύδατος έχουν εξωτερικό πλάτος 21 μέτρων και βρίσκονται 17 μέτρα εσωτερικά της φυσικής ακτογραμμής σε ένα προκατασκευασμένο βαθούλωμα με βάθος νερών 6 μέτρα. Οι πλευρές του βαθουλώματος είναι ουσιαστικά παράλληλες και κάθετες ως προς την επιφάνεια της θάλασσας. Στην εγκατάσταση αυτή η κατακόρυφη παλινδρομική κίνηση των

κυμάτων χρησιμοποιείται ως έμβολο που πιέζει τον αέρα ενός θαλάμου, η ροή του οποίου περιστρέφει ένα στρόβιλο.

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει ένα στρόβιλο Wells αντίστροφης περιστροφής, κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα με διάμετρο της πτερωτής του 2,6 μέτρα. Κάθε επίπεδη επιφάνεια με πτερύγια του στρόβιλου Wells είναι ενσωματωμένη απευθείας στον άξονα μιας τροποποιημένης επαγωγικής γεννήτριας των 250kW, δίνοντας έτσι συνολική εγκατεστημένη ισχύ 500kW.



Εικόνα(1) Ο θάλαμος σύλληψης των θαλάσσιων κυμάτων χτισμένος μέσα στη πρόσοψη του βράχου, (2) Η κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων ωθεί το νερό μέσα στον θάλαμο, (3) Ο αέρας του θαλάμου συμπιέζεται και αποσυμπιέζεται λόγω της ήπιας λανθάνουσας στήλης ύδατος», (4) Ο αέρας κινεί το στρόβιλο Wells για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η έξοδος των γεννητριών εξομαλύνεται και αντιστρέφεται πριν από τη σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης LIMPET ελέγχονται από ειδικό λογισμικό και μπορούν να μεταβληθούν. Ο θόρυβος που παράγεται από την ροή του αέρα διαμέσου των στρόβιλων μειώνεται σε ένα ειδικό ακουστικό θάλαμο πριν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα. Η στρόβιλο-γεννήτρια περιλαμβάνει επίσης μια βαλβίδα με περιστρεφόμενο δίσκο και μια βαλβίδα βάνας.

Το σύστημα συλλογής πληροφοριών παρακολουθεί όλες τις βασικές λειτουργικές παραμέτρους καθ' όλη τη διαδικασία μετατροπής της ενέργειας. Επίσης για μια περιορισμένη περίοδο παρακολουθήθηκε και η ενέργεια των προσπιπτόντων θαλάσσιων κυμάτων, χρησιμοποιώντας διατάξεις μετατροπής πίεσης του πυθμένα. Ακόμα παρακολουθήθηκαν τα φορτία των κυμάτων στους εμπρός και πίσω τοίχους της εγκατάστασης και μετρήθηκαν οι κινήσεις των στηλών ύδατος χρησιμοποιώντας διατάξεις μετατροπής της πίεσης καθώς και ηχητικές διατάξεις μετατροπής.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις παραγόμενης ισχύος που έγιναν για τα 53 αντιπροσωπευτικά είδη κυμάτων, ως προς το ύψος και την περίοδο, που συναντώνται στη συγκεκριμένη τοποθεσία της εγκατάστασης LIMPET.

Sea State	Ti < * J	MS (Cm)	P (fcVJ & r >	% Occurrence
1	10.0	1 J	0.d	1 .35
2	12.4	1 .0	9 .β	0 .40
3	7.0	1 .0	3.9	2 .37
4		1 .5	9 .4	8.10
	β. α			
5	10.0	2.5	24 .8	1 .42
6	11.9	1 .0	1 t .-	0 .70
7	11.3	2.4	23.3	1.13
S	1 1 1	2.9	33.0	0.10
9	14.7	2.2	21 .4	0 .io
10	7.0	1 .5	0.9	9 .23
1 1	7.6	1 .5	21 .0	0 .33
12	9.0	1 β	1 0.0	1 0.83
13	9.0	2.5	2s.5	4 .90
14	10.0	2.9	34 .2	0 .30
13	11.3	1 β	1 0.7	0 .37
io	11.3	2.4	22.7	2.10
17	12.2	2 .9	3s.3	1 .53
1 0	12.3	3.5	43 .s	0 .33
19	13.1	2 β	34 .2	0 .15
20	13.6	3 .4	so.9	0 .15
21	7.0	1 β	1 0.4	9 .49
22	7.7	2 .0	2s.2	0 .90
23	9.7	1 β	1 0.5	0 .90
34	9.0	2.4	23.0	7 .09
25	1 -J.1	3.0	37 .0	1 .67
20	1 M.1	3 .β	si .0	0 .10
27	"1 "1	1 .6	11 .5	0 .62
20	12.3	2.3	22.2	0 .37
29	12.0	2 .9	35.9	1 .49
30	11.3	3.5	si .9	0 .37
31	11.7	4.0	so. 4	0 .35
32	7.0	1 .5	β.5	3 .60
33	7.β	2.4	23.5	0 .62
34	9.0	1 .5	1 0.1	3 .09
35	9.5	2.4	23.4	2 .51
3β	9.7	3.0	33.9	1 .93
37	9.α	3 .0	56.1	0 .47
30	9.9	4.0	37.3	0 .07
39	12.6	2 .2	21 .1	0 .30
40	11.7	3 .0	33.1	0 .73
4 1	12.2	3.β	so. 2	0 .70
42	11.7	4.1	75.5	0 .47
43	11.3	4.4	33.7	0 .15
44	14.3	3.5	so. 9	0 .07
it.	13.3	3.9	71 .0	0 .04
46	13.s	4.4	39.9	0 .11
47	10.0	2.5	26.β	0 .25
4β	9.7	3 .0	37.3	0 .47
4L3	1 M.1	3 .r	53.5	0 .29
so	11.9	2.9	37.3	0 .15
si	12.1	3.8	56.0	0 .40

Πίνακας Β)(1.1)1 : Μέτρηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με το ύψος και την περίοδο των θαλάσσιων κυμάτων της εγκατάστασης LIMPET στο νησί Islay.

Με βάση τα χρήσιμα αποτελέσματα από τη δοκιμή και αξιολόγηση του συστήματος LIMPET στο νησί του Islay, αναπτύχθηκαν νέα σχέδια σε συνδυασμό με διάφορες μεθόδους κατασκευής, καθώς και νέα υλικά. Στο μέλλον προβλέπεται η κατασκευή ενός απλούστερου μοντέλου στρόβιλο-γεννήτριας και συστήματος ελέγχου που σε συνδυασμό με τη μείωση της ύλης κατασκευής των θαλάμων, θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ανταγωνιστικές τιμές ως προς τις αντίστοιχες των ανεμογεννητριών.

Η εργασία που ολοκληρώθηκε στη συγκεκριμένη εγκατάσταση LIMPET αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την εξέλιξη των μελλοντικών τεχνολογιών κυματικής ενέργειας και συγκεκριμένα θα έχει (και ήδη έχει) ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της νέας γενιάς συστημάτων «ταλαντώμενης στήλης ύδατος». Η εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας LIMPET στο νησί του Islay συνεχίζει την παραγωγική λειτουργία της συνδεδεμένη με το δίκτυο ενώ πλέον έχει γίνει τουριστικό αξιοθέατο, επιδεικνύοντας τις προοπτικές εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας.



Εικόνα Β)Ι.1.1)3 : Διάφορα στάδια κατασκευής της εγκατάστασης LIMPET στο νησί του Islay. Στη πρώτη φωτογραφία φαίνεται η αρχική εκσκαφή της επιλεγμένης τοποθεσίας εγκατάστασης, στη δεύτερη η κατασκευή των 3 τσιμεντένιων αεροθαλάμων, στη τρίτη φαίνεται η συναρμολόγηση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τον στρόβιλο Wells και τις επαγωγικές γεννήτριες και στη τέταρτη η τελική μορφή της πρόσοψης της εγκατάστασης.
της εγκατάστασης.

Β)Ι.1.2) WECA

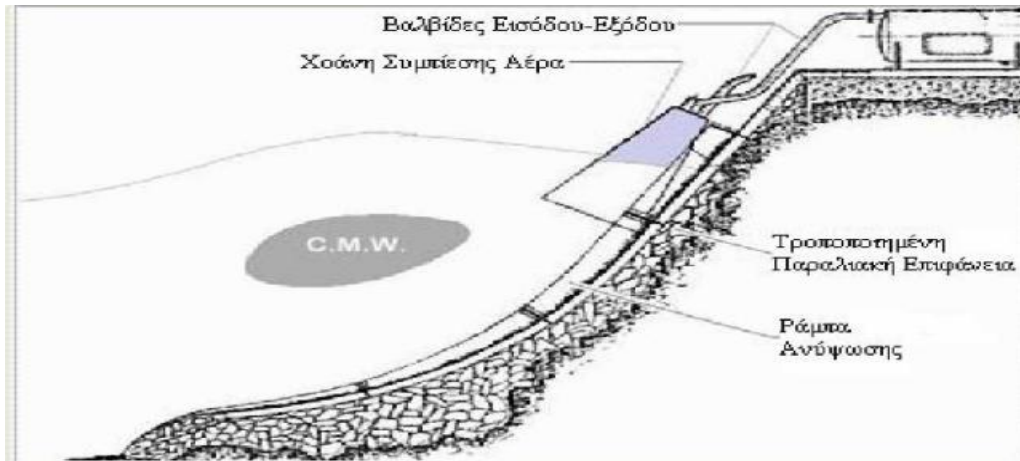
Το WECA (Wave Energy Conversion Activator) της ελληνικής εταιρίας DAEDALUS Informatics Ltd είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων σχεδιασμένος κυρίως για παράκτια εγκατάσταση, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές ανοιχτής θαλάσσης.



Εικόνα B)I.1.2)1 : Προτεινόμενη κυματοθραυστική εφαρμογή του μετατροπέα κυματικής ενέργειας WECA.

Τεχνολογία

Η βασική αρχή λειτουργίας του μετατροπέα WECA βασίζεται στη συμπίεση του εγκλωβισμένου αέρα κατά την πρόσκρουση του κοιλώματος του θαλάσσιου κύματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Συγκεκριμένα, ένα είδος ανεστραμμένης κωνοειδούς χοάνης λειτουργεί ως αεροθάλαμος συμπίεσης που χρησιμοποιεί την ορμή του ερχόμενου κύματος (CMW - Critical Momentum Wedge principle). Στην ουσία, η λειτουργία του μετατροπέα WECA προσομοιάζει σε μεγάλο βαθμό τον θερμοδυναμικό κύκλο ενός συμβατικού αεροσυμπιεστή.



Εικόνα Β)Ι.1.2)2 : Σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας του μετατροπέα WECA.

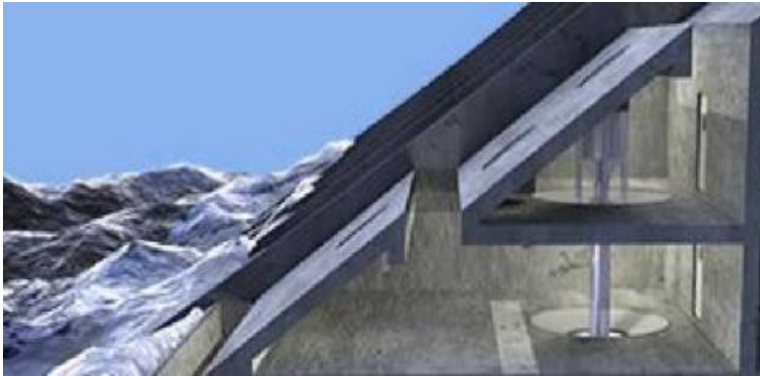
Το προτεινόμενο μοντέλο WECA πλήρους κλίμακας θα είναι από χάλυβα, ώστε να είναι κατάλληλο για ενσωμάτωση σε κυματοθραύστες ή άλλες κατασκευές. Φυσικά το υλικό κατασκευής δεν είναι ανάγκη να είναι ο χάλυβας αφού υπάρχουν και άλλα κατάλληλα υλικά με παρόμοια χαρακτηριστικά, αρκεί βέβαια να συμφέρουν από οικονομικής άποψης. Λειτουργικά το WECA είναι σχεδιασμένο για να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας των προσπιπτόντων θαλάσσιων κυμάτων και να τη μετατρέπει σε συμπιεσμένο αέρα, που στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλου είδους ενέργεια.

Σχεδιάστηκε ένα πειραματικό μοντέλο WECA πλήρους κλίμακας με διαστάσεις 7 μέτρα ύψος και 6 μέτρα πλάτος, ενώ με βάση αυτό πραγματοποιήθηκαν οι αναγκαίοι θεωρητικοί υπολογισμοί και η εξομοίωση της λειτουργίας του από υπολογιστή. Μελετήθηκαν οι διάφορες εναλλακτικές κατασκευαστικές και μηχανολογικές λύσεις με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού πριν την τελική κατασκευή του πρωτοτύπου. Η έξοδος ισχύος του συγκεκριμένου πρωτοτύπου αναμένεται να είναι περίπου 20kW.

B) I.2) Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης

B) I.2.1) SSG

Η νορβηγική εταιρία WAVEenergy AS ιδρύθηκε το 2004 για την ανάπτυξη της Γεννήτριας Κυμάτων Αυλακωτού Κώνου SSG (Seawave Slot-Cone Generator). Το SSG είναι ένας μετατροπέας κυματικής ενέργειας που βασίζεται στην αρχή υπέρβασης των θαλάσσιων κυμάτων χρησιμοποιώντας ένα σύνολο τριών δεξαμενών τοποθετημένων η μία πάνω στην άλλη, στις οποίες η ενέργεια των εισερχόμενων κυμάτων θα αποθηκεύεται. Το νερό που θα παγιδεύεται στις δεξαμενές θα διέρχεται μέσα από τον πρωτοποριακό πολύ-τμηματικό στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση πολλαπλών δεξαμενών θα έχει ως αποτέλεσμα μια υψηλότερη συνολική απόδοση σε σύγκριση με κατασκευές μίας μόνο δεξαμενής.



Εικόνα Β)Ι.2.1)1 : Η τομή του πολύ-τμηματικού μετατροπέα SSG.

Τεχνολογία

Το SSG έχει το πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας σε διάφορες δεξαμενές η μία πάνω στην άλλη, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε υψηλότερη υδραυλική απόδοση του συστήματος. Το SSG κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ ο άξονας του στρόβιλου και οι πύλες που ελέγχουν τη ροή του νερού είναι ουσιαστικά τα μοναδικά κινούμενα τμήματα του μηχανικού συστήματος. Είναι ένας ευέλικτος μετατροπέας όσον αφορά το εύρος των επιλογών εφαρμογής. Μπορεί να εφαρμοστεί ως πλωτή ή σταθερή εγκατάσταση ανοικτής θαλάσσης ή ως εγκατάσταση ακτής ενσωματωμένη σε μια κυματοθραυστική εγκατάσταση. Το SSG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης και καθαρού πόσιμου νερού μέσω όσμωσης.

Η τεχνολογία SSG χρησιμοποιεί τον καινοτόμο πολύ-τμηματικό στρόβιλο που αναπτύχθηκε από τη WAVEenergy AS, με τη κατοχύρωση του με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας να εκκρεμεί. Ο πολύ-τμηματικός στρόβιλος έχει το πλεονέκτημα του να εκμεταλλεύεται τα διαφορετικά ύψη των κυματικών μετώπων με τη χρήση ενός κοινού άξονα στρόβιλου. Αυτού του είδους η τεχνολογική καινοτομία θα ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των διαδοχικών εκκινήσεων-διακοπών της λειτουργίας του στρόβιλου, ακόμα και αν μία μόνο δεξαμενή τροφοδοτεί το στρόβιλο με θαλασσινό νερό.

Το SSG μπορεί να ενσωματωθεί σε μια κυματοθραυστική κατασκευή. Έτσι θα αποτελεί έναν οικονομικά αποδοτικό μετατροπέα θαλάσσιων κυμάτων που θα επωφελείται από τη λειτουργία της κυματοθραυστικής κατασκευής. Με τη σειρά του το SSG θα προσδίδει στη κατασκευή ένα επιπλέον οικονομικό όφελος από τη πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, φρέσκου πόσιμου νερού ή υδρογόνου. Η χωρητικότητα και η διαμόρφωση των δεξαμενών θα συνεισφέρουν σημαντικά στην εξομάλυνση των εισερχόμενων κυμάτων και στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο

δίκτυο. Το SSG μπορεί να αποτελεί μια εγκατάσταση εναλλακτικής πηγής ενέργειας για νησιά που χρησιμοποιούν ακριβό ντίζελ ή φυσικό αέριο για παραγωγή ηλεκτρισμού, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος (μαζί με το φόρο για εκπομπές CO₂).



Εικόνα Β)Ι.2.1)2 : Προτεινόμενη κυματοθραυστική εφαρμογή της τεχνολογίας SSG.

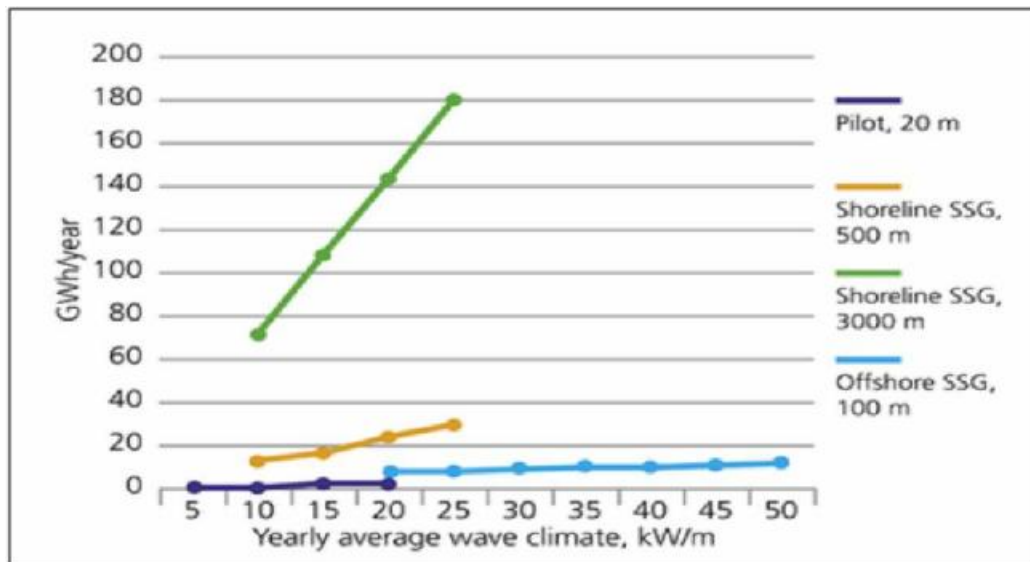
Το SSG μπορεί να εφαρμοστεί σε εγκατάσταση στην ακτή εκεί όπου το τοπίο έχει σφηνοειδές σχήμα σαν μικρός κόλπος, έτσι ώστε να παράγονται μεγαλύτερα κύματα που θα αυξήσουν την απόδοσή του. Το νησί του Knitsoy, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί μια πειραματική κατασκευή, αποτελεί ένα από τα 10.000 νησιά που πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για εφαρμογή της τεχνολογίας SSG σε παραθαλάσσιες τοποθεσίες.



Εικόνα Β)Ι.2.1)3 : Προτεινόμενη παράκτια εφαρμογή της τεχνολογίας SSG σε κόλπο σφηνοειδούς σχήματος.

Η εγκατάσταση SSG ανοικτής θαλάσσης μπορεί να είναι πλωτή ή σταθερά εγκατεστημένη στο βυθό. Για τη σταθερή εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια παροπλισμένη πλατφόρμα πετρελαίου ως βάση, παρατείνοντας έτσι τη ζωή χρησιμοποίησης της και αναβάλλοντας την οριστική απόσυρση της. Το SSG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τις τριγύρω πλατφόρμες πετρελαίου, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το κόστος παραγωγής (μαζί με τον φόρο για εκπομπές CO₂). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εγκατάσταση παραγωγής

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται η εκτιμώμενη ετήσια ηλεκτρική παραγωγή για διάφορα κυματικά κλίματα και για τέσσερις εγκαταστάσεις SSG διαφορετικής κλίμακας:



Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Τον Δεκέμβριο του 2005 μια κοινοπραξία ανάπτυξης με συντονιστή την εταιρία WAVEenergy AS, ξεκίνησε ένα πειραματικό πρότζεκτ στο νησί του Kvitsoy στη Νορβηγία. Ο στόχος του πειραματικού πρότζεκτ είναι η ανάπτυξη ενός πρωτοτύπου πλήρους κλίμακας της κυματοθραυστικής κατασκευής SSG και η εγκατάσταση του στη δυτική ακτή του νησιού σε κυματικό κλίμα ενέργειας 19kW ανά μέτρο. Ο κύριος στόχος αυτού του πρότζεκτ είναι η επίδειξη, σε πλήρη κλίμακα, της λειτουργίας του μετατροπέα κυματικής ενέργειας SSG συμπεριλαμβανομένου του στροβίλου, της γεννήτριας, του συστήματος ελέγχου, καθώς επίσης και της σύνδεσης του συστήματος στο δίκτυο. Τα αναγκαία κεφάλαια για την πλήρη χρηματοδότηση του πρότζεκτ εξασφαλίστηκαν μέχρι το τέλος του 2006.

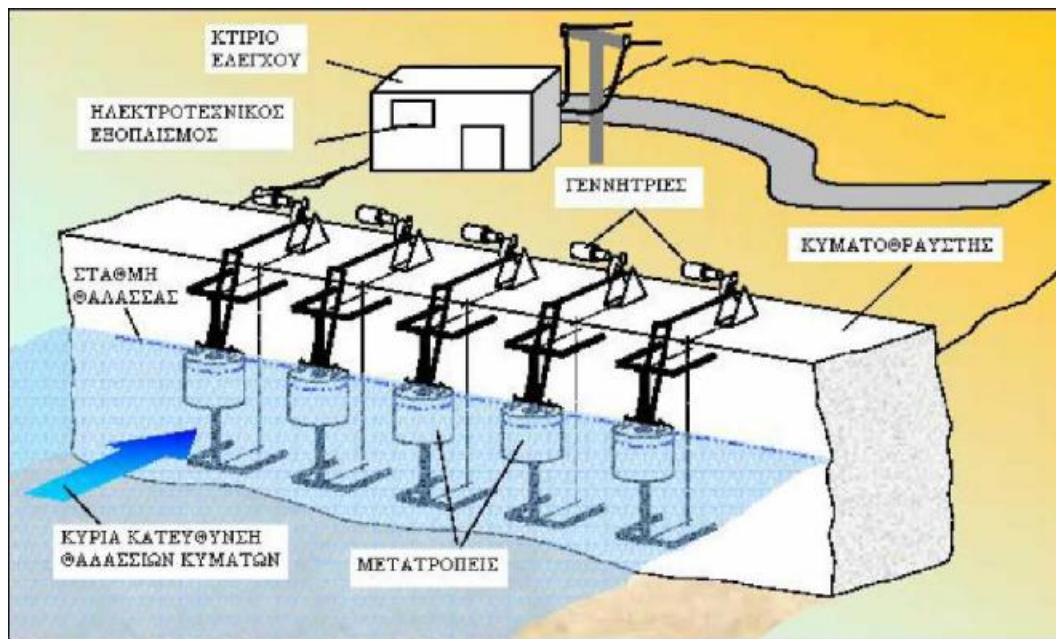
Επίσης ένα παράλληλο πρότζεκτ, το MST, αφορά έναν πολύ-τμηματικό στρόβιλο που θα χρησιμοποιεί διαφορετικά ύψη κυματικών μετώπων σε ένα κοινό άξονα. Ο στόχος είναι η ανάπτυξη, η δοκιμή και η εγκατάσταση του σε ένα τεχνικό πρωτότυπο πλήρους κλίμακας της κυματοθραυστικής κατασκευής SSG. Οι εργασίες έχουν ξεκινήσει από τον Ιανουάριο του 2005 σε συνεργασία με το NTNU (Norwegian University of Science and Technology).

B) I.3) Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης

B) I.3.1) LabBuoy

Το LabBuoy είναι μια τεχνολογία μετατροπής της κυματικής ενέργειας για εγκατάσταση στην ακτή. Η πρώτη φάση της δοκιμής του μαθηματικού και φυσικού μοντέλου πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών

Ενέργειας (CRES), του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Αθηνών (ΕΜΠ), της Athena SA, της Ramboll (DK), του Queen's University Belfast (UK) και του University College Cork (IE). Ο μετατροπέας LabBuoy είναι πλωτού τύπου, ενώ τα συστήματα μετάδοσης και μετατροπής βρίσκονται εγκατεστημένα σε στερεά θεμέλια (κυματοθραύστης ή αποβάθρα). Αυτά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αυξάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της ανάκλασης των θαλάσσιων κυμάτων στην πρόσοψη του κυματοθραύστη, καθώς επίσης βελτιώνουν την αξιοπιστία και την ασφάλεια λειτουργίας.



Εικόνα Β|3.1|1 : Τα βασικά τμήματα μιας κυματοθραυστικής εγκατάστασης LabBuoy με 5 μετατροπείς στη σειρά.

Οι βασικοί στόχοι του πρότζεκτ ήταν:

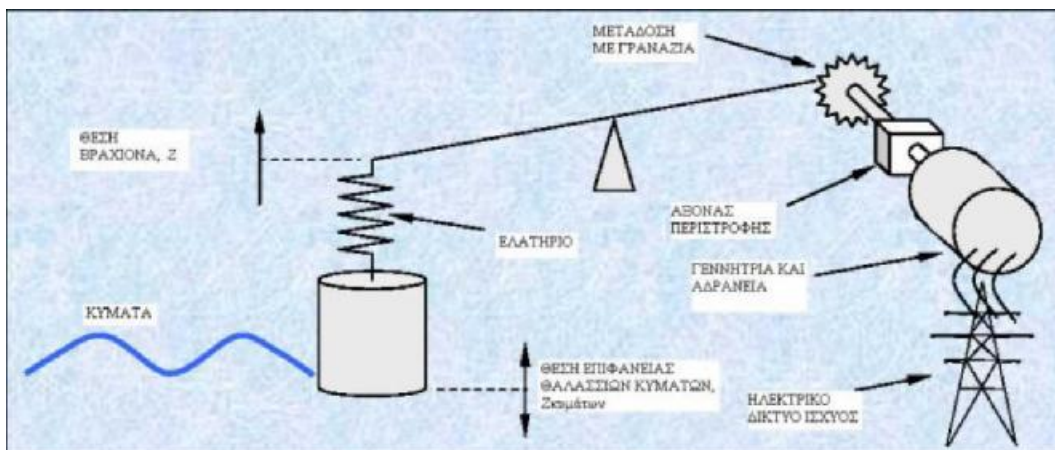
1. Η ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων για χρησιμοποίηση στον σχεδιασμό συστημάτων και στην πρόβλεψη φορτίων. Τα μοντέλα είναι αποτελεσματικά για διάφορα αντιπροσωπευτικά κυματικά κλίματα που συναντώνται κατά μήκος της Ευρωπαϊκής ακτογραμμής.
2. Επιβεβαίωση των μαθηματικών μοντέλων και επαλήθευση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας με πειράματα μικρής κλίμακας σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων.
3. Επεξεργασία της πολύπλοκης διαμόρφωσης του συστήματος για τη μέγιστη απορρόφηση, παραγωγή και αξιοπιστία της ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Αξιολόγηση της επιτευξιμότητας, των κοινωνικό-οικονομικών και περιβαλλοντικών επιδράσεων της τεχνολογίας για διάφορες αντιπροσωπευτικές θαλάσσιες συνθήκες στην Ευρώπη.

Τεχνολογία

Όσον αφορά τη μαθηματική μοντελοποίηση της τεχνολογίας, αναπτύχθηκαν ηλεκτρομηχανικά μοντέλα για την πρόβλεψη της απόκρισης μιας σειράς 5 μετατροπέων, με γνωστή τη κυματική είσοδο. Τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου που μελετήθηκαν είναι οι υδροδυναμικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους μετατροπείς και στον παρακείμενο κυματοθραύστη, η μοντελοποίηση δύο διαφορετικών μηχανικών συστημάτων μετάδοσης (με αλυσίδα και γρανάζια) και δύο διαφορετικών συστημάτων μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας (γεννήτριες που κινούνται από γρανάζια και εναλλάκτες άμεσης κίνησης).

Όσον αφορά τη δοκιμή μοντέλου φυσικής κλίμακας, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα μοντέλο μιας σειράς 5 μετατροπέων σε κατάλληλη κλίμακα (1:10 ... 1:15). Η επίδραση των ηλεκτρικών μηχανών που είναι προσαρτημένες σε κάθε μετατροπέα προσομοιώθηκε με ηλεκτρομηχανικές συσκευές ελέγχου της ταχύτητας, που ρυθμίζονται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Τα πειράματα διεξάχθηκαν κάτω από διάφορες κυματικές συνθήκες, προσομοιώνοντας τυπικά κυματικά κλίματα που συναντώνται κατά μήκος της ακτογραμμής της Ευρώπης.

Τα πειράματα υποστηρίχθηκαν από ένα διασυνδεδεμένο εργαστηριακό δίκτυο, επιτρέποντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο, τη μεταφορά δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ των συνεταίρων του προτζεκτ, εξ αποστάσεως. Επίσης διεξάχθηκαν επιπρόσθετες μελέτες για τη εξέταση των περιβαλλοντικών κανονισμών και των κανονισμών πιστοποίησης που απευθύνονται στην παρούσα τεχνολογία, την πρόβλεψη της απόδοσης του συστήματος σε πλήρη κλίμακα, την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικό-οικονομικών επιδράσεων της τεχνολογίας και την εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας και της προοπτικής της στην αγορά.



Εικόνα Β)1.3.1)2 : Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος LabBuoy ενός μετατροπέα κυματικής ενέργειας.

Τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης υποδεικνύουν μια έντονη αλληλεπίδραση της αδράνειας του συστήματος και της απόσβεσης του πλάτους ταλάντωσης της μετατροπής ισχύος, ως προς την απόδοση του μετατροπέα. Με

κατάλληλη ρύθμιση αυτών ιδιοτήτων στις τοπικές κυματικές συνθήκες, το σύστημα μπορεί να συντονιστεί για τη μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οικονομική Ανάλυση και Εμπορικές Προοπτικές

Ανάλογα με το τοπικό επίπεδο της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, το κόστος παραγωγής της συσκευής LabBuoy εκτιμάται ότι θα είναι περίπου 0,07 με 0,09 €/kWh. Αυτές οι τιμές, αν και είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας, είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερες από κάποιες άλλες



Εικόνα Β)Ι.3.1)3 : Το δοκιμαστικό μοντέλο κλίμακας 1:15 εμπρός του κυματοθραύστη σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων στο Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

τεχνολογίες κυματικής ενέργειας ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ αναμένεται να μειωθούν με την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την αρχικά διαθέσιμη ακτογραμμή των 180 χιλιομέτρων για την Ευρωπαϊκή Ένωση (συμπεριλαμβανομένου της Ισλανδίας και της Νορβηγίας), η αρχική αγορά αναμένεται να ισοδυναμεί με 24.000 μετατροπείς με συνολική έξοδο ισχύος έως και 2,5 με 3 GW και με συνολική ετήσια απόδοση έως και 11 με 14 TWh.

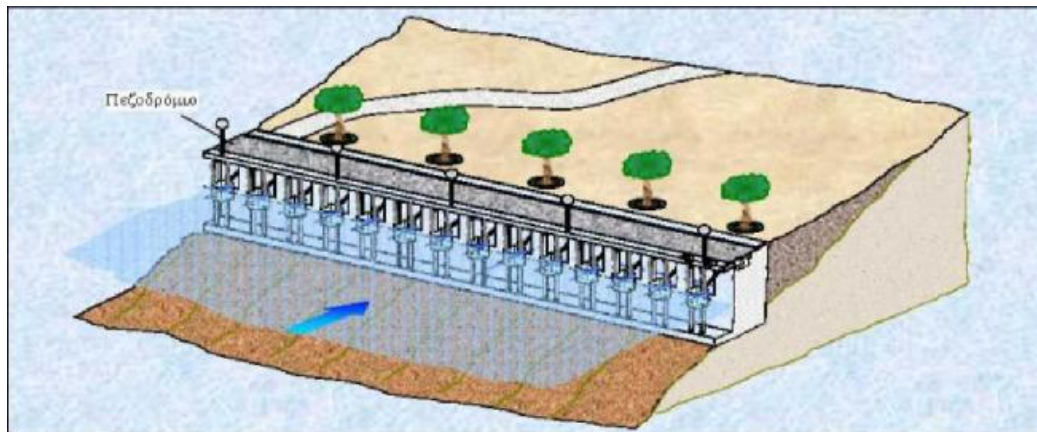
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Οι βασικές επιδράσεις της τεχνολογίας είναι η οπτική και ακουστική ρύπανση, η ενόχληση των ψαριών και των θαλάσσιων θηλαστικών και η αναδιαμόρφωση της ακτής εγκατάστασης.

Όσον αφορά την οπτική και ακουστική ρύπανση αναμένεται να είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη των ανεμογεννητριών για παράδειγμα. Αν το περιβάλλον εγκατάστασης ενός κυματοθραύστη LabBuoy είναι κατάλληλα διαμορφωμένο και χρησιμοποιηθεί κατάλληλη ακουστική μόνωση για τους μετατροπείς, υπάρχει η δυνατότητα ελαχιστοποίησης ή ακόμα και πλήρους εξάλειψης των οπτικών και ακουστικών επιδράσεων.

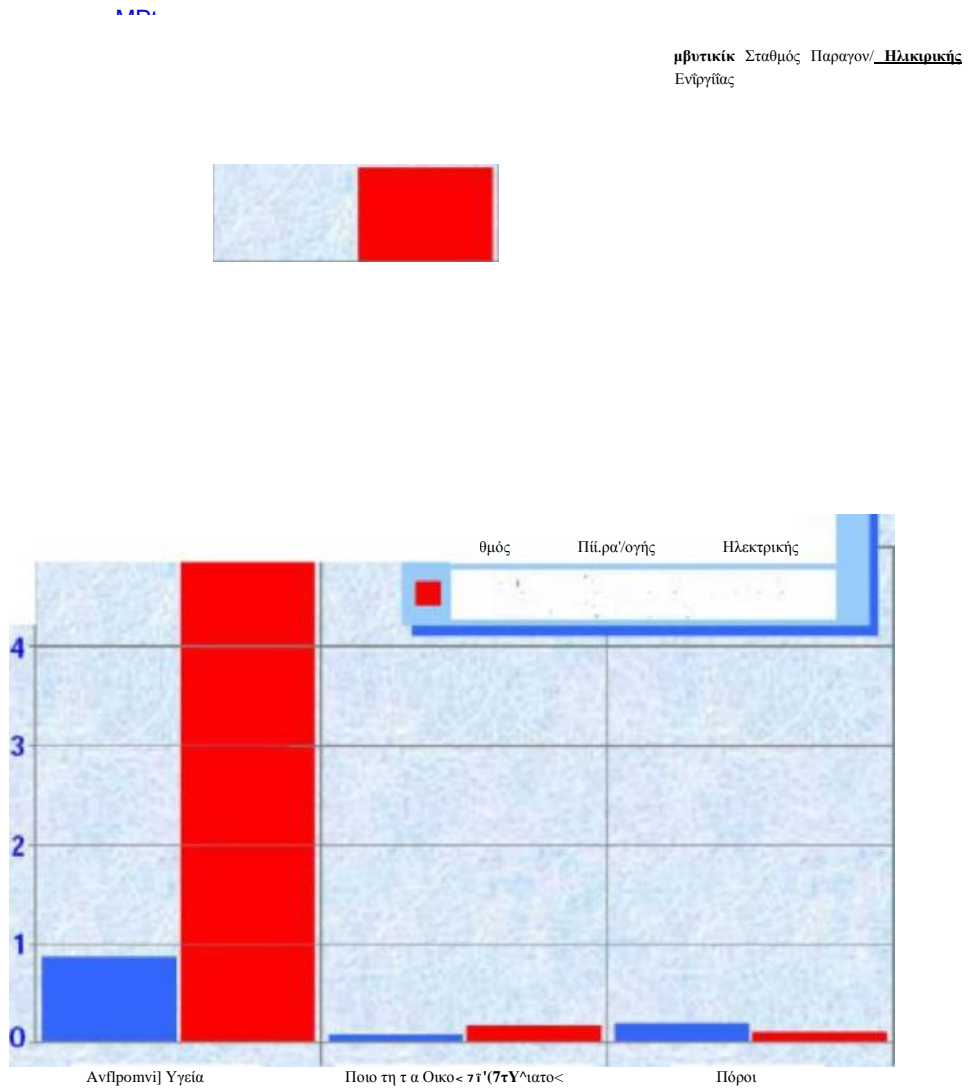
Επειδή οι επιδράσεις του LabBuoy για τη θαλάσσια ζωή δεν έχουν εξακριβωθεί ακόμα, απαιτείται εκτενής μελέτη στο μέλλον με δημοσίευση των αποτελεσμάτων. Αλλά ακόμα και αν η λειτουργία του LabBuoy αποδειχθεί ότι μειώνει τους πληθυσμούς των ψαριών στην περιοχή εγκατάστασης του, που θα καλύπτει μια συγκριτικά μικρή έκταση, οι τοπικές αρχές θα πρέπει να λάβουν υπόψη τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας, όπως είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με μηδενικές εκπομπές ρύπων, η μικρή επίδραση στον κύκλο ζωής και τα κοινωνικά οφέλη.

Επίσης καθώς οι ακτογραμμές υφίστανται διάβρωση από την έντονη κυματική δραστηριότητα, τα σχετικά αποτελέσματα μιας κυματοθραυστικής εγκατάστασης LabBuoy μόνο θετικά μπορούν να είναι. Η εφαρμογή της τεχνολογίας σε οικοδομημένες βιομηχανικές περιοχές (π.χ. λιμάνια) δεν αναμένεται να βρει αντίθετη τη κοινή γνώμη.



Εικόνα Β)Ι.3.1)4 : Μια οπτικά αποδεκτή κυματοθραυστική εγκατάσταση LabBuoy.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής δείχνει ότι, όταν συγκριθεί με την συμβατική παραγωγή ηλεκτρισμού, η παρούσα τεχνολογία μειώνει τις αρνητικές επιδράσεις σε περιοχές με μείζων περιβαλλοντικό ενδιαφέρον μέχρι και 70% όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα Β)Ι.3.1)5 : Σύγκριση των περιβαλλοντικών επιδράσεων της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μία εγκατάσταση LabBuoy και της συμβατικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

B) I.3.2) SDE

Το SDE είναι ένας παράκτιος μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, ο οποίος εφευρέθηκε από τον Shmuel Ovadia που ίδρυσε την εταιρία S.D.E. Energy Ltd στο Ισραήλ. Αυτή η μέθοδος παραγωγής ηλεκτρισμού από την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (US Patent #5,461,862).



Εικόνα B)I.3.2)1 : Το εγκατεστημένο μοντέλο SDE πλήρους κλίμακας στο Ισραήλ.

Τεχνολογία

Η τεχνολογία του μετατροπέα SDE χρησιμοποιεί την κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων για να παράγει υδραυλική πίεση, που με την σειρά της μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό. Το σύστημα εκμεταλλεύεται την ταχύτητα, το ύψος, το βάθος, την ανύψωση και την πτώση του κύματος, καθώς και τη ροή κάτω από το ερχόμενο κύμα, παράγοντας με αυτό τον τρόπο ενέργεια.

Το SDE έχει κατασκευαστεί και δοκιμαστεί σε οκτώ μονάδες συνολικά. Ένα μοντέλο πλήρους κλίμακας έχει κατασκευαστεί και δοκιμαστεί στο Ισραήλ, και παρήγαγε 40 kW/h για σχεδόν ένα χρόνο. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει ελεγχθεί και εγκριθεί από έμπειρους μηχανικούς.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μετατροπής της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων έχει λάβει οικονομική υποστήριξη ύψους 1.360.000€ από το Υπουργείο Βιομηχανίας και Εμπορίου. Η κυβέρνηση του Ισραήλ έχει παραχωρήσει στην S.D.E. Energy Lt το δικαίωμα, χωρίς χρηματική προσφορά, της παραγωγής και πώλησης 50MW ηλεκτρικής ισχύος για 20 χρόνια.

Το SDE παράγει καθαρή ενέργεια χωρίς επιβλαβείς επιπτώσεις για το περιβάλλον ενώ η εταιρία εγγυάται τις χαμηλότερες τιμές της αγοράς (ειδικά σε σχέση

με τα ορυκτά καύσιμα, το φυσικό αέριο, την ηλιακή και την αιολική ενέργεια), χαμηλό κόστος κατασκευής και ελάχιστο κόστος λειτουργίας.



Εικόνα Β) (3.2)2 : Η συνεχής διαδοχική πάνω-κάτω κίνηση του πτερυγίου

B) II) ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

B) II.1) Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος

B) II.1.1) Mighty Whale

Από το 1987 η ομάδα κυματικής ενέργειας του JAMSTEC (Japan Marine Science and Technology Center) στην Ιαπωνία ασχολείται με την ανάπτυξη μιας πλωτής συσκευής που μετατρέπει την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων σε μηχανική και ονομάζεται Mighty Whale.



Εικόνα B)II.1.1)1 : Το πρωτότυπο Mighty Whale αμέσως μετά την καθέλκυση του

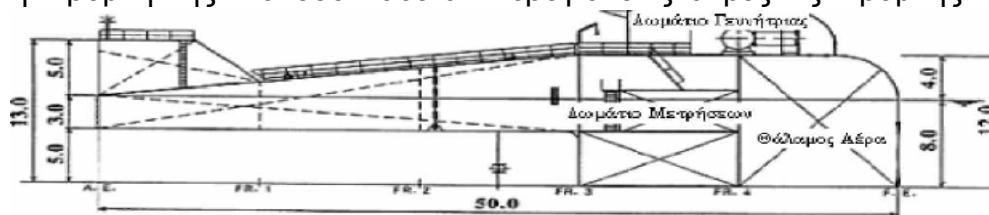
Τεχνολογία

Οι θεωρητικοί υπολογισμοί και οι δοκιμές μοντέλων σε δεξαμενές τεχνητών κυμάτων επιβεβαίωσαν τη συμπεριφορά της συσκευής και παρέιχαν τις αναγκαίες πληροφορίες για τον ασφαλή και οικονομικό σχεδιασμό ενός πρωτοτύπου ανοιχτής θαλάσσης. Οι διαστάσεις του πρωτοτύπου επιλέχθηκαν να είναι 50 μέτρα μήκος, 30 μέτρα πλάτος και 12 μέτρα ύψος. Η συνολική ονομαστική ισχύ διαμορφώθηκε στα

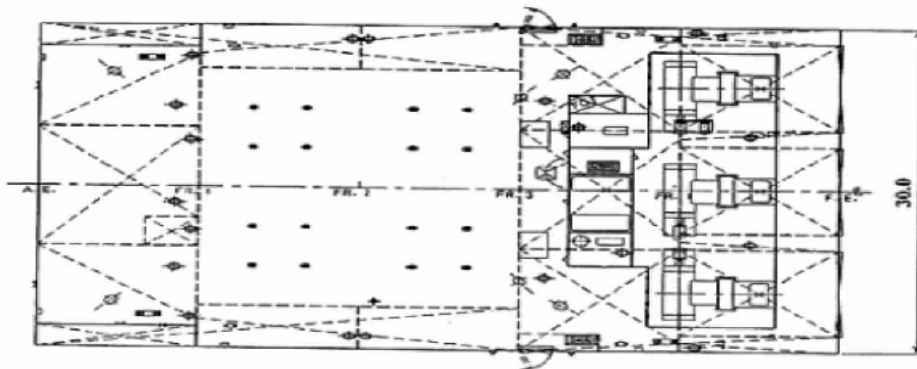
110kW. Το βάθος των υδάτων της τοποθεσίας δοκιμής του πρωτοτύπου είναι 40 μέτρα και η συσκευή προσδένεται στο βυθό προς τη κατεύθυνση των επικρατούντων κυμάτων. Η λειτουργία του πρωτοτύπου βασίζεται στην ταλαντούμενη στήλη ύδατος της θάλασσας και περιέχει τρεις θαλάμους αέρα που μετατρέπουν τη κυματική

ενέργεια σε πίεση αέρα. Η κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων προκαλεί την άνοδο και κάθοδο της στάθμης του νερού στο εσωτερικό του κάθε θαλάμου, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ροή αέρα διπλής κατεύθυνσεως που κινεί έναν αεροστρόβιλο. Και οι τρεις στρόβιλοι πάνω στη συσκευή Mighty Whale είναι παλινδρομικοί και κάθε ένας από αυτούς έχει δύο περιστροφικά τμήματα στη σειρά. Οι στρόβιλοι κινούν τρεις επαγωγικές γεννήτριες που παράγουν τριφασική AC τάση 200 Volts.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, υπάρχουν τρεις θάλαμοι πλευστότητας ακριβώς πίσω από τους θαλάμους αέρα, δύο σε κάθε πλευρά της συσκευής και τρεις προς τη πρύμνη της. Τα δύο κάθετα περύγια στις άκρες της πρύμνης παρέχουν



Πλάγια Όψη



Κάτωψη

(μονάδα: μέτρο)

Εικόνα Β)II.1.1)2 : Πλάγια όψη και κάτωψη της συσκευής Mighty Whale

πλευρική σταθερότητα στη συσκευή Mighty Whale. Στον μπροστινό κεντρικό θάλαμο πλευστότητας στεγάζεται η καμπίνα ελέγχου που χρησιμοποιείται ως σταθμός μετρήσεων πάνω στο πλοίο. Αυτός ο χώρος περιέχει επίσης και το σύστημα ελέγχου για τους αεροστρόβιλους και τις γεννήτριες.

Η κατασκευή του πρωτοτύπου ολοκληρώθηκε στο ναυπηγείο Ishikawajima Harima Heavy Industries στην πόλη Αίοι της νομαρχίας Hyogo. Η καθέλκυση του πλοίου πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 1998 ενώ οι δοκιμές ξεκίνησαν τον Ιούλιο του ίδιου έτους και ολοκληρώθηκαν το 2000.

Μια από τις προτεινόμενες εφαρμογές της τεχνολογίας, που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, είναι η παροχή ηλεκτρισμού σε ιχθυοτροφεία στα ήρεμα νερά πίσω από τη σειρά των συσκευών Mighty Whale και η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

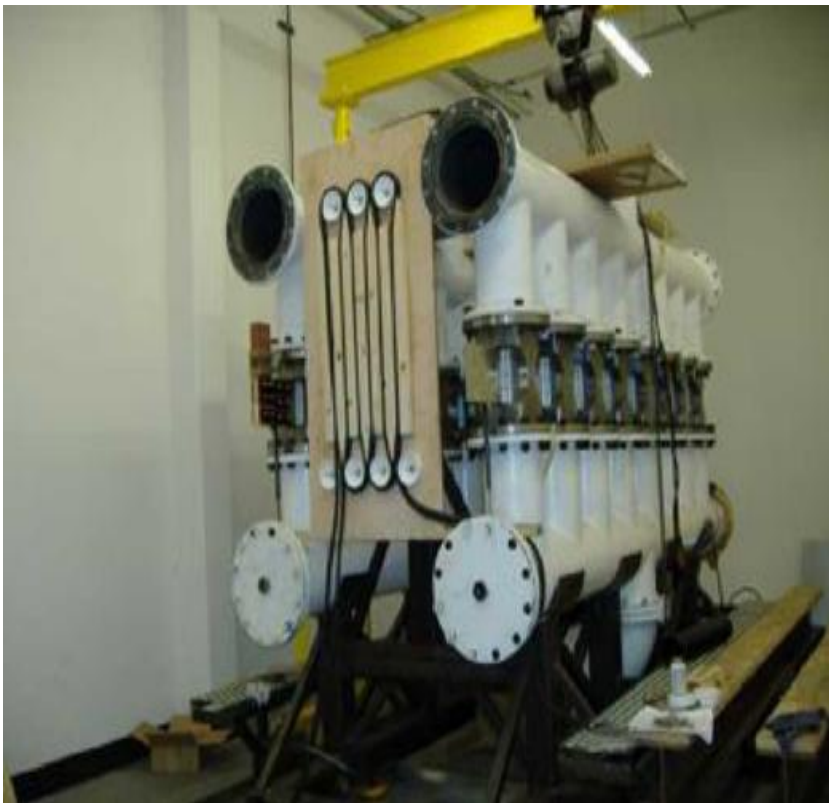


Εικόνα Β)ΙΙ.1.1)3 : Προτεινόμενη εφαρμογή για μια παράταξη συσκευών Mighty Whale.

B) II.1.2) SARA MWEC

Η αμερικάνικη εταιρία SARA έχει αναπτύξει μια οικονομικά αποδοτική τεχνολογία για τη μετατροπή της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, βασιζόμενη στην κατοχυρωμένη μαγνητό-υδροδυναμική (MHD) γεννήτρια (US Patents 7.166.927 & 5.136.173). Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας υπόσχεται τη μείωση του κόστους των συστημάτων μετατροπής της κυματικής ενέργειας στο ένα τρίτο. Ο μετατροπέας SARA MWEC, λόγω της χαμηλής αρχικής απαίτησης κεφαλαίου και του μειωμένου κόστους λειτουργίας, έχει σοβαρές προοπτικές εμπορευματοποίησης αυτής της ανεξάντλητης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Η εταιρία βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής μιας MHD γεννήτριας 100kW για την εργαστηριακή επίδειξη ενός μοντέλου SARA MWEC, ενώ παράλληλα αναπτύσσει μια συσκευή SARA MWEC για δοκιμή στην ανοιχτή θάλασσα. Αυτός ο συνδυασμός θα οδηγήσει στην ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών συστημάτων όχι μόνο για παραθαλάσσιες κοινότητες, αλλά και για ναυτικές και βιομηχανικές εφαρμογές στον ανοιχτό ωκεανό. Κάποιες πιθανές εφαρμογές του SARA MWEC είναι η δημιουργία «Φάρμας Κυμάτων» κοντά στην ακτή για σύνδεση με το δίκτυο, η κατασκευή οικονομικών και εύχρηστων ενεργειακών συστημάτων για στρατιωτικές εφαρμογές και η εγκατάσταση αξιόπιστων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής



Εικόνα B)II.1.2) 1 : Το υπό ανάπτυξη εργαστηριακό πρωτότυπο SARA MWEC των 100kW.

ενέργειας στον ανοιχτό ωκεανό.

Βασικά Πλεονεκτήματα

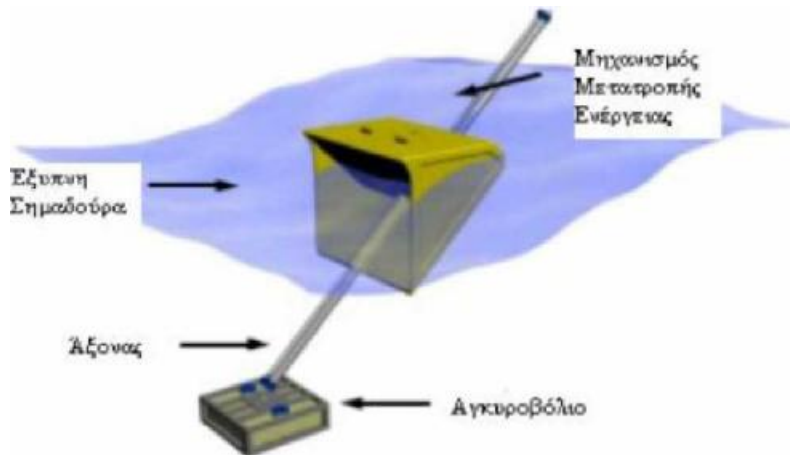
Το σύστημα μετατροπής της κυματικής ενέργειας SARA MWEC έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Υψηλή απόδοση
2. Αποδοτικό ακόμα και σε πιο ήπιες κυματικές συνθήκες.
3. Είναι συμπαγές και αξιόπιστο, ενώ εγκαθίσταται εύκολα και γρήγορα.
4. Δεν έχει γρανάζια, μοχλούς, στροβίλους, ιμάντες κίνησης, ρουλεμάν, κτλ.
5. Οι ανάγκες κεφαλαίου και το κόστος συντήρησης είναι χαμηλά.
6. Δεν ρυπαίνει το περιβάλλον και έχει αθόρυβη λειτουργία.
7. Δεν έχει ανάγκη την κατασκευή ειδικής υποδομής για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές.

B)II.2) Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης

B)II.2.1) WET EnGen™

Η канаδέζικη εταιρία Wave Energy Technologies Inc δημιουργήθηκε το 2004 για την ανάπτυξη, την κατοχύρωση, τη δοκιμή και την εμπορευματοποίηση του μετατροπέα WET EnGen™. Ο αρχικός εφευρέτης αυτού του μετατροπέα της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων είναι ο Alan Volwes μαζί με τους Brian Kurczaba και Heather Acres. Η Wave Energy Technologies Inc συνεργάζεται με το Εθνικό Ερευνητικό Συμβούλιο του Καναδά και το Πανεπιστήμιο του Dalhousie.



Εικόνα Β)II.3.1)1 : Τα βασικά τμήματα του μετατροπέα WET EnGen™

Τεχνολογία

Το WET EnGen είναι μια καινοτόμα τεχνολογία, της οποίας η κατοχύρωση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εκκρεμεί, που μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε μηχανική για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή αφαλατωμένου νερού. Το βασικό χαρακτηριστικό του WET EnGen™ είναι το Smart Float™ (Έξυπνη Σημαδούρα) του που κινείται κατά μήκος ενός άκαμπτου άξονα με κλίση 45°. Ο άξονας είναι δεμένος σε ένα μόνο σημείο επαφής με τη στερεωμένη στον πυθμένα βάση, έτσι ώστε να επιτρέπει στη συσκευή να περιστρέφεται ελεύθερα ώστε να αυτό-προσδιορίζεται προς την κατεύθυνση των θαλάσσιων κυμάτων. Το WET EnGen™ παράγει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια, και κατά την ανύψωση αλλά και κατά την πτώση των κυμάτων.

Συγκρινόμενο με άλλες συσκευές κυματικής ενέργειας υπό ανάπτυξη, οι δοκιμές μέχρι και σήμερα υποδηλώνουν ότι το WET EnGen™ έχει σημαντικά μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση μετατροπής. Έχει χαμηλότερο κόστος ανά kW εγκατεστημένης ισχύος, χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης και είναι οικονομικά αποδοτικό ακόμα και σε σχετικά ήπια κυματικά κλίματα (15kW/m). Επίσης έχει χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης και σέρβις, κυρίως λόγω της απλής κατασκευής του που περιλαμβάνει ελάχιστα κινούμενα τμήματα, ενώ η εγκατάσταση και απόσυρση του από τη θάλασσα είναι ταχύτερη και εύκολη.

Ο απλός και μοναδικός σχεδιασμός του WET EnGen™ έχει αποδείξει, τόσο στο εργαστήριο όσο και σε δοκιμές στην ανοιχτή θάλασσα, ότι μπορεί να παράγει ωφέλιμη ενέργεια από τα κύματα της θάλασσας με κόστος ήδη συγκρίσιμο με άλλες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ή ο άνθρακας, ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές εκτός δικτύου όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται αποκλειστικά από ντίζελ ή άλλα υγρά καύσιμα.

Οικονομική Ανάλυση

Η εταιρία εκτιμά ότι στη παρούσα φάση η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι κάπου μεταξύ 0,054 με 0,102 € ανά kWh, ενώ η τιμή της παραγωγής αφαλατωμένου νερού θα είναι κάπου μεταξύ 1,36 με 2,72 € ανά χίλια λίτρα. Στο μέλλον όμως, με την ενσωμάτωση στο σχεδιασμό του WET EnGen™ των

προτεινόμενων βελτιώσεων και διαφοροποιήσεων της εταιρίας, οι τιμές θα μειωθούν σε 0,034 € ανά kWh και 1,02 € ανά χίλια λίτρα αντίστοιχα.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Μέχρι το 2006 η εταιρία ολοκλήρωσε με επιτυχία τις φάσεις της ανάπτυξης της αρχικής ιδέας, της δοκιμής σε δεξαμενή τεχνητών κυμάτων διάφορων μοντέλων μικρής κλίμακας και της δοκιμής στην ανοιχτή θάλασσα ενός μοντέλου εγκατεστημένης ισχύος 20 kW. Τώρα προετοιμάζεται για την φάση προ-εμπορευματοποίησης που θα περιλαμβάνει τη κατασκευή και δοκιμή διάφορων μοντέλων επίδειξης, με πρώτο έναν μετατροπέα WET EnGen™ ισχύος 40 kW που κατασκευάστηκε το 2007 και θα εγκατασταθεί μέσα στο 2008. Αργότερα στο τελικό στάδιο της εμπορευματοποίησης της τεχνολογίας θα κατασκευαστούν και θα εγκατασταθούν μετατροπείς WET EnGen™ πλήρους κλίμακας σε επιλεγμένες τοποθεσίες.



Εικόνα Β)II.3.1)2 : Δοκιμή ενός μοντέλου WET EnGen™ μικρής κλίμακας σε δεξαμενή τεχνητών κυμάτων.

B) II.3.2) CES

Η αμερικάνικη εταιρία Ocean Motion International (OMI) ανέπτυξε μια τεχνολογία που δεν εξαρτάται από εξωτερικές πηγές καυσίμου για την χαμηλού κόστους παραγωγή νερού, ηλεκτρισμού και αέριου υδρογόνου χωρίς επιβλαβείς εκπομπές στο περιβάλλον. Αυτή η συσκευή ονομάζεται CES (Combined Energy System).



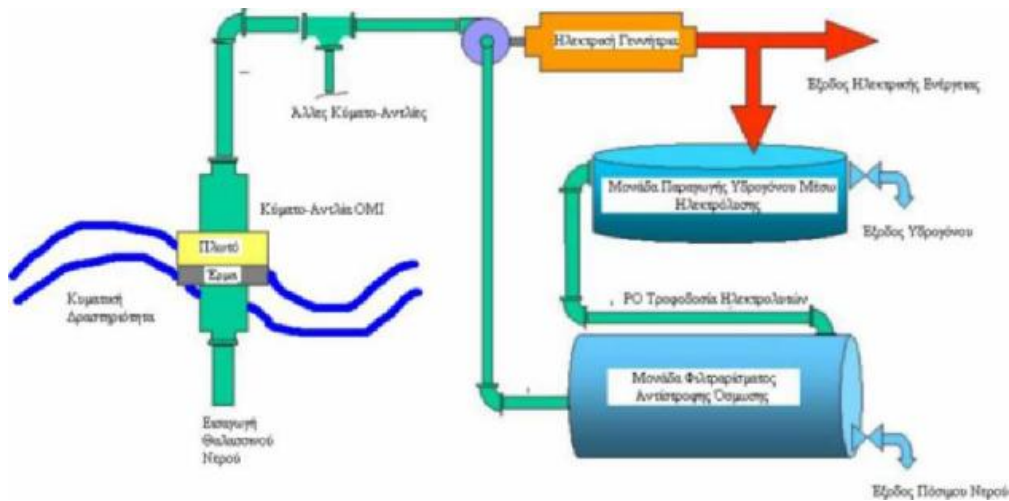
Εικόνα Β)II.3.2)1 : Σχέδιο πιθανής εγκατάστασης μιας πλατφόρμας μετατροπής CES.

Τεχνολογία

Σύμφωνα με την Εικόνα 2, όταν ένα κοίλο κύμα διέρχεται κάτω από ένα από τα πλωτά σώματα (σημαδούρες) και αυτό δεν υποβαστάζεται πλέον, επιτρέπει ένα βαρίδιο να καταδυθεί κατακόρυφα και με αυτόν τον τρόπο να συμπιέσει θαλασσινό νερό σε μία απλή αντλία τύπου μάνικας. Το συμπιεσμένο νερό οδηγείται μέσω μίας κοιλότητας του κύριου άξονα σε μια πολλαπλή που συνδυάζει πολλές αντλητικές συναρμολογήσεις μαζί. Οι έξοδοι της συνδυασμένης αντλίας κινούν αποδοτικά την υδροστροβιλική γεννήτρια, τα φίλτρα όσμωσης και τις μονάδες ηλεκτρόλυσης.

Οι αντλητικές συναρμολογήσεις εγκαθίστανται σε μία τροποποιημένη πλατφόρμα μίας μονάδας διάτρησης ανοιχτής θαλάσσης. Η πλατφόρμα-φορηγίδα έχει 20 με 35 αντλίες με διαμέτρους που κυμαίνονται από 0,3 ως 0,914 μέτρα ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες. Η μονάδα που αποκαλείται «φάρμα» έχει δύο επίπεδες πλατφόρμες. Η κάτω είναι πλημμυρισμένη με θαλασσινό νερό, βυθίζεται και σταθεροποιείται στον πάτο του ωκεανού, ενώ η πάνω έχει ένα πλαίσιο ανύψωσης που επιτρέπει τη ρύθμιση της πλατφόρμας καθ' ύψος.

Το Συνδισσμένο Σύστημα Ενέργειας (CES) αποτελείται από 4 βασικά τμήματα, τα οποία είναι η αντλία κυμάτων θαλασσινού νερού, η υδροστροβιλική ηλεκτρική γεννήτρια, η μονάδα φιλτραρίσματος αντίστροφης όσμωσης και η μονάδα παραγωγής υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης. Το OMI CES έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε μια μεγάλη πλατφόρμα που επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας, που είναι ουσιαστικά μια τροποποιημένη τυπική διατρητική μονάδα ανοιχτής θαλάσσης.



Εικόνα Β)II.3.2)2 : Σχηματικό Διάγραμμα του Συνδυασμένου Ενεργειακού Συστήματος CES.

Η αντλία κυμάτων περιγράφεται τεχνικά ως μία συσκευή μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων τύπου μετατόπισης μάζας. Η πατενταρισμένη αντλία θαλασσινού νερού Refa, που αποτελεί το βασικότερο κομμάτι του CES, είναι μια καινοτόμα τεχνολογία που χρησιμοποιεί πολύ λίγα και απλά κινούμενα τμήματα για ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης και μειωμένη φθορά. Αυτή η επαναστατική αντλία θετικής μετατόπισης είναι σχεδιασμένη για να παράγει πολύ μεγάλους όγκους νερού υψηλής πίεσης με το να κινείται από ένα αναπτόσπαστο πλωτό σώμα (σημαδούρα), που ταλαντώνεται κατακόρυφα με τη φυσική κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων. Η πλωτή αυτή πλατφόρμα περιλαμβάνει μια αντλία τύπου μάνικας που είναι εγκατεστημένη και ολισθαίνει (λόγω της κυματικής κίνησης) σε ένα κατακόρυφος άξονα στη μέση της πλατφόρμας. Ο κατακόρυφος άξονας είναι τοποθετημένος ανάμεσα σε μια σταθερά αγκυροβολημένη βάση στον πυθμένα της θάλασσας και σε μια πλατφόρμα στην επιφάνεια πάνω από τα κύματα. Ο κατακόρυφος άξονας λειτουργεί επίσης και ως σωλήνας απορρόφησης και εκκένωσης της κύματο-αντλίας, επιτρέποντας πολλαπλές αντλητικές συναρμολογίες μαζί. Κάθε κύματο-αντλία λειτουργεί χωριστά για να παράγει την έξοδο της ανεξάρτητα συνδεδεμένη με ένα ξεχωριστό σύστημα λειτουργίας για την παραγωγή μιας σταθερής πίεσης και ροής. Το μέγεθος της κύματο-αντλίας είναι κατάλληλο για να ταιριάζει με τη τοποθεσία εγκατάστασης ώστε να έχουμε τη βέλτιστη απόδοση της αντλίας σε ένα αναμενόμενο περιβάλλον θαλάσσιων κυμάτων. Τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού της επιτρέπουν επίσης την τοποθέτηση της σε μία ασφαλή εγκατάσταση για την αποφυγή ζημιάς κατά την διάρκεια καταιγίδων. Η κύματο-αντλία έχει κατασκευαστεί και ένα μοντέλο της λειτουργικής κλίμακας έχει συναρμολογηθεί και δοκιμαστεί. Τα αποτελέσματα των δοκιμών και διάφορες κριτικές από ανεξάρτητους φορείς απέδειξαν τον λειτουργικό σχεδιασμό και την αξιόπιστη απόδοση της κύματο-αντλίας του CES.

Η υδροστροβιλική ηλεκτρική γεννήτρια κινείται από την έξοδο των πολλαπλών κύματο-αντλιών, που παρέχουν μία συνεχή τροφοδοσία θαλασσινού νερού μεγάλου όγκου και πίεσης. Ο σχεδιασμός του CES ενσωματώνει τεχνολογία τελευταίας γενιάς όσον αφορά την υδροστροβιλική απόδοση. Οι υδροστρόβιλοι χρησιμοποιούνται κατά κόρον εδώ και πολλά χρόνια και αποδεικνύονται αξιόπιστοι ως προς την απόδοση τους. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει και τις λειτουργίες της πλατφόρμας CES εκτός από το να μεταφερθεί στην ακτή για εμπορικούς σκοπούς. Ο σχεδιασμός του CES επιτρέπει επίσης τη βέλτιστη οικονομικά και αποδοτικά χρήση των παραγόμενων προϊόντων. Το ποσοστό του

παραγόμενου ηλεκτρισμού που χρησιμοποιείται για να κινήσει την ηλεκτρολυτική γεννήτρια υδρογόνου μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλεκτρισμού και τη τιμή μονάδας του προϊόντος. Αυτό σημαίνει ότι όταν η ηλεκτρική ζήτηση είναι υψηλή, το μεγαλύτερο ποσοστό της εξόδου θα σταλεί στην ακτή ενώ όταν είναι χαμηλή, το CES μπορεί να λειτουργήσει για να παράγει το οικονομικά αποδοτικότερο υδρογόνο για αποθήκευση.

Το CES αφαλατώνει επίσης θαλασσινό νερό μέσω μονάδων φιλτραρίσματος αντίστροφης όσμωσης (RO). Το θαλασσινό νερό υψηλής πίεσης από τη κύματο-αντλία φιλτράρεται για να παραχθεί πόσιμο νερό. Αυτό το προϊόν μεταφέρεται στην ακτή μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων στον βυθό της θάλασσας. Η αφαλάτωση θεωρείται ακριβή διαδικασία λόγω της εξάρτησης της από την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα. Τα συστήματα φιλτραρίσματος RO χρησιμοποιούν αντλίες τροφοδοσίας υψηλής πίεσης, που τυπικά τροφοδοτούνται με ηλεκτρισμό. Αυτή η εξάρτηση σε ηλεκτρική ενέργεια από μόνη της έχει οδηγήσει σε πολύ υψηλό κόστος παραγωγής για τους καταναλωτές, τερματίζοντας έτσι αρκετές από τις προηγούμενες μονάδες αφαλάτωσης. Το OMI CES αποφεύγει τέτοια προβλήματα κόστους, με την κύματο-αντλία να κινεί τα περισσότερα μέρη του συστήματος.

Η γεννήτρια υδρογόνου αποτελεί ένα τμήμα παραγωγής που ενσωματώνεται στο CES εν αναμονή της μεγάλης ζήτησης για καύσιμο υδρογόνο χαμηλού κόστους. Ο σχεδιασμός του CES υποστηρίζει τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, μέσω της οποίας παράγεται υδρογόνο μέγιστης καθαρότητας. Η παραγωγή μέσω ηλεκτρόλυσης είναι γνωστό ότι είναι ακριβή λόγω της απαίτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, το CES χρησιμοποιεί τη δική του παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο χαμηλότερο δυνατό κόστος παραγωγής. Το κόστος παραγωγής υδρογόνου μπορεί να μειωθεί περαιτέρω χρησιμοποιώντας ηλεκτρισμό κατά την διάρκεια περιόδων εκτός αιχμής. Ένα ενσωματωμένο χαρακτηριστικό του OMI CES είναι η παράκαμψη/εκκένωση του φίλτρου της μονάδας αφαλάτωσης RO που τροφοδοτεί τη μονάδα παραγωγής υδρογόνου. Αυτή η συγκεντρωμένη τροφοδοσία ηλεκτρολυτών, με την αυξημένη αγωγιμότητα της, αυξάνει την απόδοση της διαδικασίας παραγωγής υδρογόνου.

Απόδοση Παραγωγής

Ο παρακάτω πίνακας απαριθμεί τα εκτιμώμενα χαρακτηριστικά απόδοσης για κάθε ένα από τα προϊόντα που το συνδυασμένο σύστημα ενέργειας έχει σχεδιαστεί για να παράγει. Αυτές οι τιμές βασίζονται στις ακόλουθες συντηρητικές υποθέσεις: διάμετρος κύματο-αντλίας 0,66 μέτρα, κυματική κοιλότητας ύψους 2,74 μέτρα σε διαστήματα των 10 δευτερολέπτων, έξοδος της κύματο-αντλίας 1.900 GPM ea. & 11.000.000 GPD για πειραματικό σύστημα 4 αντλιών, φιλτράρισμα RO απόδοσης 40%. Έτσι με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται:

ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΝΕΡΟ (RO)	Πειραματικό Σύστημα 4 Αντλιών -> 4.400.000 γαλόνια τη μέρα Σύστημα Παραγωγής 35 Αντλιών -> 29.000.000 γαλόνια τη μέρα
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	Βασισμένο σε Σύστημα Πλήρους Κλίμακας -> Έξοδος 5 με 50 MW
ΥΔΡΟΓΟΝΟ	Βασισμένο σε Σύστημα Πλήρους Κλίμακας -> Έξοδος περίπου 573 γαλόνια υγρό υδρογόνο την ώρα.

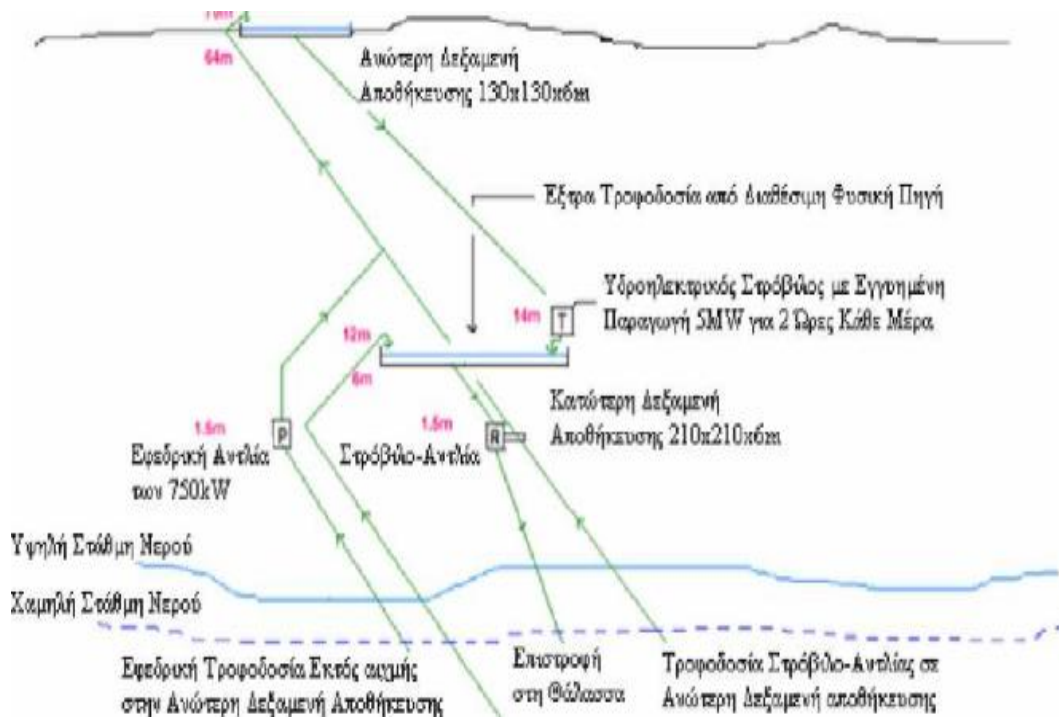
Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Η εταιρία OMI οργανώθηκε το 1990, ενώ 4 ανεξάρτητες μελέτες ολοκληρώθηκαν το 1994 με θετικά αποτελέσματα. Στις 2 Μαΐου του 1995 η τεχνολογία κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Από τότε έχουν γίνει λίγα πράγματα κυρίως λόγω έλλειψης επαρκούς χρηματοδότησης (κατασκευάστηκε ένα μοντέλο της κύματος-αντλίας κλίμακας 1:20 το 2002).

B)II.3.3) Trotman Unit

Το Trotman Unit είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, που εφευρέθηκε από τον Andrew Trotman και βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο σχεδιασμού. Πρόκειται για μια συσκευή σημειακής απορρόφησης της κυματικής ενέργειας, που έχει σχεδιαστεί για εγκατάσταση στην στεριά δίπλα σε μια παραλιακή τοποθεσία που θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για μια κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης σε υψόμετρο 12 μέτρων από τη στάθμη της θάλασσας και για μία ανώτερη δεξαμενή αποθήκευσης σε υψόμετρο 70 μέτρα. Όλο το σύστημα έχει σχεδιαστεί για σύνδεση με το δίκτυο και συγκεκριμένα για την κάλυψη του φορτίου αιχμής κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης. Το σύστημα εκμεταλλεύεται την αποθήκευση του αντλούμενου θαλασσινού νερού κατά την περίοδο την οποία δεν έχουμε υψηλή ζήτηση ισχύος. Έτσι με τη συνδυασμένη αυτή εγκατάσταση εξασφαλίζεται η παραγωγή 5MW ηλεκτρικής ενέργειας για δύο ώρες κάθε μέρα κατά τη περίοδο μέγιστης ζήτησης. Η «φάρμα» εγκατάστασης των μετατροπέων σημειακής απορρόφησης της κυματικής ενέργειας βρίσκεται απλωμένη στη θάλασσα, κοντά στη κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης, σε βάθος περίπου 30 μέτρων και σε τοποθεσία που ευνοεί την ελεύθερη κίνηση των κυμάτων.

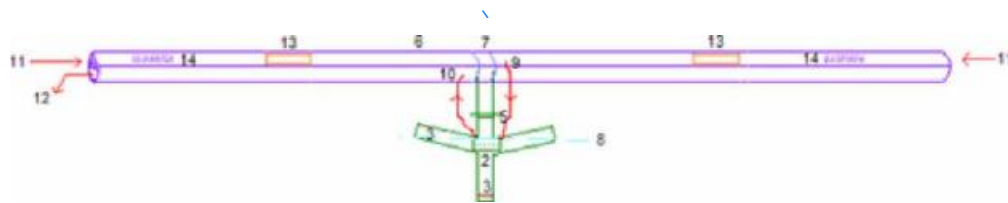
Οι μετατροπείς εκμεταλλεζόμενοι την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων, αντλούν θαλασσινό νερό στην ακτή και συγκεκριμένα στη κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης στα 12 μέτρα ύψος. Μόλις γεμίσει η κατώτερη δεξαμενή, αδειάζει πάλι πίσω στη θάλασσα θέτοντας σε κίνηση μια ειδική στροβιλό-αντλία που με τη σειρά της τροφοδοτεί με θαλασσινό νερό κατευθείαν από τη θάλασσα, την ανώτερη δεξαμενή αποθήκευσης στα 70 μέτρα ύψος. Επιπροσθέτως, και για περίπου 7 ώρες τη μέρα (ίσως και περισσότερες αν η έξοδος των μετατροπέων απορρόφησης είναι χαμηλή) κατά τη περίοδο εκτός φορτίου αιχμής, μια εφεδρική αντλία των 750kW τροφοδοτεί την ανώτερη δεξαμενή αποθήκευσης κατευθείαν από τη θάλασσα. Σε επιλεγμένες περιόδους υψηλής ζήτησης, και για 2 ώρες συνολικά κάθε μέρα, η ανώτερη δεξαμενή αδειάζει στη κατώτερη δεξαμενή κινώντας έναν υδροηλεκτρικό στρόβιλο με έξοδο 5MW στο δίκτυο. Αν υπάρχει η δυνατότητα και αν το επιτρέπει η μορφολογία της τοποθεσίας εγκατάστασης, οποιαδήποτε φυσική πηγή νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει τη κατώτερη δεξαμενή.



Εικόνα Β)II.3.3)1 : Το σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας του συστήματος των δυο δεξαμενών του Trotman Unit.

Όσον αφορά την «φάρμα» σύλληψης της κυματικής ενέργειας, αυτή χωρίζεται σε τρεις ίδιους τομείς (βλέπε Εικόνα 2) που αποτελούνται από 20 άγκυρες από μπετόν, 10 μπροστά και 10 πίσω, προσαρτημένες σε κάθε άκρο των ανθεκτικών πλαστικών σωλήνων υποστήριξης μήκους 40 μέτρων. Υπάρχουν τμήματα σωλήνων υποστήριξης μήκους 9 επί 40 μέτρα, ενωμένα με κοντούς εύκαμπτους συνδέσμους, και 14 σειρές σε βάθος (δηλαδή κατακόρυφα από την επιφάνεια προς τον πυθμένα της θάλασσας) με απόσταση 3 μέτρων η μία από την άλλη. Οι σειρές είναι συνδεδεμένες με διασυνδετικούς βραχίονες που επιτρέπουν την ανύψωση και πτώση μιας σειράς ως προς τη διπλανή της με τη διέλευση των θαλάσσιων κυμάτων. Σε κάθε σειρά υπάρχουν 16 πλωτές αντλίες που η κάθε μία έχει 6 και 4 κυλίνδρους εναλλάξ (δηλαδή η σειρά 1 έχει 6 κυλίνδρους ανά αντλία, η σειρά 2 έχει 4 κυλίνδρους ανά αντλία, η σειρά 3 έχει 6, κτλ). 7 εύκαμπτοι τροφοδότες σε κάθε σειρά τροφοδοτούν με νερό υπό πίεση, από τον πυθμένα της θάλασσας, τη κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης. Η συνολική σύλληψη της ενέργειας των κυμάτων μπορεί να αυξηθεί με τη προσθήκη και άλλου είδους μετατροπών, κατάλληλων για εγκατάσταση και λειτουργία στον πυθμένα της θάλασσας.

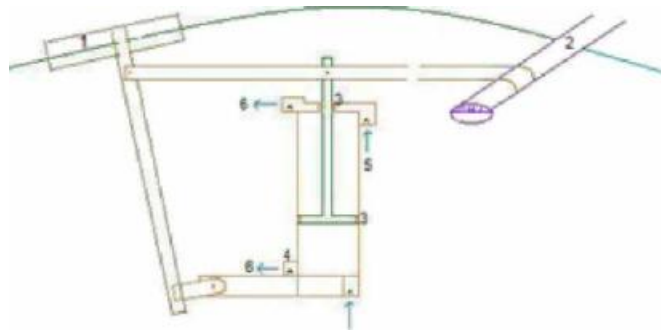
Σύμφωνα με την Εικόνα 3, η γεωμετρία επίπλευσης επιτρέπει σε κάθε αντλία να στρέφεται γύρω από τον άξονα κλίσης της (8) κατά την άφιξη του κάθε θαλάσσιου κύματος. Κάθε γωνιακή μετατόπιση από τη κατακόρυφη θέση έχει ως αποτέλεσμα την λειτουργία της αντλίας. Επιπλέον, κάθε ανύψωση ή πτώση της αντλίας (που προκαλείται από τα ερχόμενα θαλάσσια κύματα) σε σχέση με τον υψηλής αδράνειας σωλήνα υποστήριξης της, την θέτει και πάλι σε λειτουργία. Εσωτερικά στον σωλήνα στήριξης βρίσκεται το τμήμα τροφοδοσίας (11) που είναι ανοιχτό ως προς τη θάλασσα διαμέσου φίλτρων τύπου πλέγματος. Η κάθε αντλία παίρνει από το τμήμα τροφοδοσίας θαλασσινό νερό, ενώ επίσης στο εσωτερικό του σωλήνα στήριξης βρίσκεται το τμήμα του συλλογής (12) μέσω του οποίου τροφοδοτείται η κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης.



(1) κατεύθυνση του θαλάσσιου κύματος, (2) εξακύλινδρη βυθισμένη αντλία διπλής δράσης, (3)βραχίονες επίπλευσης, (4) αντίβαρο ισορροπίας, (5) σύνδεσμος που επιτρέπει ως κάποια κλίση τη σχετική στρέψη ως προς του σωλήνα υποστήριξης, (&) σωλήνας υποστήριξης υψηλής αδράνειας με ελαφρώς θετική πλευστότητα, που τροφοδοτεί την αντλία με φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό και συλλέγει την έξοδο της, (7) άξονας σύνδεσης που επιτρέπει το σκαμπανέβασμα της αντλίας ως προς του σωλήνα στήριξης κατά την έλευση των θαλάσσιων κυμάτων, (8) κέντρο βαρύτητας / άξονας κλίσης, (9) αντλία που τροφοδοτείται με φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό, (10) η έξοδος της αντλίας προς το τμήμα συλλογής του σωλήνα στήριξης, (11) μισός σωλήνας στήριξης ανοιχτός για την είσοδο θαλασσινού νερού, (12) τμήμα συλλογής που μεταφέρει το υπό πίεση νερό της εξόδου της αντλίας στη κατώτερη δεξαμενή αποθήκευσης, (13) αεροστεγής σωλήνας πλευστότητας που παρέχει στον σωλήνα στήριξης την ελαφρώς θετική πλευστότητα, (14) φίλτρα εισόδου του θαλασσινού νερού τύπου πλέγματος.

Εικόνα Β)II.3.3)3 : Το σχηματικό διάγραμμα μιας πλωτής αντλίας του συστήματος Trotman Unit.

Κάθε αντλία έχει 4 ή 6 κυλίνδρους για να ταιριάζουν στις μεταβαλλόμενες κυματικές συνθήκες, με ένα κοινό άξονα προσάρτησης που είναι συνδεδεμένος με τον σωλήνα υποστήριξης. Ένας στενός κυλινδρικός σωλήνας (διαμέτρου 3 εκατοστών) επιτρέπει το υπό πίεση νερό της εξόδου να φτάσει στα δώδεκα μέτρα ύψος της κατώτερης δεξαμενής αποθήκευσης. Οι κύλινδροι παράγουν έξοδο τόσο κατά την άνοδο όσο και κατά την κάθοδο του εμβόλου.



(1) πλωτό σώμα που κάβει μετατόπιση του από τη κατακόρυφη θέση και κάθε σκαμπανέβασμα του ως προς το σωλήνα στήριξης, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αντλητικής εξόδου, (2) σωλήνας υποστήριξης υψηλής αδράνειας, (3) έμβολο, (4) σφαιρική βαλβίδα, (5) είσοδος του φιλτραρισμένου θαλάσσιου νερού από το τμήμα τροφοδοσίας του σωλήνα υποστήριξης, (6) έξοδος της αντλίας προς το τμήμα συλλογής του σωλήνα υποστήριξης.

Εικόνα Β)II.3.3)4 : Λειτουργία ενός αντλητικού κυλίνδρου του συστήματος Trotman Unit.

Όσον αφορά την ικανότητα επιβίωσης του συστήματος Trotman Unit σε περίπτωση ακραίων καιρικών συνθηκών, αυτό είναι ασφαλές λόγω του ότι ένα μεγάλο τμήμα του είναι βυθισμένο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και αντιδρά ως αυτό-απορροφητής στα επικίνδυνα τραντάγματα που ενδεχομένως να δεχτεί. Επίσης τα διάφορα τμήματα θα μπορούν να αποσυνδεθούν εύκολα και γρήγορα, είτε για σέρβις στη στεριά ή στην περίπτωση κάποιας προβλεπόμενης έντονης καταιγίδας. Οι στρόβιλοι θα εγκατασταθούν έξω από τη θάλασσα για λόγους επιβίωσης και εύκολης συντήρησης. Το σύνολο της περιοχής των εγκατεστημένων αντλιών έχει μικρή έκθεση στην επιφάνεια της θάλασσας και με κάποιες διακριτικές εργασίες στην ακτή θα έχει ελάχιστες περιβαλλοντικές συνέπειες. Μια πιθανή διαρροή του συστήματος δεν θα οδηγήσει σε μόλυνση του περιβάλλοντος και η τοποθέτηση των αντλιών μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη διάβρωση της ακτής από τα θαλάσσια κύματα. Το όλο σύστημα των αντλιών είναι χαμηλής τεχνολογίας, κατασκευασμένο κυρίως από μοντέρνα είδη πλαστικού, και είναι ανακυκλώσιμο. Κάποιες δοκιμαστικές αντλίες κατασκευάστηκαν από την αγγλική εταιρία Bridge of Brown Crafts.

B) II.4) Τεχνολογίες Αρθρώσεων

B) II.4.1) The Waveberg™

Έπειτα από 25 χρόνια έρευνας ο εφευρέτης John Berg παρουσίασε τον μετατροπέα κυματικής ενέργειας Waveberg™, μια αποδοτική λύση με μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα δικαιώματα της τεχνολογίας Waveberg ανήκουν στην αμερικάνικη εταιρία Waveberg™ Development Limited. Ένα μοντέλο Waveberg™ μικρής σχετικά κλίμακας πέρασε επιτυχώς μια σκληρή δοκιμή σε συνθήκες καταιγίδας έξω από τις ακτές της Nova Scotia. Τα τεράστια κύματα στα οποία υποβλήθηκε, αύξησαν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του ενώ δεν προκάλεσαν καμιά ζημιά στη συσκευή. Παρόμοιες δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε δεξαμενές δημιουργίας τεχνητών κυμάτων, ενώ το 1997 ένα πρωτότυπο μεγάλης κλίμακας επιβίωσε κατά τη διάρκεια μιας καταστροφικής καταιγίδας κοντά στις ακτές της Φλόριντα, η οποία ιστοπέδωσε πολλά παραθαλάσσια σπίτια.

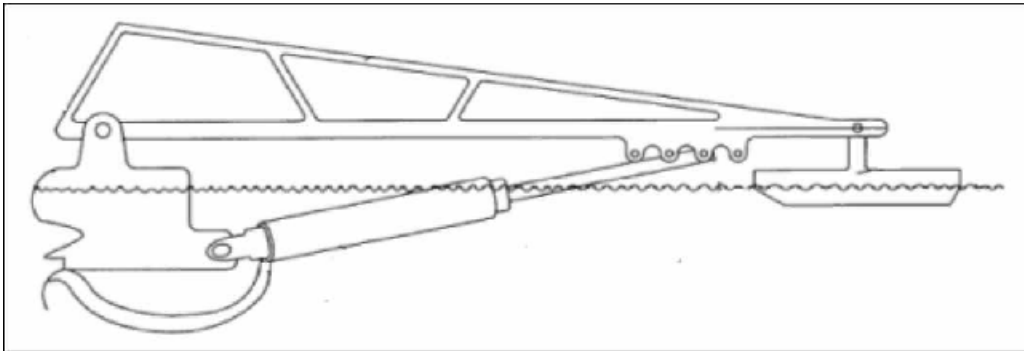


Εικόνα Β)II.4.1)1 : Το δοκιμαστικό μοντέλο Waveberg™ πριν από την ρυμούλκηση του στην επιλεγμένη τοποθεσία εγκατάστασης έξω από τις ακτές της Florida το 1996.

Τεχνολογία

Το Waveberg™ είναι ένα αρθρωτό σύστημα συνδεδεμένων πλωτών σωμάτων που λυγίζουν καθώς τα κύματα περνάνε από κάτω τους, χρησιμοποιώντας αυτή τη κίνηση κάμψης για την άντληση θαλασσινού νερού. Στη συνέχεια το νερό υπό υψηλή πίεση μεταφέρεται από το Waveberg™ στη στεριά μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βασικά υλικά κατασκευής του είναι πλαστικό και φάιμπεργκλας, λόγω της αντοχής, της αντιδιαβρωτικής δράσης, του χαμηλού κόστους και της ευκολίας κατασκευής τους.

Τα κύματα, η ροή του νερού και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι γνωστοί επιστημονικοί τομείς. Δεν υπάρχει τίποτα το επαναστατικό ή αναπόδεικτο σχετικά με την τεχνολογία του Waveberg™. Οι βελτιώσεις της τεχνολογίας δοκιμάζονται σε μοντέλα μικρής κλίμακας πριν τα πρωτότυπα πλήρους κλίμακας δοκιμαστούν σε πραγματικές συνθήκες. Οι υποθέσεις που χρησιμοποιούνται εδώ βασίζονται σε πληροφορίες από το δοκιμαστικό μοντέλο του 1991 στις δεξαμενές NRC στο Newfoundland και δεν ανταποκρίνονται στην υψηλότερη παραγωγική έξοδο του πιο πρόσφατου μοντέλου. Για αυτό και είναι ιδιαίτερα συντηρητικές.



Εικόνα Β)ΙΙ.4.1)2 : Το σχηματικό διάγραμμα ενός από τους τρεις βραχίονες του κάθε μετατροπέα Waveberg™.

Μια τυπική συσκευή Waveberg™ πλήρους κλίμακας θα παράγει περισσότερο από 100 kW ηλεκτρικής ενέργειας υπό φυσιολογικές συνθήκες, ενώ η έξοδος θα διπλασιάζεται κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων. Θα έχει 50 μέτρα μήκος και θα κοστίσει περίπου 70.000€ για να κατασκευαστεί σε εργοστάσιο. Κατά τη διάρκεια της συνηθισμένης λειτουργίας της, 24 ώρες τη μέρα, κάθε μέρα, θα παράγει ένα ενεργειακό ισοδύναμο δύο βαρελιών πετρελαίου τη μέρα. Οι μετατροπείς Waveberg™ τυπικά θα εγκαθίστανται διασυνδεδεμένοι σε σειρές για να παρέχουν τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται από τη συγκεκριμένη τοποθεσία εγκατάστασης.

Το κόστος των 700€ ανά kW του Waveberg™ από μόνο του δεν ανταποκρίνεται στο κόστος των εγκαταστάσεων στη στεριά, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος σωληνώσεων μεταφοράς, της εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, του στροβίλου, της γεννήτριας και της διασύνδεσης στο δίκτυο διανομής. Μια πρώτη οικονομική μελέτη επιβεβαιώνει ότι τα κόστη για την υδροηλεκτρική εγκατάσταση θα είναι λιγότερα από 270€ ανά kW για μια εγκατάσταση 1,2MW και ακόμα λιγότερα για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Προσθέτοντας το κόστος ιδιοκτησίας και εγκατάστασης, το συνολικό κόστος κεφαλαίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 1.150€ ανά kW. Η ανεμογεννήτριες κοστίζουν λίγο περισσότερο και λειτουργούν μόνο το 30% του χρόνου, ενώ ο συλλέκτης κυμάτων Waveberg™ μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια κατά το 60% του χρόνου. Έτσι το προβλεπόμενο κόστος υπολογίζεται περίπου 0,014€ ανά kWh (το μισό από το αντίστοιχο για την αιολική ενέργεια), σε μια μέσου πλάτους ακτή.

Η τεχνολογία του Waveberg™ έχει κατοχυρωθεί με τρία διπλώματα ευρεσιτεχνίας, ενώ προβλέπεται και η εξασφάλιση πατέντας για περαιτέρω βελτιώσεις και αλλαγές.



Εικόνα Β)II.4.1)3 : Ένα από τα πρώτα πειραματικά μοντέλα Waveberg™ του 1988.

Οι κατάλληλες αρχικές αγορές για το Waveberg™ αφορούν κυρίως την εμπορική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την αφαλάτωση θαλασσινού νερού, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας και την τροφοδοσία υδατοκαλλιέργειών.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εμπορικής κλίμακας με μετατροπείς Waveberg™, θα επιφέρει μακροπρόθεσμα τα περισσότερα πιθανά έσοδα. Αρχικά η εταιρία προτίθεται να κατασκευάσει μικρότερα εργοστάσια παραγωγής για επίδειξη της απόδοσης και της ικανότητας επιβίωσης του συστήματος. Αυτά θα χρησιμοποιούν μερικές συσκευές Waveberg™ στην ανοιχτή θάλασσα συνδεδεμένες με ένα υποθαλάσσιο σύστημα σωληνώσεων που θα μεταφέρει το νερό υπό πίεση στην ακτή για μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιώντας τυπικούς υδροηλεκτρικούς στροβίλους και γεννήτριες. Μια άλλη επιλογή είναι ίσως η εγκατάσταση των γεννητριών σε τεράστιες πλατφόρμες μέσα στη θάλασσα και η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή να γίνεται με υποθαλάσσια καλώδια.

Όσον αφορά την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, το Waveberg™ θα μπορεί να παράγει γλυκό νερό μέσω της διαδικασίας της αντίστροφης όσμωσης. Για παράδειγμα μία μονάδα μήκους 46 μέτρων, ρυθμισμένη στα κύματα των ακτών, θα μπορούσε να εξασφαλίσει την άρδευση για 108 στρέμματα γης. Αυτή η εγκατάσταση μικρής κλίμακας θα αποφέρει έσοδα 22.000€ ετησίως στη τιμή των 34€ ανά στρέμμα. Μια μόνο μονάδα Waveberg™ θα μπορεί να ποτίσει μια έκταση ίση με ένα γήπεδο γκολφ. Αν και το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης είναι μεγαλύτερο, λόγω της απαραίτητης εγκατάστασης αντίστροφης όσμωσης, τα έσοδα επί της επένδυσης θα είναι περίπου 40%.

Η τεχνολογία Waveberg™ είναι κατάλληλη και για ιχθυοκαλλιέργειες, στις οποίες το βασικότερο κόστος είναι η άντληση φρέσκου θαλασσινού νερού. Μια μονάδα Waveberg™ των 100kW μπορεί να τροφοδοτήσει 4 με 6 λίμνες ιχθυοκαλλιέργειας, αυξάνοντας τη παραγωγικότητα χωρίς δαπάνες καυσίμων.

Το βασικό εμπόδιο για την είσοδο της τεχνολογίας Waveberg™ στην αγορά είναι ο σκεπτικισμός για την ικανότητα επιβίωσης και την αποδοτικότητα των συσκευών εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας γενικά. Το πρόβλημα αυτό θα εξαλειφθεί μόλις κάποιες μονάδες Waveberg™ πλήρους κλίμακας δοκιμαστούν επιτυχώς σε καταιγίδες, λειτουργώντας και παράγοντας ισχύ αδιάλειπτα. Αλλά ακόμα και αν υποθέσουμε ότι οι καταιγίδες θα καταστρέφουν μια μονάδα Waveberg™ κάθε 5 χρόνια, η αποδοτικότητα του συνόλου δεν θα μειωθεί σημαντικά. Η πλωτή συσκευή αποτελεί μόνο το 1/3 του συνολικού κόστους κεφαλαίου μιας

εγκατάστασης και το κόστος των συσκευών θα μειώνεται καθώς θα αυξάνεται η παραγωγή τους. Κάθε Waveberg™ αρχίζει να παράγει κέρδος μετά από δύο χρόνια λειτουργίας, αφού θα έχει ξεπληρώσει το κόστος του με την αντίστοιχη παραγωγή.

Βασικά Πλεονεκτήματα

Η τεχνολογία του Waveberg™ υπερτερεί σε σύγκριση με το μεγαλύτερο ποσοστό των άλλων μετατροπών κυματικής ενέργειας για κάποιους βασικούς λόγους. Το Waveberg™, σε αντίθεση με τη πλειοψηφία των συσκευών, είναι σχεδιασμένο για να κινείται με τη ροή των κυμάτων, να γλιστράει πάνω τους, χωρίς να αντιστέκεται σε αυτά. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνει να επιβιώνει στις καταιγίδες αφού η συσκευή επιτρέπει σε πολύ μικρή επιφάνεια της να δεχτεί τις τεράστιες δυνάμεις των κυμάτων. Κάθε τμήμα του Waveberg™, από το σύστημα πρόσδεσης του στον πυθμένα της θάλασσας μέχρι τη λεία επιφάνεια του από φάιμπεργκλας, είναι σχεδιασμένο για τη μείωση της αντίστασης απέναντι στα θαλάσσια κύματα. Η αντίσταση της συσκευής στη κατακόρυφη ταλάντωση των κυμάτων, που χρησιμοποιείται για τη κίνηση των αντλιών, μπορεί να απενεργοποιηθεί κατά τη διάρκεια καταιγίδας με το άνοιγμα μιας βαλβίδας στην ακτή που απελευθερώνει τη ροή του νερού.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα είναι οι μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης της συσκευής. Δεν έχει αδιάβροχα σφραγισμένα τμήματα, ούτε ρουλεμάν ή αρθρώσεις με λιπαντικά. Το συμπιεσμένο θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται και ως λιπαντικό για την αντλία. Μετά από 14 μήνες δοκιμών ανοιχτής θαλάσσης στη Nova Scotia, η συσκευή Waveberg™ αποσυναρμολογήθηκε και εξετάστηκε. Δεν υπήρχε καμιά ανησυχητική φθορά στα κομμάτια της αντλίας, αν και το μοντέλο χρησιμοποιούσε μαλακό πλαστικό FVC που φθείρεται εύκολα. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί που αναπτύχθηκαν πάνω στη συσκευή βελτίωσαν την απόδοση της, αυξάνοντας τη μάζα των πλωτών σωμάτων που παράγουν ενέργεια, αφού αυτή η παράμετρος είχε συμπεριληφθεί στον σχεδιασμό του μετατροπέα.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Τα μελλοντικά σχέδια της εταιρίας αφορούν αρχικά την επίδειξη της οικονομικής επιβιωσιμότητας της συσκευής Waveberg™ και της ανωτερότητας της τεχνολογίας της, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντολογικών επιδράσεων. Έπειτα σειρά έχει η περαιτέρω βελτίωση της υπάρχουσας τεχνολογίας και η επέκταση της κατοχύρωσης της παγκοσμίως, ενώ το τελευταίο στάδιο πριν την εμπορευματοποίηση είναι η κατασκευή και δοκιμή στην ανοιχτή θάλασσα ενός πρωτοτύπου πλήρους κλίμακας. Η ολοκλήρωση αυτού του σταδίου θα οδηγήσει στην πλήρη εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας Waveberg™ σε όλους τους τομείς παραγωγής που προαναφέρθηκαν.



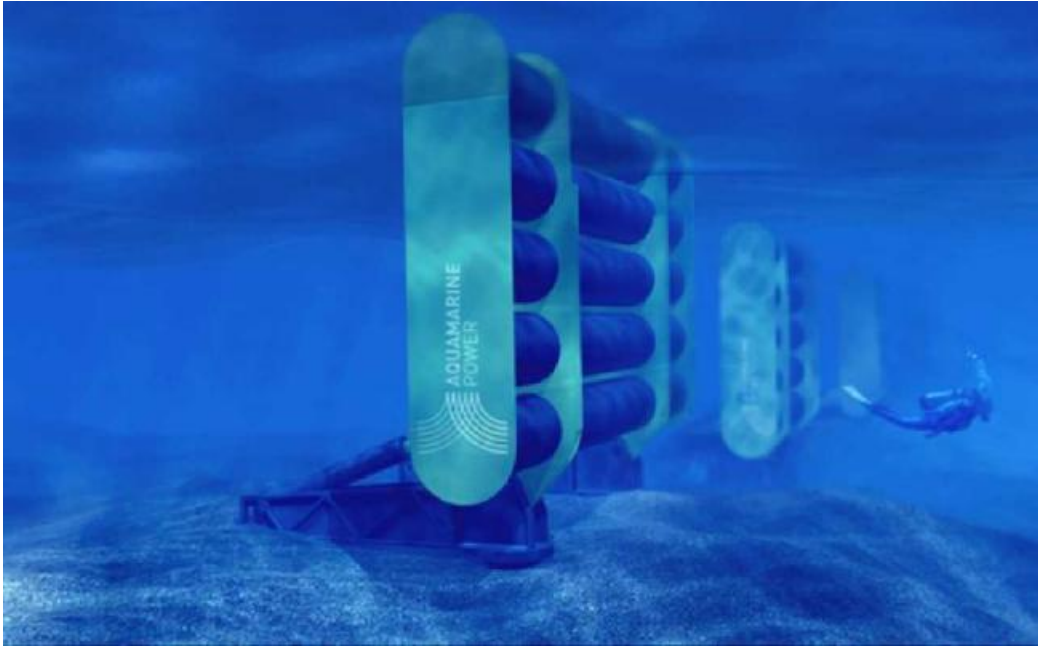
Εικόνα Β)II.4.1)4: Το πιο πρόσφατο πειραματικό μοντέλο Waveberg™ κλίμακας 1:50 του 2006.

B) II.5) Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης

B) II.5.1) Oyster™

Το Oyster™ είναι ένας μετατροπέας κυματικής ενέργειας, της σκοτσέζικης εταιρίας Aquamarine Power, που εγκαθίσταται στον πυθμένα της θάλασσας σε κοντινή απόσταση από την ακτή. Είναι σχεδιασμένος να αλληλεπιδρά αποδοτικά με τις δυνάμεις των κυμάτων των ρηχών νερών. Αυτή η συσκευή έχει σχεδιαστεί ειδικά για εγκατάσταση σε νερά κοντά στην ακτή, καθώς τα ρηχά νερά έχουν ευκολότερη πρόσβαση και εκεί δεν εμφανίζονται τα επικίνδυνα μεγάλα κύματα που συναντάμε στην ανοιχτή θάλασσα.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αιχμής της κάθε μονάδας Oyster™ είναι μεταξύ 300 και 600kW ανάλογα με τη τοποθεσία εγκατάστασης και τη διαμόρφωση της. Μια «φάρμα κυμάτων» εμπορικής κλίμακας αποτελούμενη από 10 μονάδες Oyster™ εγκατεστημένες σε σειρές θα παράγει μέχρι και 6MW ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα Β)ΙΙ.5.1)1 : Μια σειρά από εγκατεστημένους μετατροπείς Oyster™ φυσικής κλίμακας στον βυθό της θάλασσας.

Τεχνολογία

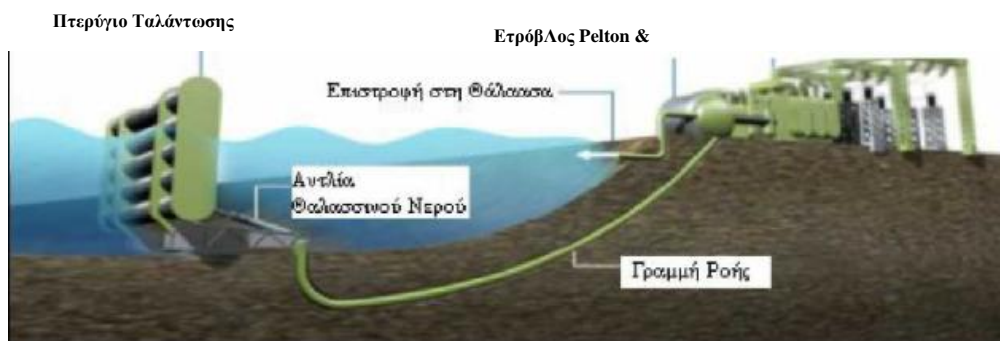
Η αρχή λειτουργίας του μετατροπέα Oyster™ είναι απλή. Η συσκευή αποτελείται από ένα είδος πτερυγίου ταλάντωσης εγκατεστημένο στον πυθμένα της θάλασσας σε βάθος 12 μέτρων. Αυτή η συσκευή αποσπά την ενέργεια των διερχόμενων θαλάσσιων κυμάτων και τη διαβιβάζει ως υδραυλική ισχύ θαλασσινού νερού σε μία υδροηλεκτρική μονάδα μετατροπής στην ακτή. Αυτό γίνεται με τη κίνηση εμβόλων διπλής δράσης που τροφοδοτούν με συμπιεσμένο θαλασσινό νερό τη μονάδα PTO (Power Take-Off) του Oyster™, όπως γίνεται και με τις συμβατικές υδροηλεκτρικές γεννήτριες.

Το Oyster™ είναι σχεδιασμένο με κύρια έμφαση στην απλότητα και στις ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Γι' αυτό και είναι πολύ ελαφρύ και αποτελείται από πολύ λίγα τμήματα. Η συσκευή αποτελείται βασικά από μια μικρή βάση που σταθεροποιείται στο βυθό της θάλασσας και από το πτερύγιο ταλάντωσης με τις αντλίες εμβόλου. Το αποτύπωμα της στον βυθό είναι πολύ μικρό, ενώ η μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της εξόδου της σε σχέση με το μέγεθος της, την καθιστά οικονομικά αποδοτική. Το Oyster™ ταλαντεύεται μακριά από μεγάλα κύματα, επιτρέποντας του να παράγει ηλεκτρική ενέργεια αδιάλειπτα ακόμα και σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Η συσκευή αλληλεπιδρά απευθείας με την ενισχυμένη ορμητική κίνηση των κυμάτων κοντά στην ακτή, παράγοντας αποδοτικά ηλεκτρική ενέργεια ακόμα και στις μικρότερες και ηπιότερες θάλασσες. Τέλος, το Oyster™ έχει σχεδιαστεί για να είναι μια αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική πηγή ηλεκτρισμού.

Όσον αφορά την τοποθεσία εγκατάστασης, τα μοντέλα Oyster™ έχουν σχεδιαστεί για τοποθέτηση σε βάθος περίπου 10 μέτρων σε θαλάσσιες περιοχές

όπου το μέσο κυματικό κλίμα είναι μεγαλύτερο από 15kW/m. Επίσης για την ορθή επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης των συσκευών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως η προέλευση των θαλάσσιων κυμάτων, οι γεωτεχνικές συνθήκες, η σύνδεση με το δίκτυο, οι συνθήκες της συγκεκριμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κτλ. Για αυτόν τον λόγο η εταιρία του Oyster™ ερευνά διάφορες περιοχές για να διαπιστώσει τη καταλληλότητα τους για μια μελλοντική εγκατάσταση Oyster™. Αν και ο πρωταρχικός εμπορικός στόχος είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το δίκτυο, η τεχνολογία του Oyster™ αναπτύσσεται και για δευτερεύουσες εφαρμογές όπως για παράδειγμα την παράλληλη παραγωγή ηλεκτρισμού και γλυκού νερού για μια απομακρυσμένη νησιωτική κοινότητα.

Όπως προαναφέρθηκε, η τεχνολογία του Oyster™ είναι κατάλληλη και για αφαλάτωση θαλασσινού νερού με τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης. Οι συσκευές θα μπορούν να τροφοδοτούν μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης, τόσο με θαλασσινό νερό όσο και με την αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια, καθιστώντας ουσιαστικά ανεξάρτητη τη μονάδα από εισαγόμενα καύσιμα και μειώνοντας τους εκπεμπόμενους ρύπους.



Εικόνα ΒΙΙΙ.5.1)2 : Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος μετατροπής της κυματικής ενέργειας Oyster™.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Είναι Αξιοπίστο και Ανεκτικό σε Σφάλματα à Η συσκευή έχει σχεδιαστεί από υλικά και επιμέρους τμήματα που έχουν αποδεδειγμένα υψηλή αξιοπιστία τόσο για την υδροηλεκτρική μονάδα όσο και για την υποθαλάσσια εγκατάσταση. Η φυσική κίνηση του Oyster™ και η λειτουργία του σε κοντινή απόσταση από την ακτή, του επιτρέπουν να αποφεύγει τα μεγάλα κυματικά φορτία που εμφανίζονται σε άλλους μετατροπείς κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Ο σχεδιασμός του έχει υποβληθεί σε αυστηρές δοκιμές από ανεξάρτητους εξειδικευμένους φορείς για την επαλήθευση της αποδοτικότητας της τεχνολογίας σε όλες τις συνθήκες, ενώ η διάρκεια ζωής της συσκευής εκτιμάται περίπου στα 25 χρόνια.
2. Ανταγωνιστικό Κόστος à Το Oyster™ αντλεί θαλασσινό νερό υπό υψηλή πίεση απευθείας σε μια υδροηλεκτρική μονάδα ισχύος, μειώνοντας

ουσιαστικά το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Η ελαφριά συσκευή ταλάντωσης είναι σχεδιασμένη για μαζική παραγωγή, ελαχιστοποιώντας το κόστος κεφαλαίου και λειτουργίας. Το σύστημα έχει μια από τις καλύτερες αναλογίες ισχύος προς βάρος από όλες τις εναλλακτικές τεχνολογίες. Το Oyster™ μπορεί να εγκατασταθεί και να αποσυρθεί μέσα σε 24 ώρες. Η απλότητα του σχεδιασμού και η προσβασιμότητα της τοποθεσίας του, καθιστούν τη συντήρηση και το σέρβις της συσκευής απλή και οικονομική διαδικασία.

3. Μικρές Οικολογικές Επιπτώσεις και Μεγάλα Περιβαλλοντολογικά Οφέλη ð Με διαστάσεις 18m x 12m x 2m για ένα μετατροπέα Oyster™ πλήρους κλίμακας, η συσκευή καταλαμβάνει ελάχιστη έκταση στον πυθμένα της θάλασσας. Η λειτουργία του είναι αθόρυβη και δε περιέχει τοξικές ουσίες, ενώ επίσης δεν παρουσιάζει εκπομπές CO₂.
4. Μέγιστη Απόδοση από τα Κύματα στο Δίκτυο ð Τα κυματικά κλίματα κοντά στις ακτές είναι πιο σταθερά και προβλέψιμα από αυτά στην ανοιχτή θάλασσα, καθώς το μειωμένο βάθος των υδάτων φιλτράρει τις πιο ενεργητικές θάλασσες και μειώνει τη διάδοση των θαλάσσιων κυμάτων προς τη κατεύθυνση τους. Αυτό βελτιώνει τη συνολική απόδοση του συστήματος και επιτρέπει στο Oyster™ να συλλαμβάνει ένα μεγάλο ποσοστό της μέσης ετήσιας ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Η συσκευή έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει την αδιάλειπτη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχεδόν όλες τις κυματικές συνθήκες.
5. Μέγιστη Έξοδος Ισχύος ð Το Oyster™ έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιεί το ποσό της ενέργειας που συλλαμβάνει για τη θάλασσα της συγκεκριμένης επιλεγμένης τοποθεσίας εγκατάστασης. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από αξιόπιστα και αποδεδειγμένα επιμέρους τμήματα. Ο έλεγχος της εγκατάστασης από απόσταση εξασφαλίζει διαρκώς τη μέγιστη απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί.

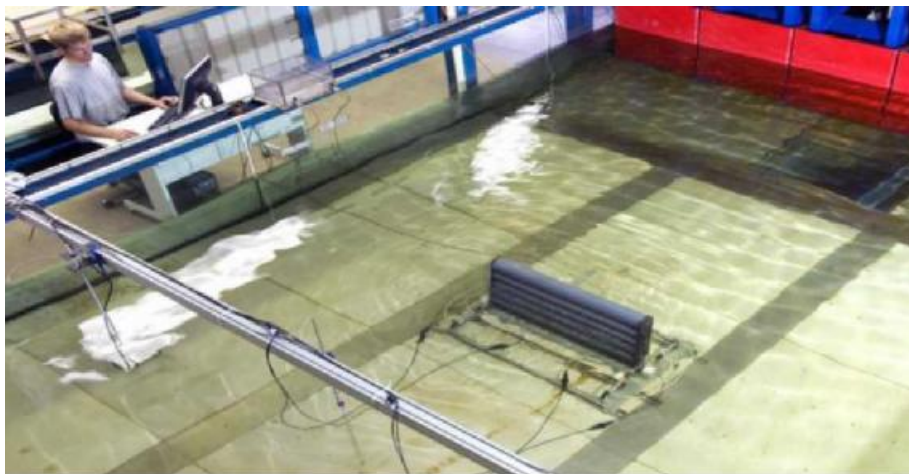
Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Η χρονολογική εξέλιξη της τεχνολογίας του Oyster™ παρουσιάζεται παρακάτω:

1. 2001-2004 : Ανάπτυξη της Κεντρικής Ιδέας και Δοκιμές Μοντέλων ð Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ολοκληρώθηκαν εκτενείς δοκιμές σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων στο Queen's University Belfast, χρησιμοποιώντας μοντέλα ταλαντωτών κλίμακας 1:40 και 1:20. Η υπολογιστική μοντελοποίηση και απόδοση, καθώς και τα αποτελέσματα από δοκιμές φορτίων, χρησιμοποιήθηκαν για τον βασικό σχεδιασμό και τα φορτία λειτουργίας της πειραματικής εγκατάστασης Oyster™.
2. 2007 : Έρευνα και Ανάπτυξη «Φάρμας Κυμάτων» ð Πραγματοποιούνται δοκιμές δεξαμενής, υπολογισμοί κόστους, έρευνα και ανάπτυξη για τη μοντελοποίηση και επαλήθευση των προβλέψεων απόδοσης μιας συστοιχίας συσκευών Oyster™. Τα αποτελέσματα θα οδηγήσουν στον τελικό σχεδιασμό και διαμόρφωση της τεχνολογίας Oyster™ για «φάρμες κυμάτων» εμπορικής κλίμακας.
3. 2007-2008 : Επίδειξη του Oyster™ ð Θα κατασκευαστεί και θα εγκατασταθεί ένα πρωτότυπο συνδεδεμένο στο δίκτυο στο EMEC του Orkney, για να δοκιμαστεί η απόδοση και να επαληθευτούν οι

προβλέψεις από τα υπολογιστικά μοντέλα και τα μοντέλα μικρής κλίμακας.

4. 2008-2009 : Επίδειξη Συστοιχίας Συσκευών ως Πρόδρομος της Εμπορικής Εφαρμογής à Θα εγκατασταθεί και θα δοκιμαστεί μια συστάδα από συσκευές Oyster™ στη Σκοτία, εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 3MW, ως το πρώτο βήμα για περαιτέρω εμπορική εφαρμογή στην Ευρώπη.
5. Στο μέλλον à εκτιμάται ότι η τεχνολογία του Oyster™ θα εισχωρήσει στην αγορά με «φάρμες κυμάτων» ισχύος από 5 έως 20MW με συντελεστή φορτίου πάνω από 40%.



Εικόνα B)II.5.1)4 : Δοκιμή ενός μοντέλου Oyster™ μικρής κλίμακας σε δεξαμενή οημιουργίας τεχνητών κυμάτων.

B) II.5.2) WaveRoller

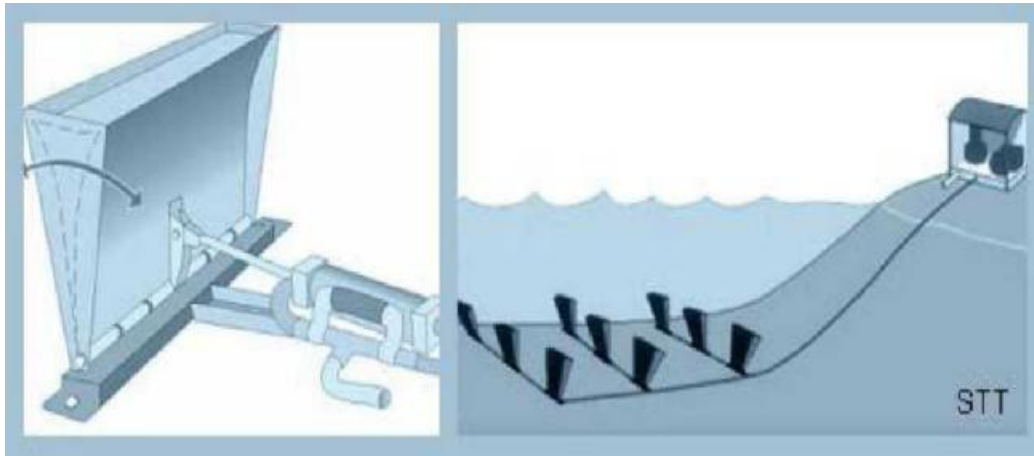
Στα επιφανειακά κύματα, τα μόρια του νερού κινούνται κυκλικά. Ερχόμενη προς την ακτή, η ενέργεια των κυμάτων πυκνώνει λόγω της μείωσης του βάθους. Κάτω από το επιφανειακό φούσκωμα του κύματος, σε βάθος μισού μήκους του φουσκώματος, η κυκλική κίνηση των μορίων του νερού γίνεται πιο ελλειπτική, ενώ στον βυθό της θάλασσας τα μόρια του νερού λικνίζονται μπρος-πίσω. Το WaveRoller της φινλανδικής εταιρίας AW-Energy Oy συλλαμβάνει αυτή τη κινητική ενέργεια χρησιμοποιώντας ένα ειδικά σχεδιασμένο κινούμενο πτερύγιο, εγκατεστημένο στον πυθμένα της θάλασσας. Αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό με τη χρήση παραδοσιακών τεχνολογιών.

Τεχνολογία

Η συσκευή WaveRoller αποτελείται από ένα ειδικό πτερύγιο εγκατεστημένο στον πυθμένα της θάλασσας. Η μπρος-πίσω κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων στον βυθό κινούν το πτερύγιο και η κινητική ενέργεια που παράγεται συλλέγεται από μία αντλία εμβόλου. Αυτή η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό με τη βοήθεια ενός κλειστού υδραυλικού συστήματος σε συνδυασμό με ένα σύστημα κινητήρα-γεννήτριας.

Το WaveRoller είναι μια τμηματική τεχνολογία, με την έννοια ότι αποτελείται από συνδεδεμένες υποενότητες. Κάθε μία από αυτές αποτελείται από 3-5 πτερύγια τα οποία εγκαθίστανται σε ένα κοινό σύστημα παραγωγής. Έτσι όλα τα παραπάνω

συνθέτουν μία εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας WaveRoller. Λόγω της τμηματοποίησης της, η εγκατάσταση WaveRoller μπορεί να μπει στην παραγωγή τμηματικά. Συνεπώς η εξελιξιμότητα της τεχνολογίας WaveRoller αποτελεί βασικό πλεονέκτημα, αφού δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος περιορισμός στο τελικό μέγεθος μιας εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας WaveRoller. Οι επιμέρους υποενότητες μπορούν να συντηρηθούν εύκολα και οικονομικά, ενώ η παραγωγή ηλεκτρισμού της εγκατάστασης μπορεί να συνεχιστεί κατά την διάρκεια της συντήρησης μίας υποενότητας.



Εικόνα Β)II.5.2)2 : Τα βασικά τμήματα ενός μετατροπέα και μιας τυπικής εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με υποενότητες μετατροπέων.

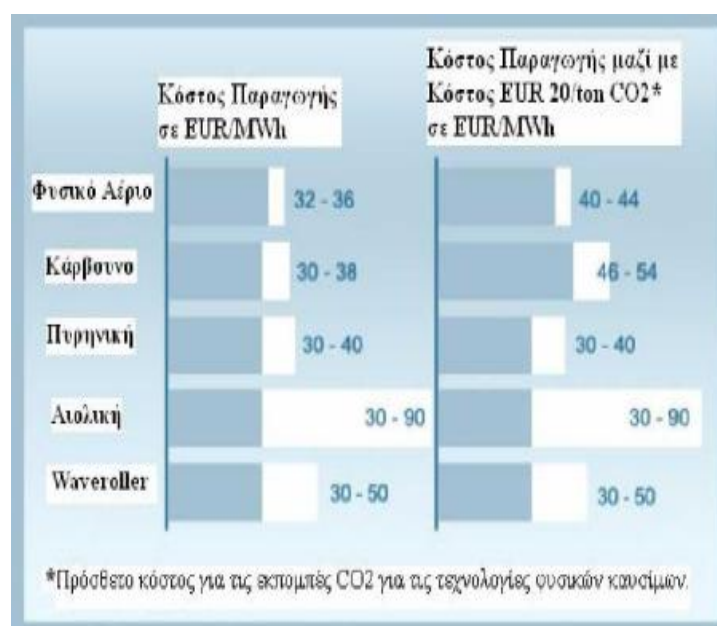
Όσον αφορά την τοποθεσία της εγκατάστασης, ο σχεδιασμός του WaveRoller είναι κατάλληλος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ευρύτερο φάσμα κυματικών συνθηκών σε σύγκριση με άλλες υπάρχουσες τεχνολογίες ενέργειας κυμάτων. Το WaveRoller λειτουργεί πολύ καλά σε τοποθεσίες όπου οι περίοδοι των κυμάτων είναι μεγάλες και το φούσκωμα της θάλασσας έντονο. Τα επίπεδα ενέργειας που επιτυγχάνονται σε αυτές τις τοποθεσίες κατά την διάρκεια του χρόνου είναι σχετικά σταθερά με μικρότερη διακύμανση σε σχέση με συσκευές ενέργειας κυμάτων της επιφάνειας ή με την αιολική ενέργεια.

Το WaveRoller είναι φιλικό προς το περιβάλλον με βάση τις παρακάτω εκτιμήσεις:

- I. Ολόκληρη η εγκατάσταση είναι τοποθετημένη κάτω από την επιφάνεια του νερού και για αυτό δεν είναι ορατή έξω από τη θάλασσα. Το τυπικό βάθος εγκατάστασης είναι περίπου 7 με 15 μέτρα, κάτι το οποίο σημαίνει ότι μπορούν για παράδειγμα να περάσουν από πάνω του αλιευτικά σκάφη χωρίς πιθανότητα σύγκρουσης.
- II. Τα πτερύγια του WaveRoller ακολουθούν τη φυσική κίνηση του θαλασσινού νερού.
- III. Η εγκατάσταση δεν παράγει κανένα θόρυβο ως προς την επιφάνεια της θάλασσας ή την ακτή.
- IV. Το WaveRoller έχει σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας υλικά φιλικά προς το περιβάλλον και δεν περιέχει επικίνδυνες ρυπογόνες ουσίες.

Οικονομική Ανάλυση

Το WaveRoller είναι σχεδιασμένο για υψηλή απόδοση. Ένα πτερύγιο WaveRoller θα παράγει περίπου 13kW ηλεκτρικής ενέργειας σε καλές κυματικές συνθήκες. Με βάση αυτή την απόδοση, το κόστος επένδυσης είναι περίπου 3.000 € ανά kW στο πειραματικό στάδιο. Ο στόχος για την εμπορική φάση του WaveRoller είναι ένα επενδυτικό κόστος μεταξύ 800 με 1300 € ανά kW και κόστος παραγωγής ενέργειας μεταξύ 0,03 με 0,05 € ανά kWh. Κάποιες συγκριτικές μετρήσεις όσον αφορά το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Οι τρεις βασικοί στόχοι της εταιρίας είναι να καθιερώσει σε εμπορικό επίπεδο την τεχνολογία του WaveRoller, να διατηρήσει και να αναπτύξει μία ισχυρή IPR θέση και τέλος να δημιουργήσει συμμαχίες με ηγετικές εταιρίες ενέργειας παγκοσμίως που θα τη βοηθήσουν να αναδείξει και να εφαρμόσει την τεχνολογία της. Η εξέλιξη του WaveRoller παρουσιάζεται περιληπτικά στο παρακάτω χρονοδιάγραμμα:

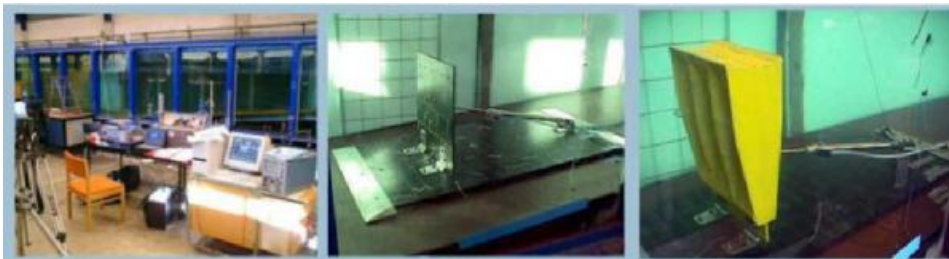
- 1999 → Πρώτη θαλάσσια δοκιμή του πρωτοτύπου στη Porkkala.
- 2000 → Εργαστηριακές δοκιμές μικρής κλίμακας.
- 2002 → Δοκιμή μικρού πρωτοτύπου στη Porkkala σε πραγματικές συνθήκες

θάλασσας.

- 2003 à Δοκιμή πρωτοτύπου στη Roda Grundet (Κόλπος της Φινλανδίας) για την επιβεβαίωση της απόδοσης σύλληψης της ενέργειας. Ακολουθούν φωτογραφίες:



- 2004 à Αξιολόγηση μοντέλου με δοκιμές σε δεξαμενή κυμάτων για τη μελέτη της υδροδυναμικής και το λεπτομερή σχεδιασμό των πτερύγιων . Ακολουθούν φωτογραφίες:



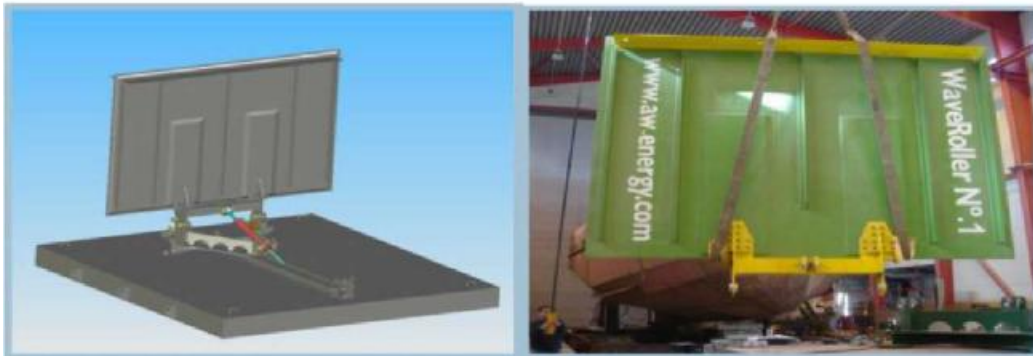
- 2005 à Δοκιμή πρωτοτύπου κλίμακας 1:3 στο Ecuador Salinas σε περιβάλλον Ειρηνικού Ωκεανού με μεγάλες περιόδους φουσκωμάτων 15-20 δευτερολέπτων. Μετρήσεις Doppler και αξιολόγηση του φουσκώματος στην έξοδο παραγωγής. Ακολουθούν φωτογραφίες:



- 2005 à Δοκιμή πρωτοτύπου κλίμακας 1:3 στο EMEC του Orkney σε περιβάλλον Ατλαντικού Ωκεανού. Επίδειξη μοντέλου σε ήπιες και ακραίες χειμερινές συνθήκες και μετρήσεις της ταχύτητας των κυμάτων στο βυθό της θάλασσας με χρήση της συσκευής Doppler. Ακολουθούν φωτογραφίες:



- 2006 → Σχεδιασμός και κατασκευή του WaveRoller 1.

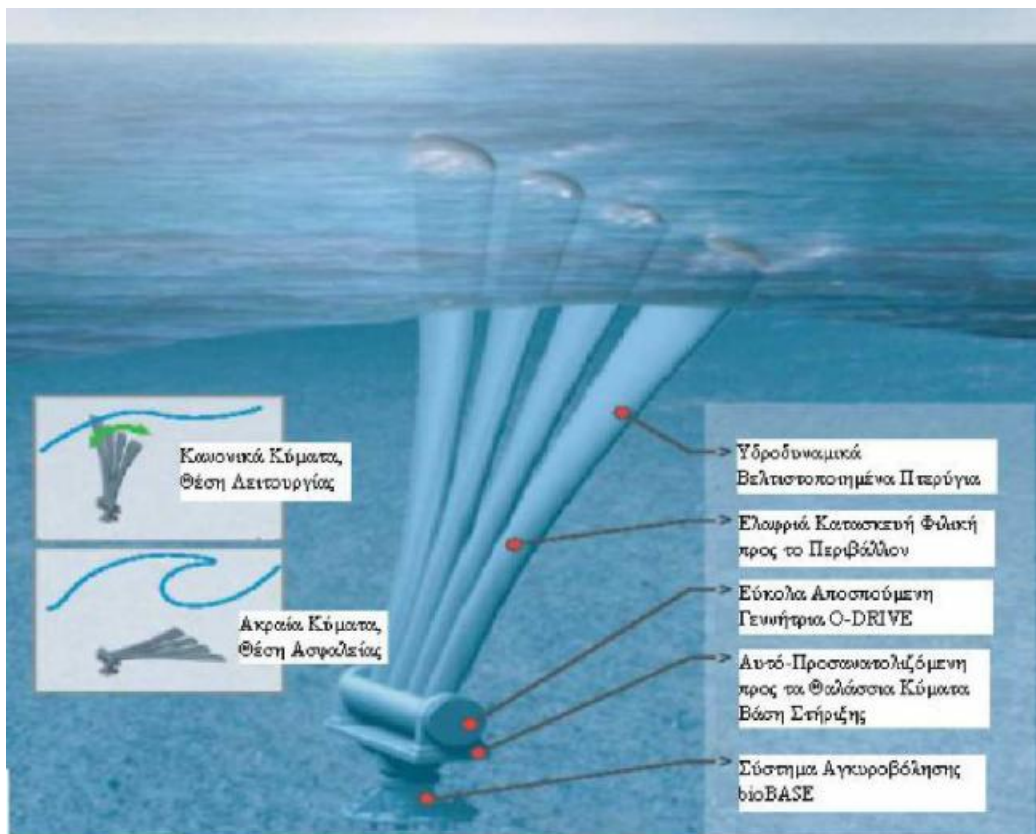


- 2007 → Εγκατάσταση και Λειτουργία του WaveRoller 1 και Ολοκληρωμένη Μέτρηση και Ανάλυση της Επίδοσης της Συσκευής.



B) II.5.3) bioWAVE™

Το bioWAVE™ της αυστραλιανής εταιρίας BioPower Systems Pty Ltd είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων σε ωφέλιμο ηλεκτρισμό. Η παλλόμενη κίνηση της συσκευής και οι μηχανισμοί επιβίωσης της εμπνεύστηκαν από τις λειτουργίες κάποιων ειδών θαλάσσιων φυτών που ζουν στον ωκεανό και έχουν προσαρμοστεί κατάλληλα στις συνθήκες που επικρατούν εκεί. Έτσι η τεχνολογία του bioWAVE™ επωφελείται από κάποια εξελιγμένα κληρονομικά φυσικά χαρακτηριστικά των οποίων η αποτελεσματικότητα έχει αποδειχθεί από την ίδια τη φύση. Η συσκευή bioWAVE™ αντί να αντιστέκεται στις δυνάμεις του ωκεανού, κινείται μαζί με αυτές μετατρέποντας ενέργεια συνεχώς, χωρίς να χρειάζεται κάποια βαριά και ακριβή μηχανική κατασκευή.



Εικόνα Β) II.5.3)1 : Τα βασικά τμήματα του bioWAVE™ και οι θέσεις λειτουργίας

Τεχνολογία

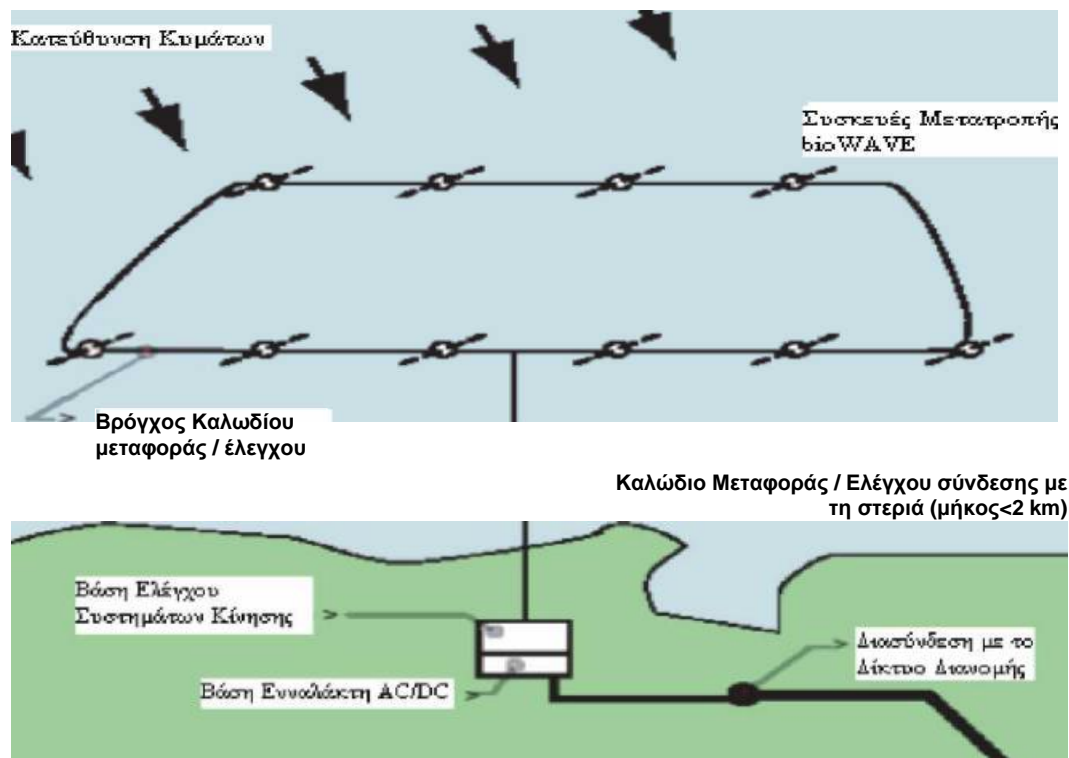
Η υδροδυναμική αλληλεπίδραση των πτερυγίων με το πεδίο ροής της κυματικής ταλάντωσης έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να απορροφά τη μέγιστη ενέργεια. Αυτό το σύστημα έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους μετατροπείς της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Για παράδειγμα, το bioWAVE™ είναι το μόνο σύστημα κυματικής ενέργειας που συλλαμβάνει ένα μεγάλο ποσοστό της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας, χωρίς να χρησιμοποιεί μια μεγάλη άκαμπτη κατασκευή. Είναι επίσης η μόνη συσκευή τέτοιου είδους που απορροφά τη κυματική ενέργεια σε ένα μεγάλο εύρος, από τη βάση της στον πυθμένα ως και την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ συνεχώς προσανατολίζεται αυτόματα προς την κατεύθυνση των κυμάτων.

Το σύστημα bioWAVE™ μετατρέπει την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων σε μηχανική ενέργεια μέσω της ταλάντωσης γύρω από έναν άξονα. Για τη μετατροπή αυτών των ταλαντώσεων χαμηλής ταχύτητας και μεγάλης ροπής σε ισχύ AC, αναπτύχθηκε μια ειδική ηλεκτρική γεννήτρια που ονομάζεται O-DRIVE™. Αυτή είναι αρθρωτή και μπορεί εύκολα να αποσυνδεθεί και να επανασυνδεθεί σε περίπτωση που χρειάζεται σέρβις. Η γεννήτρια O-DRIVE™ συνδυάζει ένα απλό παλινδρομικό μηχανισμό με μια σύγχρονη γεννήτρια μόνιμων μαγνητών και ένα τροχό υψηλής αδράνειας, με αποτέλεσμα την αδιάλειπτη παραγωγή εξομαλυσμένης AC ισχύος.

Σε ακραίες καιρικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένου και τυφώνων, το bioWAVE™ δέχεται εντολή αυτόματα να σταματήσει τη λειτουργία του και να οριζοντιωθεί σε μια ασφαλή θέση παράλληλα με τον πυθμένα της θάλασσας. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη λειτουργία της γεννήτριας O-DRIVE™ και έτσι αποκλείει την επικίνδυνη έκθεση σε ακραίες δυνάμεις. Η βάση πάνω στην οποία ασφαρίζεται ο μετατροπέας bioWAVE™ στον πυθμένα της θάλασσας ονομάζεται bioBASE™.

Διάφορα συστήματα bioWAVE™ βρίσκονται υπό ανάπτυξη, με απόδοση 500kW, 1000kW και 2000kW, για να ταιριάζουν στις κυματικές συνθήκες των διαφόρων τοποθεσιών εγκατάστασης.

Μια τυπική εγκατάσταση πολλών μονάδων bioWAVE™ θα αποτελείται από μία ή περισσότερες βρογχοειδή παρατάξεις με μέχρι και δέκα συσκευές η κάθε μία. Η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της κάθε παρατάξης θα μεταφέρεται στην ακτή μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου. Τα συστήματα ελέγχου και οδήγησης των συσκευών θα βρίσκονται στην ακτή και θα συνδέονται με τις συσκευές της παρατάξης μέσω ενός καλωδίου ισχύος. Μπορούν να εγκατασταθούν πολλές βρογχοειδή παρατάξεις συσκευών bioWAVE™ με συνολική εγκατεστημένη ισχύ έως και 200MW, είτε για την τροφοδοσία του φορτίου βάσης ή για αντικατάσταση της συμβατικής ενέργειας.



Εικόνα Β)ΙΙ.5.3)2: Μια τυπική εγκατάσταση δέκα μετατροπών bioWAVE™ σε βρογχοειδή παράταξη.

Βασικά Πλεονεκτήματα

Η συσκευή bioWAVE™ παρουσιάζει τα παρακάτω βασικά πλεονεκτήματα :

1. Οικονομικά Αποδοτική:

- λίγα κινούμενα τμήματα,
- χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης,
- αυτόνομη λειτουργία χωρίς απαιτήσεις πληρώματος,
- χαμηλές απαιτήσεις ασφάλισης και σέρβις,
- απλή εγκατάσταση δύο μόνο τμημάτων χωρίς απαιτήσεις ειδικού εξοπλισμού ή σκάφους,
- η συσκευή παραλληλίζεται με τον βυθό της θάλασσας σε περίπτωση ακραίων καιρικών συνθηκών, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται να σχεδιαστεί για αντοχή σε μεγάλα φορτία.

2. Φιλική ως προς το Περιβάλλον:

- οπτικά αόρατη,
- μικρός καταλαμβάνόμενος χώρος και ελάχιστη ταραχή στον πυθμένα της θάλασσας,
- αργές «φυσικές» κινήσεις, αθόρυβη και ασφαλής λειτουργία ως προς τη θαλάσσια ζωή,
- καμιά σημαντική τροποποίηση των φυσικών ρευμάτων, της αλμυρότητας ή της θολότητας της θάλασσας,
- μηδενική διανομή ρυπογόνων ή ξένων ουσιών στο περιβάλλον.

3. Υψηλή Απόδοση:

- συνεχής προσανατολισμός για την ευθυγράμμιση της με την διεύθυνση της διάδοσης των κυμάτων,
- μεγάλο εύρος ταλάντωσης των πτερυγίων για τη μεγιστοποίηση της σύλληψης ενέργειας (μέχρι και 2MW ανά μονάδα),
- απευθείας μετατροπή ισχύος,
- υδροδυναμικά βελτιστοποιημένο,
- φυσικά προσαρμοσμένο για επιβίωση.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Από τον Ιανουάριο έως και τον Απρίλιο του 2007 αναπτύχθηκαν και δοκιμάστηκαν κάποια πρωτότυπα μοντέλα bioWAVE™ μικρής κλίμακας, ενώ τον Ιανουάριο του 2008 η CVC REEF Limited επένδυσε 680.000€ για την ανάπτυξη σχεδιασμού για πρωτότυπα μοντέλα bioWAVE™ πλήρους κλίμακας. Η δοκιμή τους αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 2008, ενώ οι πρώτες εμπορικές μονάδες bioWAVE™ αναμένεται να βγούν στην αγορά μέχρι το τέλος του 2010.

B)III) ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

B) III.1) Τεχνολογίες Παλλόμενης/Ταλαντούμενης Στήλης Ύδατος

B) III.1.1) MAWEC

Η εταιρία LEANCON Wave Energy ανέπτυξε έναν Πολλαπλά Απορροφητικό Μετατροπέα Ενέργειας Κυμάτων (Multi Absorbing Wave Energy Converter) που διαφοροποιείται από άλλους μετατροπείς, καθώς χρησιμοποιεί απορροφητικές δυνάμεις για να συγκρατηθεί στη θέση του. Για αυτό το λόγο μπορεί να κατασκευαστεί από ελαφριά υλικά με χαμηλό κόστος. Το MAWEC είναι ένας μετατροπέας ανοιχτής θαλάσσης που κατά προτίμηση χρησιμοποιεί έναν ειδικά σχεδιασμένο στρόβιλο μετατόπισης ως PTO (Power Take-Off), αλλά και ένας παραδοσιακός αεροστρόβιλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί.



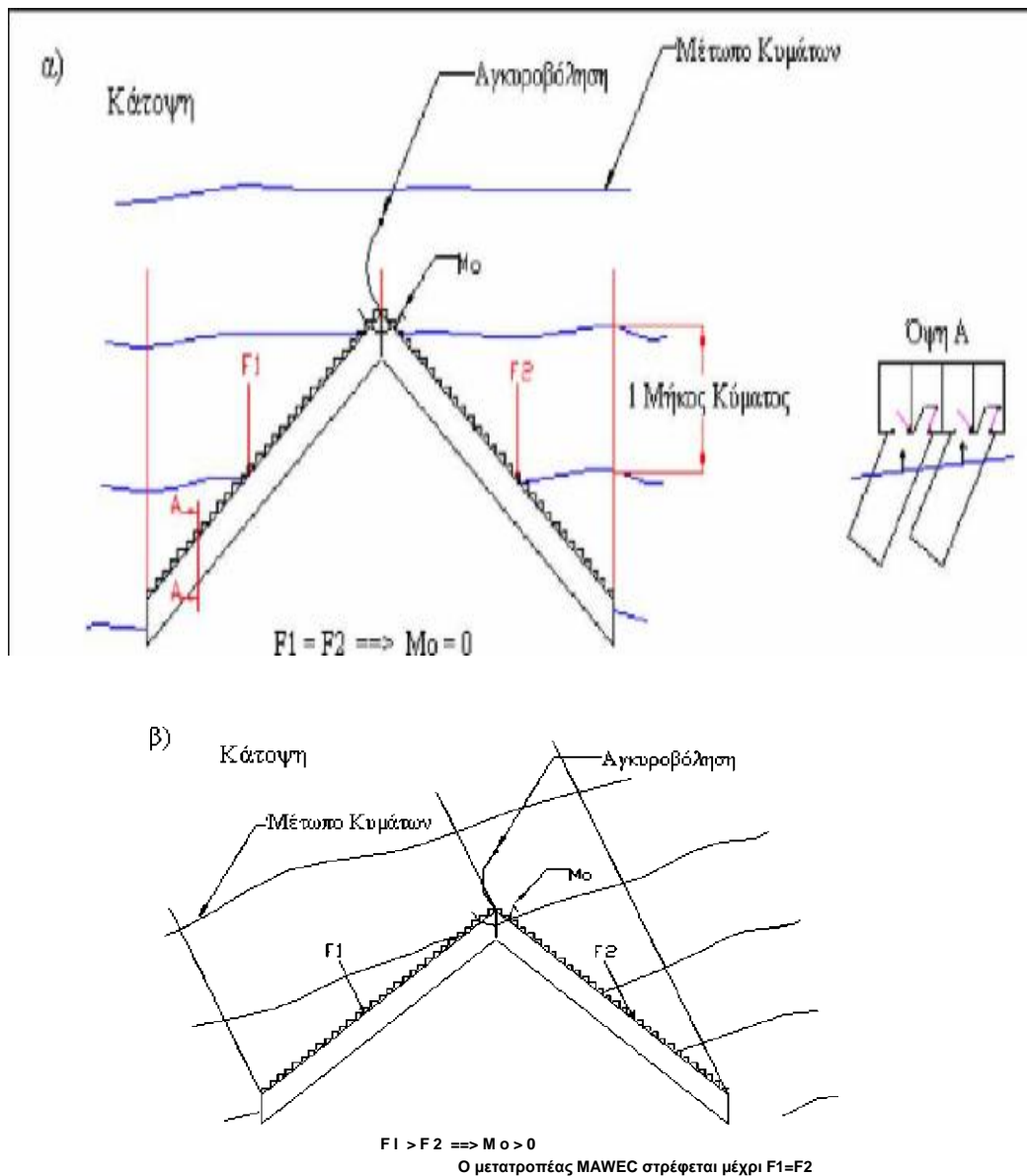
Εικόνα Β)III.1.1)1 : Δοκιμή του πειραματικού μοντέλου MAWEC κλίμακας 1:40 σε πραγματικές θαλάσσιες συνθήκες.

Τεχνολογία

Η βασική αρχή λειτουργίας του MAWEC σχετίζεται με την ταυτόχρονη χρήση πίεσης και απορρόφησης που έχει ως επιθυμητό αποτέλεσμα η κάθετη δύναμη στο μετατροπέα να είναι μηδενική όταν ο μετατροπέας εκτείνεται πάνω από περισσότερα από ένα μήκος κύματος. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, είναι οι δυνάμεις απορρόφησης (F_{down}) που αποτρέπουν το MAWEC από το να ανυψωθεί στη κορυφή των κυμάτων. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορεί να φτιαχτεί με πολύ χαμηλό βάρος που μειώνει το κόστος παραγωγής. Σύμφωνα με το σχήμα, ένας μακρύς βραχίονας έχει 2 σειρές από 30 σωλήνες και εκτείνεται για πάνω από 2 μήκη

θαλάσσιου κύματος. Σε αυτή την ιδανική κατάσταση θα υπάρχουν πάντα συνολικά 2 x 15 σωλήνες που θα πιέζουν αέρα στο κανάλι πίεσης και 2 x 15 σωλήνες που θα απορροφούν αέρα έξω από το κανάλι πίεσης. Κατά τη διάρκεια μιας κυματικής περιόδου, κάθε ένας των 60 σωλήνων θα υπόκειται σε μια συνεχή διαδοχή των δύο καταστάσεων, δηλαδή αρχικά θα πρεσάρει αέρα στο κανάλι πίεσης όταν το κύμα θα ανυψώνεται και έπειτα θα απορροφάει αέρα όταν το κύμα θα κατεβαίνει. Συνεπώς λόγω αυτής της κατάστασης θα υπάρχει συνεχώς μία πίεση στα κανάλια και η ροή μέσα από τους στροβίλους θα είναι επίσης συνεχής .

Στη πράξη το MAWEC κατασκευάζεται με δύο βραχίονες με τον καθένα να βρίσκεται υπό γωνία 40 μοιρών ως προς το μέτωπο των κυμάτων. Παρατηρώντας το από πάνω μοιάζει με ένα επίπεδο V με τη μύτη του έναντι του μετώπου των κυμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με αγκυροβόληση του MAWEC από τη μύτη ώστε να ρυθμίζεται αυτόματα προς τη κατεύθυνση του κυματικού μετώπου, ενώ με τον ίδιο τρόπο επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός του ώστε να εκτείνεται πάνω από περισσότερα από ένα μήκος θαλάσσιου κύματος.



Εικόνα Β)III.1.1)3 : α) Αγκυροβόληση του μετατροπέα MAWEC προς το μέτωπο των θαλάσσιων κυμάτων, β) αυτόματη επαναφορά του μετατροπέα MAWEC στη βέλτιστη θέση ως προς τη κατεύθυνση των θαλάσσιων κύματων.

Κυρίως για λόγους οικονομίας, το MAWEC είναι σχεδιασμένο ώστε να επιπλέει. Αυτό επίσης του προσδίδει και κάποια πλεονεκτήματα σε ασυνήθιστες κυματικές συνθήκες, σχετικά με τη συμπίεση και τη ροή του αέρα, όταν παρατηρείται μία δυσαναλογία ως προς τη ροή αέρα εντός του μετατροπέα κατά την ανύψωση των κυμάτων και του αέρα που απορροφάται εκτός κατά τη κάθοδο των κυμάτων.

Όσον αφορά το σύστημα PTO (Power Take-Off) του MAWEC, για τους συνολικά 120 σωλήνες το MAWEC έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιεί 8 στρόβιλους και 8 γεννήτριες. Η απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ένα συνηθισμένο αεροστρόβιλο δεν έχει καθοριστεί ακόμα αλλά μια ρεαλιστική εκτίμηση είναι της τάξης του 90%. Με την αποκατάσταση του αέρα σε ένα σωλήνα, η ροή του ασκεί πίεση στην είσοδο του στρόβιλου και απορρόφηση στην έξοδο, το

οποίο αυξάνει την απόδοση του. Στη συγκεκριμένη κατασκευή μπορούμε να έχουμε μεγάλες τρύπες πάνω από κάθε σωλήνα, καλυμμένες με μία ελαφριά βαλβίδα που θα ανοιγοκλείνει κατευθύνοντας τον αέρα στην επιθυμητή κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η απώλεια και οι αυξομειώσεις της πίεσης.

Το προτιμώμενο υλικό κατασκευής για το MAWEC είναι πολυεστέρας ενισχυμένος με φίμπεργκλας. Πρόκειται για γνωστή τεχνολογία που χρησιμοποιείται με επιτυχία στη μαζική παραγωγή προπελών για αεροστρόβιλους. Οι απαιτήσεις υλικού κατασκευής για το MAWEC θα είναι στην πραγματικότητα μικρότερες σε περιεκτικότητα από αυτές για τις προπέλες των αεροστρόβιλων. Το MAWEC μπορεί να κατασκευαστεί κατά μεγάλα τμήματα στη στεριά, να συναρμολογηθεί στη θάλασσα κοντά στη στεριά και έπειτα να ρυμουλκηθεί στην προεπιλεγμένη τοποθεσία εγκατάστασης.

Οι βαλβίδες πίεσης είναι σχεδιασμένες ώστε να κατασκευαστούν ως μεγάλες τρύπες πάνω από τους σωλήνες. Η κάθε τρύπα ξεχωριστά θα κλείνει με ένα ελαφρύ κάλυμμα από φίμπεργκλας που θα στερεωθεί με δύο συνδέσμους. Αυτή η βαλβίδα είναι πολύ απλή, δίνει πολύ μικρές απώλειες πίεσης και στοιχίζει ελάχιστα. Η βαλβίδα απορρόφησης θα κατασκευάζεται με παρόμοιο τρόπο με αυτόν που κατασκευάστηκε για το μοντέλο κλίμακας 1: 40, δηλαδή οι μόνες δυνάμεις που θα ασκούνται στο κάλυμμα της βαλβίδας απορρόφησης θα είναι η πίεση του αέρα και η βαρύτητα.

Το MAWEC είναι μια πολύ απλή μηχανή. Εκτός από τις γεννήτριες και τους στροβίλους, τα μοναδικά κινούμενα τμήματα του είναι οι βαλβίδες. Λειτουργεί υπό χαμηλή πίεση και μεγάλο όγκο ροής ώστε να μην είναι ευαίσθητο σε διαρροή που μπορεί να προκύψει. Είναι πολύ ελαφριά μηχανή, για παράδειγμα ένα MAWEC θα ζυγίζει λιγότερο από το 10% του βάρους ενός Wave Dragon, αν τα συγκρίνουμε για ίσο μέγεθος εγκατεστημένων MW.

Ο σχεδιασμός του είναι ιδανικός για μια στιβαρή κατασκευή, ενώ η τοποθέτηση των σωλήνων εξυπηρετεί την βελτίωση της αεροδυναμικής ώστε τα μεγάλα κύματα να διαπερνάνε τον μετατροπέα χωρίς αρνητικές συνέπειες.

Πειραματική Κατασκευή MAWEC Κλίμακας 1: 40

Το πειραματικό μοντέλο που κατασκευάστηκε (Εικόνα 4) έχει πλάτος 6 μέτρα και αποτελείται από δύο τμήματα μήκους 4,2 μέτρων το καθένα. Αποτελείται από 2 σειρές των 5 σωλήνων η κάθε μία. Τον Σεπτέμβριο του 2005 πραγματοποιήθηκε μία δοκιμή λειτουργίας του μοντέλου αυτού κλίμακας 1: 40 στην 5 μέτρων δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων στο ΑΑΰ. Το MAWEC δοκιμάστηκε και σταθεροποιημένο στον πυθμένα της δεξαμενής και ελεύθερο να επιπλέει. Μετρήθηκε μέση απόδοση περίπου 0,22 σε φυσιολογικές συνθήκες και 0,16 σε μη-φυσιολογικές, με αρκετό περιθώριο σφάλματος βέβαια. Το πλωτό MAWEC ήταν ιδιαίτερα σταθερό αφού σε κύματα 6 εκατοστών και περιόδου 0,9 δευτερολέπτων ενέργειας 1.49 W/50cm, η ταλάντωση του ήταν στα περισσότερα σημεία του λιγότερη από 1 εκατοστό. Το γωνιακό φορτίο στη μύτη του MAWEC ήταν μεταξύ 10 και 20 Newton, τιμή που είναι χαμηλή.

Με βάση τις μετρήσεις υπολογίστηκε ότι ενώ το MAWEC απορροφά το 75% της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, καθώς το ύψος τους μειώνεται από 6 σε 3 εκατοστά, παίρνουμε μόνο 29% μέση μηχανική έξοδο. Αυτές οι απώλειες θεωρείται ότι αφορούν το σύστημα και εκτιμάται ότι μπορούν να εξαιρεθούν και να

μετατραπούν σε ωφέλιμη ενέργεια. Μια αισιόδοξη εκτίμηση είναι ότι με περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση η απόδοση θα αυξηθεί από 29% σε περισσότερο από 40%.



Εικόνα Β)Π.1.14 : Δοκιμή του πειραματικού μοντέλου MAWEC κλίμακας 1:40 σε δεξαμενή τεχνητών κυμάτων.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Υψηλή Απόδοση
2. Μικρό Βάρος
3. Απλή Κατασκευή & Λειτουργία
4. Χαμηλό Κόστος Παραγωγής (0.06 Ευρώ / kWh)
5. Χαμηλός Αντίκτυπος των Κυμάτων στον Μετατροπέα
6. Ανθεκτικότητα Μεγάλης Διάρκειας

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Το επόμενο τεχνικό βήμα που ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 2007 είναι μια δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες θαλάσσιων κυμάτων. Το ιδανικό μέρος όσον αφορά τις κυματικές συνθήκες που ταιριάζουν καλύτερα στο μοντέλο κλίμακας 1 : 40 έχει ήδη επιλεγεί.

Επίσης έχει σχεδιαστεί ένας ειδικός στρόβιλος για το MAWEC και είναι υπό κατασκευή. Αυτός ο στρόβιλος κατασκευάζεται και σε κλίμακα 1 : 40 ώστε να ταιριάζει στο υπάρχον μοντέλο MAWEC. Στη δομική στις πραγματικές συνθήκες η απόδοση του MAWEC θα μετρηθεί σε σύγκριση με την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων, με την περιστροφική ενέργεια από τον ειδικό στρόβιλο.

Γενικά το πρόγραμμα MAWEC έχει φτάσει σε επίπεδο που χρειάζεται η συνεργασία με άλλους φορείς όπως πανεπιστήμια, εταιρίες και επενδυτές ώστε να επιταχυνθεί η περαιτέρω ανάπτυξη (εκκρεμεί η ολοκλήρωση της κατοχύρωσης με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας). Δεν είναι απίθανο σε 5 με 10 χρόνια το MAWEC να είναι σε θέση να ανταγωνιστεί την αιολική ενέργεια ανοιχτής θαλάσσης.

B) III.1.2) Oceanlinx

Η συσκευή Oceanlinx της αυστραλιανής εταιρίας Oceanlinx Limited, έχει σχεδιαστεί για να αποσπά την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και να την μετατρέπει είτε σε ηλεκτρισμό ή να χρησιμοποιεί αυτή την ενέργεια για να παράγει αφαλατωμένο γλυκό νερό από το θαλασσινό.



Εικόνα Β)III.1.2)1 : Η πρωτότυπη μονάδα Oceanlinx των 450kW στο Port Kembla της Αυστραλίας.

Τεχνολογία

Τα ωκεάνια κύματα περιέχουν τεράστια ποσά ενέργειας. Καθώς αυτή η ενέργεια περνάει από τη συσκευή Oceanlinx, το νερό μέσα στο OWC (ένας θάλαμος που είναι ανοιχτός κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας) ανεβοκατεβαίνει συμπιέζοντας και μετατοπίζοντας τον αέρα μέσα στο θάλαμο, οδηγώντας τον μέσα από ένα στρόβιλο που στεγάζεται στο στενότερο και ψηλότερο σημείο του θαλάμου.

Επειδή ο θάλαμος OWC στενεύει (έχει κωνοειδές σχήμα), ο αέρας επιταχύνεται στη μέγιστη ταχύτητα του καθώς διέρχεται μέσα από τον στρόβιλο, επιτρέποντας τη μέγιστη απόσπασση της ενέργειας από τη θάλασσα. Η κίνηση ταλάντωσης του κύματος προκαλεί μια παρόμοια ταλάντωση στη ροή του αέρα μέσα από τον θάλαμο και ο στρόβιλος μετατρέπει ενέργεια και στις δύο κινήσεις (πάνω και κάτω). Ο καινοτόμος στρόβιλος, που περιγράφεται αργότερα, μετατρέπει την ενέργεια της ροής του αέρα σε μηχανική ενέργεια που κινεί μια ηλεκτρική γεννήτρια. Ο θάλαμος και ο στρόβιλος αποτελούν τη «καρδιά» του μετατροπέα Oceanlinx.

Ένα μέσο σπίτι καταναλώνει καθημερινά 20kWh ηλεκτρισμό και 350 λίτρα νερό. Έτσι κατ' αντιστοιχία μία μονάδα Oceanlinx αναμένεται να παράγει αρκετή ισχύ για 1.500 σπίτια ή αρκετό νερό για 9.000 σπίτια.

Το βασικότερο τμήμα του Oceanlinx είναι ο στρόβιλος Denniss-Auld. Οι περισσότεροι στρόβιλοι είναι σχεδιασμένοι για να λειτουργούν με αέριο ή υγρό να ρέει προς μία κατεύθυνση, με σταθερή ταχύτητα και με τα πτερύγια τους να εκμεταλλεύονται τη βέλτιστη «γωνία επίθεσης». Ωστόσο, όταν η ροή δεν είναι πάντα

από την ίδια κατεύθυνση ή δεν έχει σταθερή ταχύτητα, οι παραδοσιακοί στρόβιλοι αποδεικνύονται αναποτελεσματικοί. Προηγούμενες προσπάθειες εξάλειψης αυτής της δυσκολίας οδηγούσαν συνήθως σε στρόβιλους με διάφορους βαθμούς απόδοσης. Ωστόσο ο στρόβιλος Denniss-Auld του Oceanlinx χρησιμοποιεί μια διαφορετική μέθοδο. Αυτή στηρίζεται σε πτερύγια μεταβλητής κλίσης που, με την πιο αργή περιστροφική κίνηση και τη μεγαλύτερη ροπή του στρόβιλου, βελτιώνουν την απόδοση και την αξιοπιστία, ενώ μειώνουν τις απαιτήσεις συντήρησης.

Ο στρόβιλος χρησιμοποιεί ένα σύστημα αισθητήρων με μετατροπέα πίεσης που μετράει τη πίεση που ασκείται στον ωκεάνιο βυθό από κάθε κύμα, καθώς αυτό πλησιάζει το θάλαμο σύλληψης ή καθώς μπαίνει στο θάλαμο. Ο μετατροπέας πίεσης στέλνει ένα παλμό τάσης ανάλογο της πίεσης που προσδιορίζει το ύψος, τη διάρκεια και το σχήμα του κάθε κύματος. Το σύστημα βαθμονομείται κατάλληλα ώστε να προλαμβάνονται θόρυβοι μικρής κλίμακας από το να το ενεργοποιήσουν. Ο παλμός στέλνεται σε ένα Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC) που ρυθμίζει διάφορες παραμέτρους σε πραγματικό χρόνο, όπως τη γωνία των πτερυγίων και την ταχύτητα του στρόβιλου. Αυτά βαθμονομούνται σε αλγόριθμο που βασίζεται στις συγκεκριμένες συνθήκες και περιεχόμενο ενέργειας της τοποθεσίας εγκατάστασης, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Η ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη με τον στρόβιλο, έχει σχεδιαστεί ώστε να ελέγχονται ηλεκτρονικά τα χαρακτηριστικά της ταχύτητας και ροπής του φορτίου της γεννήτριας σε πραγματικό χρόνο για τη μεγιστοποίηση της μεταφοράς ενέργειας. Μια επαγωγική μηχανή θα χρησιμοποιηθεί ως γεννήτρια και θα συνδέεται με το παρεχόμενο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός πλήρους αναπαραγωγικού συστήματος ηλεκτρονικού ελέγχου. Το σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο και το σύστημα ελέγχου στεγάζονται σε ένα στεγανό κτίσμα εξωτερικά του αεραγωγού. Η τάση της τριφασικής σύνδεσης σε εκείνο το σημείο είναι 415V L-L στα 50Hz. Η ηλεκτρική διασύνδεση μεταξύ της γεννήτριας και των κεντρικών αγωγών περιλαμβάνει δύο αμφίδρομους τριφασικούς εναλλάκτες DC/AC, που ο καθένας λειτουργεί με μικροεπεξεργαστή ανεξάρτητου έλεγχου. Οι εναλλάκτες είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους στις DC πλευρές τους. Ο εναλλάκτης από τη μεριά της γεννήτριας μετράει την ταχύτητα της γεννήτριας και παρέχει τον κατάλληλο έλεγχο της τάσης και της συχνότητας ώστε η γεννήτρια να λειτουργεί σύμφωνα με τον βελτιστοποιημένο αλγόριθμο.

Η γεννήτρια μπορεί να έχει ομαλή ηλεκτρική εκκίνηση με σταδιακή ανύψωση της ισχύος σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Το σύστημα ελέγχου ενσωματώνει προηγμένους αλγόριθμους ώστε ο στρόβιλος να λειτουργεί στη βέλτιστη ταχύτητα τη χρονική στιγμή που θα ξεκινήσει η ροή του αέρα. Ένας εύκαμπτος μικροεπεξεργαστής επιτρέπει τη δοκιμή διαφόρων αλγορίθμων στη σειρά για να ελέγξει τα αποτελέσματα, ενώ ακόμα επιτρέπει την εύκολη επαναφορά στον αρχικό αλγόριθμο.

Ο εναλλάκτης ανιχνεύει αυτόματα την τάση των κεντρικών αγωγών και τους μηδενισμούς της κυματομορφής, με το κατάλληλο φιλτράρισμα. Με τη κατάλληλη διαμόρφωση της φάσης και του εύρους του παλμού, η ισχύς μεταφέρεται προς κάθε κατεύθυνση περιέχοντας αρμονικές και αυξομειώσεις της. Η δυναμική προσομοίωση της αδράνειας με τη χρήση τεράστιων πυκνωτών, που αναπτύχθηκε πρόσφατα από την αυστραλιανή CSIRO, χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων του ρεύματος των κεντρικών αγωγών ενώ επιτρέπει στον στρόβιλο να φορτίζεται ως το βέλτιστο σημείο λειτουργίας.



Εικόνα Β)III.1.2)2 : Η συσκευή Oceanlinx σε λειτουργία και ένα κοντινό πλάνο της απόληξης του κωνοειδούς θαλάμου αέρα της που καταλήγει στον στρόβιλο Denniss-Auld της συσκευής Oceanlinx.

Μία μόνο μονάδα ισχύος Oceanlinx μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια από 100kW έως και 1,5MW, ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του τοπικού πληθυσμού. Η χωρητικότητα της κάθε μονάδας μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να εξυπηρετεί τις ανεξάρτητες ανάγκες της κοινότητας ή το δίκτυο διανομής.

Όταν είναι αναγκαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περισσότερης από 1,5MW, είναι δυνατή η εγκατάσταση πολλαπλών μονάδων στην ίδια τοποθεσία, συνδεδεμένων στην ακτή μέσω ενός ηλεκτρικού υποθαλάσσιου καλωδίου. Δεν υπάρχει θεωρητικός περιορισμός στον αριθμό των μονάδων που μπορούν να εγκατασταθούν σε μία τοποθεσία. Οι μονάδες μπορούν να χωριστούν κατά διαστήματα σε κοντινή μεταξύ τους απόσταση για τη μείωση της πρόσκρουσης των κυμάτων στην ακτή (κυματοθραυστική λειτουργία) ή σε μεγαλύτερη μεταξύ τους απόσταση ώστε να μην επηρεάζουν την παλιρροιακή ζώνη.

Η Oceanlinx συμβουλεύεται στενά με τοπικούς συμμετόχους για να εξασφαλίσει ότι η ποσότητα και ποιότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα, ταιριάζει με τις ανάγκες και προσδοκίες των τελικών καταναλωτών. Επιπροσθέτως, η ευελιξία της καινοτόμας ηλεκτρικής γεννήτριας και του συστήματος ελέγχου με μικροεπεξεργαστή, επιτρέπουν στη συσκευή να ενεργεί ως κάποιου είδους απομονωτή έναντι ανεπιθύμητων αιχμών σε δίκτυα μικρής κλίμακας. Αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερο βαθμό σταθερότητας του δικτύου σε απομακρυσμένες κοινότητες.

Όσον αφορά την αφαλάτωση του νερού, μια τυπική μονάδα Oceanlinx μπορεί να παρέχει πάνω από 3 εκατομμύρια λίτρα γλυκού νερού την ημέρα. Μικρότερες μονάδες είναι επίσης διαθέσιμες, ενώ μεγαλύτερη χωρητικότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω πολλαπλών μονάδων. Η παραγωγή νερού πόσιμης ποιότητας επιτυγχάνεται χωρίς να καταλαμβάνεται έκταση, χωρίς έξοδα καυσίμου, χωρίς εκπομπές ρύπων και με ασήμαντα ζητήματα διάθεσης της άλμης. Το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού οποιασδήποτε ποσότητας, είναι γενικά χαμηλότερο από τις συμβατικές μεθόδους, με εύκολη συντήρηση και διαθεσιμότητα των τμημάτων αντικατάστασης.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Ο Στρόβιλος Denniss-Auld à Αναπτύχθηκε από την Oceanlinx και είναι σημαντικά αποδοτικότερος στη μετατροπή της ενέργειας της ροής του αέρα σε ηλεκτρισμό, ενώ υπερνικά τα ενδημικά προβλήματα του στροβίλου που σχετίζονται με την αμφίδρομη ροή αέρα των συστημάτων μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων. Το πρωτοποριακό χαρακτηριστικό αυτού του στροβίλου είναι το σύστημα ελέγχου της κλίσης του πτερυγίου, που του επιτρέπει να περιστρέφεται προς την ίδια κατεύθυνση ανεξάρτητα από τη κατεύθυνση της ροής του αέρα.
2. Η Απλότητα à Η μονάδα Oceanlinx έχει ένα μόνο κινούμενο τμήμα τοποθετημένο πάνω από την επιφάνεια του νερού. Όλος ο τεχνολογικός εξοπλισμός στεγάζεται έξω από το νερό, βελτιώνοντας έτσι την αξιοπιστία και παρέχοντας εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και επισκευή. Ο στρόβιλος Denniss-Auld μιας μονάδας Oceanlinx μπορεί να αντικατασταθεί πλήρως μέσα σε μόνο 5 ώρες, επιτόπου στην τοποθεσία εγκατάστασης.
3. Διαθεσιμότητα à Η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή αφαλάτωσης θαλασσινού νερού από μόνη της είναι απλή και οικονομικά αποδοτική, με τη πλειοψηφία των ηλεκτρικών και μηχανικών τμημάτων να είναι έτοιμα διαθέσιμα.
4. Αποδεδειγμένη Τεχνολογία Παραγωγής Ενέργειας à Επειδή τα συστήματα μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων βρίσκονται υπό συνεχή ανάπτυξη για πάνω από 40 χρόνια, υπάρχει σημαντική εμπειρία προϋπηρεσίας γενικά.
5. Κόστος Παραγωγής à Εκτιμάται ότι θα έχει το χαμηλότερο κόστος παραγωγής ανά μονάδα σε σχέση με ανταγωνιστικές τεχνολογίες της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων (πηγή — Electric Power Research Institute).
6. Πληθώρα Παραγώμενων Προϊόντων à Οι μονάδες είναι ικανές να παράγουν και εμπορεύσιμα υποπροϊόντα της διαδικασίας της αφαλάτωσης, όπως άλμη και υδρογόνο.
7. Περιβαλλοντικά Πλεονεκτήματα à Το Oceanlinx παράγει μηδενικές εκπομπές CO₂ και SO₂, ενώ η παραγωγή θορύβου είναι κάτω από 75db.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Γενικά η Oceanlinx Limited είναι μάλλον η εταιρία ενέργειας κυμάτων που έχει λάβει τη μεγαλύτερη οικονομική ενίσχυση από διάφορους επενδυτές και οργανισμούς σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη, σύμφωνα με ανακοινώσεις της για έργα σε διάφορα μέρη του κόσμου που έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον.

B)III.1.3) Sperboy™

Το Sperboy™ αναπτύχθηκε και κατοχυρώθηκε από την Embley Energy. Πρόκειται για έναν πλωτό μετατροπέα κυματικής ενέργειας που βασίζεται στην αρχή της ταλαντώμενης στήλης ύδατος. Ο αέρας που μετατοπίζεται από την ταλάντωση της στήλης του νερού διέρχεται από στρόβιλο-γεννήτριες . Είναι σχεδιασμένο για τοποθέτηση σε μεγάλες σειρές σε απόσταση 13 με 19 χιλιόμετρα από την ακτή και

για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα και με ανταγωνιστικό κόστος.

Λόγω των ελάχιστων κινούμενων τμημάτων του που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, οι απαιτήσεις συντήρησης ελαχιστοποιούνται και η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με ανταγωνιστικά υψηλό βαθμό απόδοσης. Οι τρέχουσες έρευνες και μελέτες της εταιρίας στοχεύουν στην αύξηση της διάρκειας ζωής του πλωτού Sperbooy™ σε περίπου 50 χρόνια και περιλαμβάνουν και διάφορες καινοτόμες ιδέες για την αύξηση του επιπέδου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς η συσκευή παρουσιάζει πολύ καλές προοπτικές για περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής.

Η απουσία μεγάλων ποσοτήτων από ρυπογόνα προϊόντα όπως πετρέλαια και λιπαντικά σε συνδυασμό με τον ελάχιστο αντίκτυπο που έχει το Sperbooy στα οικοσυστήματα του βυθού της θάλασσας, το καθιστούν φιλικό προς το περιβάλλον.

Το Sperbooy™ ολοκλήρωσε το Marine Energy Challenge, όπου διάφοροι ανεξάρτητοι σύμβουλοι εξέτασαν την απόδοση του ως προς τη ικανότητα σύλληψης της κυματικής ενέργειας. Επίσης πραγματοποίησαν μια λεπτομερή μελέτη για τις κύριες δαπάνες και τις δαπάνες συντήρησης και κατέληξαν στην πρόβλεψη τους για το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η συσκευή είναι τώρα έτοιμη να εκμεταλλευτεί τα πολύ θετικά και ενθαρρυντικά αποτελέσματα αυτής της «πρόκλησης» και το επόμενο στάδιο θα είναι η εγκατάσταση προτύπων Sperbooy™ πλήρους κλίμακας.



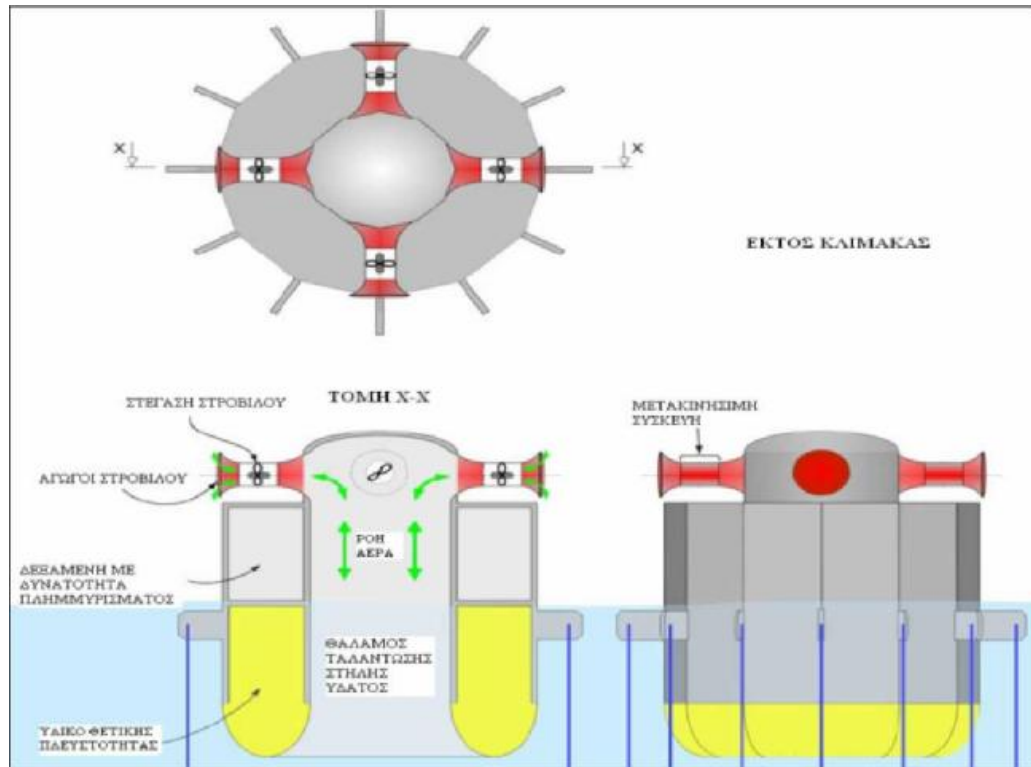
Εικόνα Β)III.1.3)1 : Ένα παλιότερο δοκιμαστικό μοντέλο Sperbooy™ σε λειτουργία στην ανοιχτή θάλασσα.

Τεχνολογία

Το Sperboy™ είναι μια πλωτή συσκευή ταλαντώμενης στήλης ύδατος (OWC) που αποτελείται από μία πλευστή κατασκευή με έναν κλειστό κυκλικό δακτύλιο κάτω από την επιφάνεια του νερού. Πάνω στη πλευστή κατασκευή βρίσκονται οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες και όλα τα σχετικά μηχανικά τμήματα του συστήματος. Η αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια με αυτή των σταθερών OWCs που είναι σχεδιασμένα για σταθερές εγκαταστάσεις στην ακτή. Οι διαφορές έγκειται στο ότι το Sperboy λειτουργεί σε βαθιά νερά τα οποία αποτελούν πηγή πολύ μεγαλύτερης ενέργειας και ότι ολόκληρη η συσκευή επιπλέει στη θάλασσα και αλληλεπιδρά με τα θαλάσσια κύματα με τον βέλτιστο υδροδυναμικό τρόπο, συλλαμβάνοντας υψηλό ποσοστό της ενέργειας τους με ελάχιστο κόστος.

Η διαδικασία εγκατάστασης του Sperboy αποτελείται από τα παρακάτω βήματα: εγκατάσταση των αγκύρων πρόσδεσης, τοποθέτηση των καλωδίων από την ακτή στη «φάρμα κυμάτων», τοποθέτηση των συσκευών, εγκατάσταση των διασυνδετικών καλωδίων και τέλος η εκκίνηση της παραγωγής ενέργειας. Η εγκατάσταση του Sperboy έχει πολύ λίγες απαιτήσεις όσον αφορά τη μόνιμη υποδομή. Ουσιαστικά η τοποθεσία εγκατάστασης θα καθορίσει την απαιτούμενη υποδομή. Το κύριο σώμα της συσκευής μπορεί να κατασκευαστεί σε τοποθεσία κοντά στη «φάρμα», να ρυμουλκηθεί εκεί και να συνδεθεί με τη βοήθεια κατάλληλων σκαφών. Όλες οι τρέχουσες εργασίες επικεντρώνονται στην εγκατάσταση μιας «φάρμας» 10 συσκευών Sperboy™ σε σειρά. Ωστόσο αυτό δεν αποτελεί τη βέλτιστη εμπορική και λειτουργική επιλογή. Η έκταση που απαιτείται είναι περίπου 350 μέτρα, ανάλογα με το βάθος των νερών. Αντίστοιχα μια φάρμα πλήρους μεγέθους με 1000 συσκευές θα απαιτούσε 10 με 15 τετραγωνικά χιλιόμετρα έκταση.

Η συντήρηση ρουτίνας θα πραγματοποιείται επί της συσκευής, ενώ για σημαντικές εργασίες θα χρειάζεται η αντικατάσταση και μεταφορά των συσκευών πίσω στην ακτή για αποκατάσταση. Ο απώτερος σχεδιαστικός στόχος είναι οι μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης. Για τη συντήρηση χρειάζεται κατάλληλο σκάφος υποστήριξης με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Τα σκάφη που είναι άμεσα διαθέσιμα έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν χωρίς να χρειάζονται κάποια διαμόρφωση/προσαρμογή. Η διαδικασία απόσυρσης των συσκευών από το περιβάλλον είναι απλά η αντίστροφη διαδικασία της εγκατάστασης τους.



Εικόνα Β)III.1.3)2 : Το σχηματικό διάγραμμα ενός παλαιότερου μετατροπέα Sperboy™ με τέσσερις αγωγούς με στροβίλους.

Οικονομική Ανάλυση

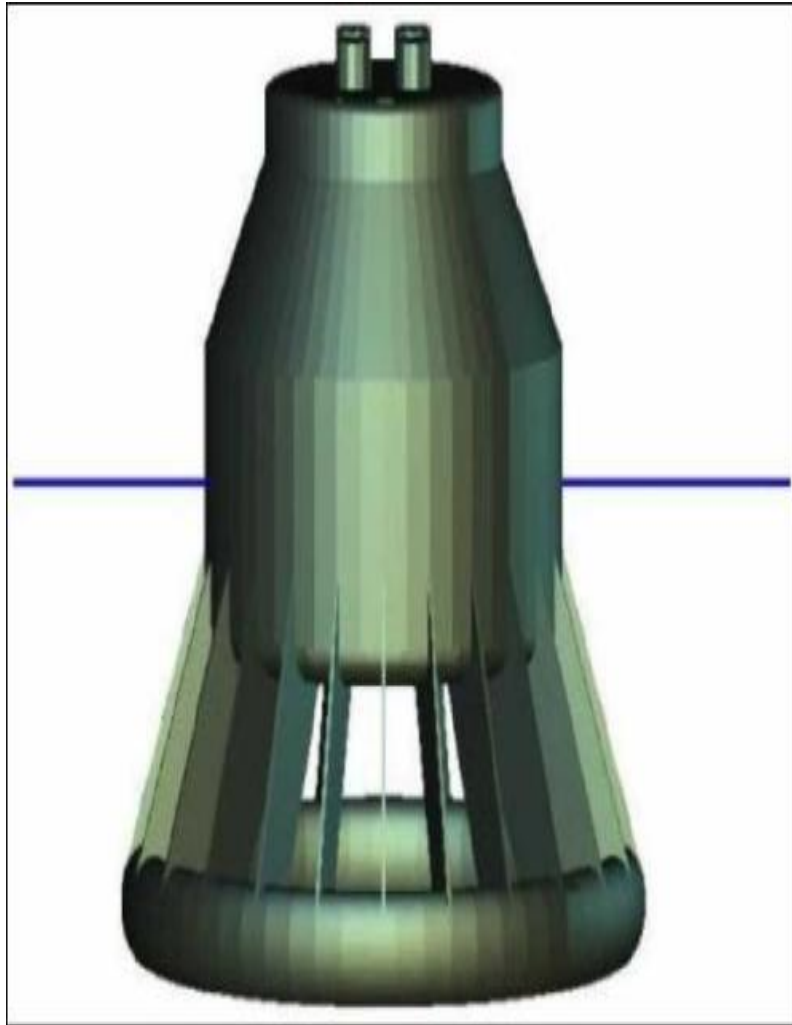
Σύμφωνα με πρόσφατες ερευνητικές μελέτες, το πιθανό κόστος παραγωγής για το Sperboy™ υπολογίζεται ότι θα είναι μεταξύ 67€ και 187€ ανά MWh. Η Carbon Trust's Marine Energy Challenge κατέληξε ότι οι συσκευές που αξιολογήθηκαν είχαν κόστος παραγωγής από 67€ ως 535€ ανά MWh. Συνεπώς το Sperboy™ αποτελεί μια απλή και οικονομικά ανταγωνιστική επιλογή που το κατατάσσει ανάμεσα στις κυρίαρχες, για εμπορική επικράτηση, τεχνολογίες μετατροπής της κυματικής ενέργειας.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Στο παρακάτω χρονοδιάγραμμα παρουσιάζονται τα βασικότερα γεγονότα στην ανάπτυξη και εφαρμογή της τεχνολογίας Sperboy™:

1. 1994-1998 à Επινοείται η συσκευή πολλών σωλήνων OWC, διεξάγονται δοκιμές μοντέλων μικρής κλίμακας και εξασφαλίζονται οι κατάλληλες πατέντες.
2. 1997-1998 à Εξασφαλίζεται χρηματοδότηση για έρευνα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο των εργασιών του Μη Πυρηνικού Ενεργειακού Προγράμματος JOULE III.
3. 1999-2001 à Η έρευνα διεξάγεται στο University of Plymouth, καταλήγοντας σε μία πειραματική συσκευή κλίμακας 1:5 εγκατεστημένης νότια του Plymouth Sound.

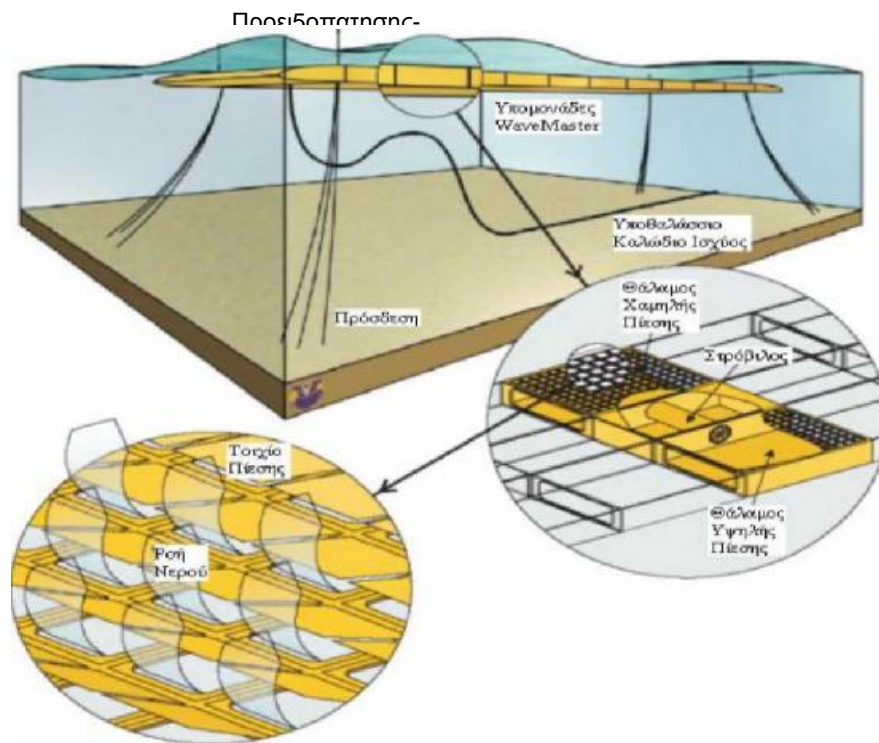
4. 2001-2003 à Πραγματοποιούνται εκτενείς μελέτες υπολογιστικής μοντελοποίησης.
5. 2003 à Η υπολογιστική μοντελοποίηση οδήγησε σε μία αλλαγή από την ιδέα των πολλαπλών σωλήνων σε ένα μόνο σωλήνα.
6. 2003-2005 à Το Sperboy συμμετέχει στο UK Carbon Trust's Marine Energy Challenge. Ανεξάρτητοι σύμβουλοι εξετάζουν την απόδοση του ως προς την ικανότητα σύλληψης της κυματικής ενέργειας και πραγματοποιούν λεπτομερείς μελέτες για το κόστος κεφαλαίου, το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης. Έτσι οδηγούνται στην πρόβλεψη τους για το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
7. 2005-2006 à Εξασφαλίζεται περαιτέρω υποστήριξη από τη Carbon Trust και τη nPower για τη διεξαγωγή μελέτης διάρκειας δύο ετών, σε συνεργασία με τη Trafalgar Marine, με τίτλο «Προηγμένος Σχεδιασμός Κατασκευής Σκυροδέματος του Μετατροπέα Κυματικής Ενέργειας Sperboy».
8. 2006 à Υπογράφεται Συμφωνητικό με τη Great Western Research για να υποστηρίξει ένα πρόγραμμα Ph.D στα University of Bath και University of Plymouth για περαιτέρω ανάπτυξη της «Ικανότητας Επιβίωσης σε Καταιγίδα και Στρατηγικές Συντονισμού Εφαρμόσιμες στο Μετατροπέα Κυματικής Ενέργειας Sperboy».
9. 2007 à Συνεργασία με τα University of Bristol και The West of England.
10. 2015 à Μέχρι τότε εκτιμάται να έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία Sperboy™ σε εμπορικής κλίμακας «φάρμες κυμάτων» με 750 περίπου συσκευές.



Εικόνα Β)III.1.3)3 : Το σχήμα του πιο καινούργιου σχεδιαστικά (2007) μετατροπέα Spherbooy™ με έναν μόνο κεντρικό αγωγό.

B) III.1.4) WaveMaster

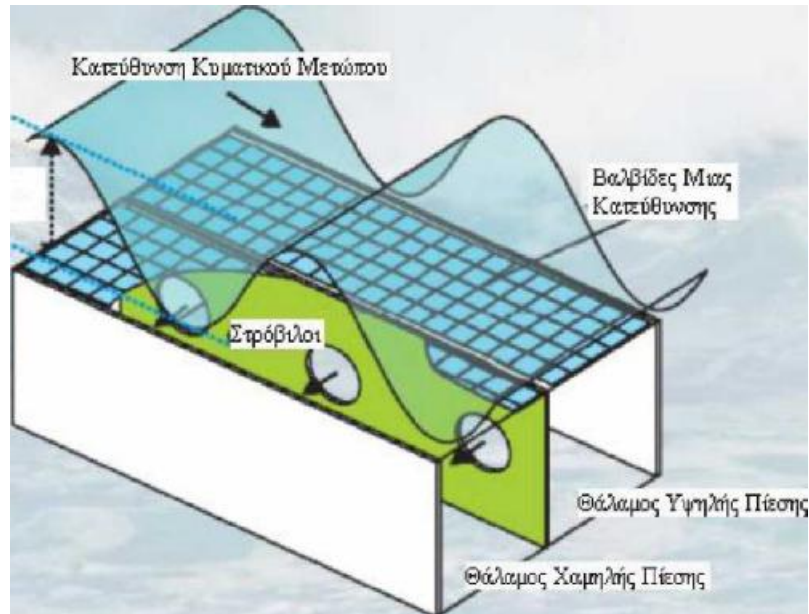
Το WaveMaster της αγγλικής εταιρίας Ocean WaveMaster Limited (OWL) είναι μια εφεύρεση του Alex Southcombe. Πρόκειται για μια μοναδική τεχνολογία σύλληψης των κυμάτων που εκμεταλλεύεται τις διαφορικές πιέσεις των υψωμάτων και κοιλοτήτων των θαλάσσιων κυμάτων για τη κίνηση υποθαλάσσιων στροβίλων. Είναι σχεδιασμένο να συλλαμβάνει την τεράστια ενέργεια των μεγάλων κυμάτων της ανοιχτής θάλασσας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα Β)III.1.4)1 : Σχηματικό διάγραμμα των βασικών τμημάτων του μετατροπέα WaveMaster.

Τεχνολογία

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από ανεξάρτητο φορέα και συμπεριλάμβανε την κατασκευή και δοκιμή ενός μοντέλου 3 μέτρων, απόδειξε ότι το σύστημα WaveMaster είναι τεχνικά και εμπορικά βιώσιμο. Η συσκευή WaveMaster αποτελείται από δύο θαλάμους πίεσης συνδεδεμένους διαμέσου στροβίλων. Η συσκευή βρίσκεται διαρκώς κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, έτσι ώστε να καλύπτεται συνεχώς από θαλασσινό νερό. Η πάνω επιφάνεια του κάθε θαλάμου πίεσης είναι μια «ενεργή επιφάνεια» καλυμμένη με πολλές βαλβίδες μιας κατεύθυνσης που ελέγχουν τη ροή του νερού μέσα στη συσκευή. Οι βαλβίδες στον θάλαμο υψηλής πίεσης επιτρέπουν τη ροή του νερού μέσα στον θάλαμο μόνο όταν η πίεση έξω από τον θάλαμο είναι υψηλότερη απ' ό,τι η πίεση μέσα σ' αυτόν. Αυτό συμβαίνει όταν πάνω από την επιφάνεια του θαλάμου υψηλής πίεσης περνάει ο λόφος (φούσκωμα) του κύματος. Όταν η εξωτερική πίεση είναι μικρότερη από την εσωτερική πίεση του θαλάμου, οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές και δεν έχουμε ροή νερού. Αντίστοιχα, οι βαλβίδες του θαλάμου χαμηλής πίεσης επιτρέπουν τη ροή του νερού έξω από τον θάλαμο αν η εσωτερική πίεση είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική. Αυτό συμβαίνει όταν πάνω από την επιφάνεια του θαλάμου χαμηλής πίεσης περνάει η λακούβα (κοιλότητα) του κύματος. Όταν η εσωτερική πίεση του θαλάμου είναι μικρότερη από την εξωτερική, οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές και συνεπώς δεν έχουμε ροή νερού.



Εικόνα Β)III.1.4)2 : Σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας του μετατροπέα WaveMaster.

Επειδή το WaveMaster λειτουργεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, είναι προστατευμένο από επικίνδυνα μεγάλα κύματα κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Πρόκειται για μια τμηματική κατασκευή με εύκολη συντήρηση και σέρβις. Η λειτουργία της συσκευής είναι αυτόματη και τηλεχειριζόμενη. Οι προβλέψεις όσον αφορά το μέγεθος είναι ότι το βασικό WaveMaster θα παράγει 50MW (για συσκευή 200 μέτρων) σε ύψος κυμάτων 5 μέτρων. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στη στεριά θα γίνεται με ένα υποθαλάσσιο καλώδιο ισχύος, ενώ η διάρκεια ζωής της συσκευής θα είναι περίπου 25 χρόνια. Από τις πειραματικές δοκιμές ενός μοντέλου WaveMaster μήκους 3 μέτρων αποδείχθηκε η αποδοτική λειτουργία της συσκευής (θεωρητική απόδοση 75%).

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Με χρηματοδότηση από την Carbon Trust, ξεκίνησαν τον Νοέμβριο του 2003 οι εργασίες για την κατασκευή ενός μοντέλου WaveMaster μήκους 20 μέτρων και έξοδο ισχύος 50kW. Το πρότζεκτ ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2004. Μελλοντικά αναμένεται η κατασκευή ενός μοντέλου εμπορικής κλίμακας με μήκος 200 μέτρα και έξοδο 50MW.



Εικόνα Β)III.1.4)3 : Το μοντέλο WaveMaster των 20 μέτρων υπό κατασκευή και ένα πειραματικό μοντέλο WaveMaster μικρής κλίμακας σε δοκιμή σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων.

B) III.2) Τεχνολογίες Υπέρβασης/Υπερύψωσης

B) III.2.1) Wave Dragon

Το Wave Dragon της δανέζικης εταιρίας Wave Dragon Ltd είναι ένας μετατροπέας της κυματικής ενέργειας τύπου υπέρβασης, που επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας ενώ είναι δεμένος στο βυθό της. Μπορεί να εγκατασταθεί μία ή περισσότερες μονάδες Wave Dragon συνδεδεμένες σε ομάδες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μέγεθος παραγωγής συγκρίσιμο με μία παραδοσιακή μονάδα φυσικού καυσίμου.

Το πρώτο πρωτότυπο που συνδέθηκε με το δίκτυο βρίσκεται στο Nissum Bredning της Δανίας. Πραγματοποιήθηκαν εκτενείς δοκιμές και πειράματα για τον καθορισμό της απόδοσης του συστήματος, όπως η διαθεσιμότητα και η παραγωγή ενέργειας υπό διάφορες συνθήκες (π.χ. κλιματολογικές). Η αποδοτικότητα απορρόφησης ενέργειας στη συγκεκριμένη τοποθεσία έχει ελεγχθεί και πιστοποιηθεί. Συνεπώς το επόμενο στάδιο ανάπτυξης είναι η βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με απώτερο στόχο μια εγκατάσταση πολλών μεγαβάτ μέχρι το 2012.

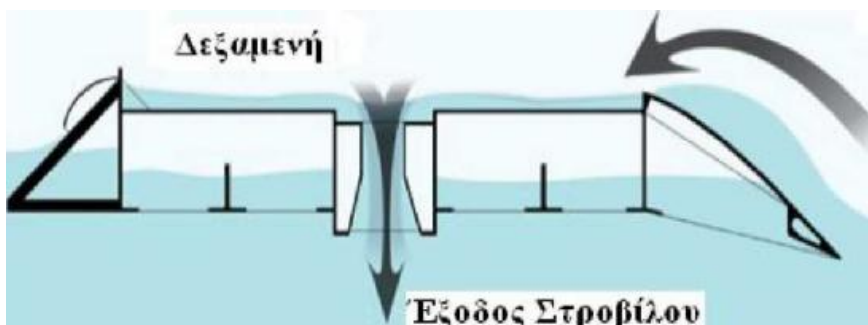


Εικόνα Β)ΙΙΙ.2.1)1 : Το πρωτότυπο μοντέλο Wave Dragon κλίμακας 1:4,5 στο Nissum Brending της Δανίας.

Τεχνολογία

Η βασική ιδέα του μετατροπέα Wave Dragon αφορά την εφαρμογή γνώριμων και αποδεδειγμένων αρχών και θεωριών από τις παραδοσιακές υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής σε μία πλατφόρμα που επιπλέει στην ανοιχτή θάλασσα. Η αρχή λειτουργίας του είναι πολύ απλή. Η συσκευή υπέρβασης Wave Dragon ανυψώνει τα κύματα της θάλασσας σε μία δεξαμενή πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Από εκεί το νερό επιστρέφει στη θάλασσα περνώντας μέσα από ένα συγκεκριμένο αριθμό υδροστροβίλων οι οποίοι αρχίζουν να περιστρέφονται, με αποτέλεσμα να παράγεται ηλεκτρισμός λόγω της υψομετρικής διαφοράς. Τα βασικά στάδια λειτουργίας του Wave Dragon συνοψίζονται ως εξής :

1. Υπέρβαση της Ειδικής Ράμπας (Απορρόφηση)
2. Αποθήκευση (Δεξαμενή)
3. Επιστροφή στη Θάλασσα - Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Υδροστροβίλοι)



Εικόνα Β)ΙΙΙ.2.1)2 : Η αρχή λειτουργίας του μετατροπέα τύπου υπέρβασης Wave Dragon.

Το Wave Dragon παρά την απλή κατασκευή του, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο όσον αφορά το σχεδιασμό του. Καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια στο σχεδιασμό,

στη μοντελοποίηση και στη δοκιμή του Wave Dragon ώστε να βελτιωθεί σε αρκετούς τομείς όπως :

1. Βελτιστοποίηση της υπέρβασης της ειδικής ράμπας.
2. Βελτιστοποίηση της υδραυλικής ανταπόκρισης και της πλευστότητας.
3. Εξομάλυνση των δυνάμεων των κυμάτων στους ανακλαστήρες και στο σύστημα πρόσδεσης.
4. Μείωση του κόστους κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας.

Το Wave Dragon αγκυροβολείται στη θάλασσα (όπως ένα πλοίο) σε βάθος τουλάχιστον 25 μέτρα. Προτιμάται βάθος μεγαλύτερο των 40 μέτρων για την εκμετάλλευση των κυμάτων στο μέγιστο δυνατό βαθμό, προτού χάσουν μεγάλο ποσοστό της ενέργειας τους καθώς πλησιάζουν στη παράκτια περιοχή. Το Wave Dragon είναι μία συσκευή που ενώ επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν σταθερή αφού δεν μετατρέπει τα κύματα σε ηλεκτρική ενέργεια με την αναπήδηση του πάνω κάτω ή με την κίνηση κάποιων τμημάτων λόγω της κίνησης των θαλάσσιων κυμάτων.

Ενώ στις περισσότερες συσκευές μετατροπής ενέργειας ανοιχτής θαλάσσης καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια ώστε να αποφευχθεί η υπέρβαση του νερού των θαλάσσιων κυμάτων, στο Wave Dragon ο στόχος είναι η υπέρβαση όσο το δυνατόν περισσότερου όγκου νερού. Για αυτό και είναι σχεδιασμένο με μία ειδική κυρτή ράμπα και ανακλαστήρες κυμάτων. Το σχήμα της ράμπας μοιάζει με αυτό μιας κυρτής παραλίας, ενώ είναι κοντή και απότομη για την ελαχιστοποίηση των απωλειών. Επειδή όταν το κύμα φτάνει στη ράμπα αλλάζει η γεωμετρία του και ανυψώνεται, το σχήμα της ράμπας είναι ελλειψοειδές για τη μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης αυτού του φαινομένου. Ο κύριος ρόλος των ανακλαστήρων είναι να συγκεντρώνουν και να κατευθύνουν τα κύματα προς τη ράμπα.

Η αναλογία των τμημάτων του Wave Dragon που βρίσκονται πάνω και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα από ένα σύστημα αέρα υπό πίεση σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές στο κάτω μέρος της πλατφόρμας. Έτσι το ύψος της κατασκευής έξω από το νερό ρυθμίζεται ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες στην αποδοτικότερη θέση.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από τους υδροστρόβιλους που κινούνται από το άδειασμα του αποθηκευμένου νερού της δεξαμενής όγκου 8.000 τ.μ. περίπου. Το Wave Dragon είναι εξοπλισμένο με υδροστρόβιλους που



Εικόνα Β)III.2.1)3 : Η πρόσοψη του μετατροπέα Wave Dragon στο Nissum Brending. Διακρίνονται οι ανακλαστήρες των θαλάσσιων κυμάτων, δεξιά και αριστερά από το κύριο τμήμα υπέρβασης και μετατροπής.

λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο για την κατά το δυνατόν ομαλότερη παραγωγή ηλεκτρισμού. Για παράδειγμα ένα Wave Dragon σχεδιασμένο για τοποθεσία με ενέργεια κυμάτων 24kW/m υπολογίζεται ότι θα αποτελείται από 16 στρόβιλους. Γενικά το Wave Dragon χρησιμοποιεί παραδοσιακούς υδροστρόβιλους προπέλας με σταθερές βάνες εισόδου, το οποίο αποτελεί μια ώριμη και αποδεδειγμένη τεχνολογική επιλογή εδώ και 80 χρόνια. Συγκεκριμένα για το Wave Dragon αναπτύχθηκε ένας ειδικός, μικρού μεγέθους στρόβιλος Kaplan.

Η μετατροπή της περιστροφής των υδροστροβίλων σε ηλεκτρική ενέργεια γίνεται μέσω μιας γεννήτριας μόνιμων μαγνητών για κάθε στρόβιλο. Η επιλογή αυτή αποσκοπεί στην αποφυγή χρήσης κιβωτίου ταχυτήτων, που είναι αναγκαίο για μια ασύγχρονη γεννήτρια. Το Wave Dragon είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε τα μοναδικά κινούμενα μέρη του να είναι οι στρόβιλοι. Έτσι αφενός μεν μειώνεται το κόστος συντήρησης, αφετέρου ελαχιστοποιούνται οι επικίνδυνες επιδράσεις από το λέρωμα, την ανάπτυξη μικροοργανισμών (π.χ. φύκια) και από τα διάφορα αντικείμενα που επιπλέουν στην επιφάνεια. Επίσης επειδή σε συνθήκες καταιγίδας οι δυνάμεις των κυμάτων που προσκρούουν στη συσκευή είναι μεγάλες και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές, το Wave Dragon έχει ιδιαίτερα στιβαρή και ανθεκτική κατασκευή αφού κατά τον σχεδιασμό του δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή σε διάφορες πτυχές όπως :

1. Χρήση ειδικού συστήματος πρόσδεσης (που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την αγκυροβόληση πλοίων) για την ασφαλή απορρόφηση των ισχυρών δυνάμεων των κυμάτων και του αέρα.
2. Σχεδιασμός και δοκιμή ειδικής διάταξης συρμάτων για τη προστασία του συστήματος πρόσδεσης και των ανακλαστήρων.
3. Επιτυχείς δοκιμές μοντέλων σε ακραίες καιρικές συνθήκες με τεράστια κύματα (τα οποία περνούν από πάνω από τη συσκευή χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα).
4. Οι πολύ ισχυροί άνεμοι δεν είναι σε θέση να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα αφού το Wave Dragon έχει μικρό ύψος έξω από το νερό. Η περίπτωση τυφώνων θα αντιμετωπιστεί με τη μέγιστη δυνατή βύθιση της κατασκευής.

Για τη μείωση του κόστους συντήρησης το Wave Dragon είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό του κατασκευασμένο με τυποποιημένα υλικά και τμήματα. Επιπλέον, οι στρόβιλοι μπορούν να αντικατασταθούν ανεξάρτητα για συντήρηση βάσει ενός προκαθορισμένου προγράμματος, για τη μείωση του κόστους και τη διασφάλιση υψηλής διαθεσιμότητας και μικρής απώλειας παραγωγής.

Όσον αφορά τις επιπτώσεις του Wave Dragon στο περιβάλλον, έχουν γίνει αναλυτικές μελέτες και τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι θετικά, ακόμα και σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα του Wave Dragon ως προς το περιβάλλον είναι:

1. Πολύ μικρή ορατότητα της κατασκευής. Το Wave Dragon θα μοιάζει με ένα αγκυροβολημένο πλοίο με ύψος το πολύ 7 μέτρα έξω από το νερό.
2. Μικρό «αποτύπωμα» στο βυθό της θάλασσας. Τα μόνα τμήματα που θα εγκατασταθούν στο βυθό θα είναι οι άγκυρες πρόσδεσης και το καλώδιο ισχύος.
3. Σχεδόν αθόρυβη λειτουργία.

4. Δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής. Όλα τα υδραυλικά λάδια της κατασκευής έχουν αντικατασταθεί με υδραυλικά νερού, ενώ δεν χρησιμοποιείται τοξικό αντιρρυπαντικό.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Το σύστημα Wave Dragon συνδυάζει υπάρχουσα και ανεπτυγμένη τεχνολογία ανοιχτής θαλάσσης και υδροτροβίλων.
2. Είναι ο μοναδικός μετατροπέας της ενέργειας των κυμάτων ανοιχτής θαλάσσης υπό ανάπτυξη, που μπορεί να κατασκευαστεί σε οποιαδήποτε κλίμακα μεγέθους χωρίς περιορισμούς.
3. Εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους του, το σέρβις, η συντήρηση και ακόμα και αρκετά σημαντικές επισκευές μπορούν να πραγματοποιηθούν επί τόπου μέσα στη θάλασσα, με χαμηλό σχετικά κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε σχέση με άλλου είδους μετατροπείς.
4. Το Wave Dragon χρησιμοποιεί με άμεσο τρόπο την ενέργεια των κυμάτων σε αντίθεση με τους περισσότερους μετατροπείς άλλου είδους. Η κατασκευή του είναι πολύ απλή και τα μόνα κινητά τμήματα του είναι οι στρόβιλοι. Συνεπώς πρόκειται για ιδιαίτερα στιβαρή και αξιόπιστη κατασκευή.

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Τον Απρίλιο του 2007 κατατέθηκε η Αναφορά της Περιβαλλοντικής Επίδρασης του Wave Dragon από τη Wave Dragon Ltd, έπειτα από διαβουλεύσεις, μελέτες και έρευνες δύο χρόνων. Αυτό αποτελεί το πρώτο σημαντικό βήμα για την κατασκευή μιας εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με Wave Dragons ισχύος 70MW στην Κελτική Θάλασσα μέχρι το 2010.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Wave Dragon

Βασικά Χαρακτηριστικά	Πρωτότυπο Nissum Bredning 0,4kW/m	24kW/m	36kW/m	48kW/m
Βάρος	237 τόνοι	22.000 τόνοι	33.000 τόνοι	54.000 τόνοι
Συνολικό Πλάτος και Μήκος	58 x 33 m	260 x 150 m	300 x 170 m	390 x 220 m
Μήκος Ανακλαστήρα Κυμάτων	28m	126m	145m	190m
Ύψος	3,6m	16m	16- 20m	16- 24m
Χωρητικότητα Δεξαμενής	55 m ³	5.000 m ³	8.000 m ³	14.000 m ³
Αριθμός Στροβίλων Χαμηλής Κεφαλής Kaplan	7	16	16- 20	16- 24

Γεννήτριες Μόνιμων Μαγνητών	7 x 2,3 kW	16 x 250 kW	16 - 20 x 350 - 440 kW	16 - 24 x 460 - 700 kW
Εκτιμώμενη Ισχύς ανά Μονάδα	20kW			
Ετήσια Παραγωγή Ισχύος ανά Μονάδα		12GWh/y	20GWh/y	35GWh/y
Βάθος Υδάτων	6m	> 20m	> 25m	> 30m

B)III.3) Τεχνολογίες Κατακόρυφης Ταλάντωσης

B)III.3.1) Wave Star©

Το Wave Star© της δανέζικης εταιρίας Wave Star© Energy είναι μία μηχανή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα, που εκμεταλλεύεται ολόκληρο το κύμα κατά μήκος του λόγω της πρωτοποριακής σχεδίασης του. Πρόκειται για ένα μετατροπέα που εγκαθίσταται μέσα στη θάλασσα σε απόσταση 10 με 20 χιλιόμετρα από τη στεριά. Δανίας. Διακρίνονται οι σημαδούρες σε ανυψωμένη θέση εκτός λειτουργίας.



Εικόνα B)III.3.1)1 : Το μοντέλο Wave Star© κλίμακας 1:10 στο Nissum Bredning της (ΔΑΝΙΑΣ).ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΣΗΜΑΔΟΥΡΕΣ ΣΕ ΑΝΥΨΩΜΕΝΗ ΘΕΣΗ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

Τεχνολογία

Η βασική ιδέα λειτουργίας του Wave Star© είναι τελείως διαφορετική από πολλά άλλα μοντέλα μετατροπής της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Η συγκεκριμένη μηχανή δεν σχηματίζει φράγμα έναντι των κυμάτων για να εκμεταλλευτεί όλη την ενέργεια τους, αλλά άντ' αυτού παρεμβάλλεται υπό συγκεκριμένες γωνίες στη κατεύθυνση του κύματος. Κατά αυτόν τον τρόπο τα κύματα διατρέχουν κατά μήκος τη μηχανή, ενώ η εκμετάλλευση της ενέργειας τους αποτελεί μια συνεχή διαδικασία.

Σε κάθε πλευρά της στενόμακρης πλατφόρμας του Wave Star© υπάρχουν 20 ημισφαιρικές σημαδούρες που ένα μέρος τους είναι βυθισμένο στο νερό. Όταν ένα κύμα περάσει κατά μήκος της πλατφόρμας, το πρώτο ημισφαιρικό πλωτό σώμα θα ανυψωθεί, στη συνέχεια το δεύτερο, μετά το τρίτο και πάει λέγοντας, με αποτέλεσμα να παραχθεί ηλεκτρισμός. Το κάθε πλωτό σώμα είναι τοποθετημένο στη βάση του δικού του υδραυλικού κυλίνδρου. Όταν ένα πλωτό ανυψώνεται, ένα πιστόνι στο κύλινδρο πρεσάρει λάδι μέσα στο κοινό σύστημα μετάδοσης της μηχανής με πίεση μέχρι και 200 bar. Η πίεση αυτή θέτει σε κίνηση έναν υδραυλικό κινητήρα που είναι συνδεδεμένος με μία γεννήτρια που παράγει ηλεκτρισμό. Καθώς το Wave Star© έχει μάκρος όσο αρκετά μήκη κύματος, η διπλή συστοιχία των πλωτών θα συλλέγει συνεχόμενα ενέργεια.

Τα πιο σημαντικά τμήματα του Wave Star© στεγάζονται στο περίβλημα της γεννήτριας πάνω στη πλατφόρμα. Η γεννήτρια, οι υπολογιστές και οι ηλεκτρονόμοι στεγάζονται μέσα εκεί υπό ελεγχόμενες κλιματικές συνθήκες ώστε να προστατευτούν από τη μούχλα και το αλάτι της θάλασσας.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.1)2 : Πλάγια όψη και μία από τις δύο σειρές σημαδούρων του μοντέλου Wave Star© στο Nissum Bredning.

Το Wave Star© κατασκευάζεται εξ' ολοκλήρου στη στεριά και έπειτα ρυμουλκείται ως τους πυλώνες στήριξης του. Η ρυμούλκηση της μηχανής είναι σχετικά απλή διαδικασία αφού μπορεί και επιπλέει λόγω των ημισφαιρικών σημαδούρων της. Αφού τοποθετηθεί με τις σημαδούρες ανυψωμένες, βιδώνεται πάνω στους σιδερένιους πυλώνες. Όταν χρειάζεται σέρβις ή επιδιορθώσεις,

αποσυνδέεται και ρυμουλκείται πίσω στη στεριά. Το Wave Star έχει σχεδιαστεί για εγκατάσταση σε απόσταση 10 με 20 χιλιόμετρα από την ακτή.

Επειδή το Wave Star© παράγει ηλεκτρισμό από συνολικά 40 ανεξάρτητα πλωτά σώματα, η ομαλή λειτουργία του είναι εξασφαλισμένη. Αν χαλάσει ένα από τα πλωτά, τα υπόλοιπα 39 θα συνεχίσουν να παράγουν ηλεκτρισμό. Η μηχανή μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό, αν και σε μικρότερο βαθμό βέβαια, ακόμα και αν το 75 % των πλωτών σωμάτων τεθεί εκτός λειτουργίας.

Το Wave Star© έχει σχεδιαστεί για διάρκεια ζωής περίπου 50 χρόνια, ενώ υπολογίζεται μία γενική επιθεώρηση κάθε 10 χρόνια, κατά την οποία η μηχανή θα ρυμουλκείται στη στεριά ώστε να αποφευχθούν δαπανηρές εργασίες στη θάλασσα.

Το Wave Star© δεν έχει ιδιαίτερες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αντίθετα η ύπαρξη μιας μονάδας Wave Star© μπορεί να αποτελέσει καταφύγιο για τα αποδημητικά αν δεν υπάρχει άλλο μέρος σε κοντινή απόσταση για αυτά.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Το Wave Star© είναι αποτελεσματικά προστατευμένο από ακραία καιρικά φαινόμενα. Όταν τα κύματα ξεπεράσουν ένα ορισμένο ύψος, το μηχάνημα ανυψώνει αυτόματα όλα τα πλωτά σώματα έξω από τη θάλασσα. Συγκεκριμένα στη μηχανή Wave Star© φυσικού μεγέθους, όταν τα κύματα ξεπεράσουν τα 8 μέτρα ύψος, τα πλωτά θα ανυψώνονται σε μία ασφαλή θέση 20 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Επίσης επειδή η μηχανή εγκαθίστανται με την επιμήκη πλευρά της παράλληλα προς τη κατεύθυνση των κυμάτων, οι ισχυροί άνεμοι θα προσπίπτουν στη στενή πλευρά της.
2. Το Wave Star© είναι σχετικά ελαφρύ. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό από οικονομικής άποψης αφού όσο βαρύτερο είναι μία τέτοια μηχανή τόσο ακριβότερη είναι, ιδίως όσον αφορά την υλοποίηση ενός σχεδίου μεγάλης κλίμακας. Έχει υπολογιστεί μία τιμή παραγωγής ανά μεγαβάτ αντίστοιχη με αυτή των ανεμογεννητριών.
3. Το μεγαλύτερο τμήμα του Wave Star© βρίσκεται πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Επειδή η μηχανή στηρίζεται εξ' ολοκλήρου έξω από το νερό πάνω σε σιδερένιες κολώνες, εκτός μόνο από τα πλωτά σώματα, δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί από ακριβά αδιάβροχα υλικά ειδικά για υποβρύχια χρήση. Αυτού του είδους τα υλικά έχουν επίσης και πολύ υψηλό κόστος συντήρησης.
4. Το Wave Star© βασίζεται σε δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία. Αν και το υδραυλικό σύστημα που χρησιμοποιεί είναι καινοτόμο, όλα τα μέρη που το αποτελούν είναι δοκιμασμένα και αξιόπιστα. Έτσι εξασφαλίζεται ταχύτερη μαζική παραγωγή του Wave Star© και πιο αξιόπιστη λειτουργία



Εικόνα Β)III.3.1)3 : Η κεντρική γέφυρα του Wave Star© με τις δύο σειρές από πλωτά σε θέση λειτουργίας και ασφαλείας.

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Έχει ήδη εγκατασταθεί και λειτουργεί από τον Απρίλιο του 2006 ένα μοντέλο Wave Star© κλίμακας 1:10 στο Nissum Bredning της Δανίας, το οποίο έχει 40 ημισφαιρικά πλωτά σώματα διαμέτρου ενός μέτρου και γεννήτρια 5,5kW. Το Wave Star© μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό ακόμα και από πολύ μικρά κύματα. Αυτό το μοντέλο χρειάζεται κύματα με ελάχιστο ύψος μόνο 10 εκατοστών. Υπολογισμοί και δοκιμές δείχνουν ότι η μηχανή κυμάτων παράγει ενέργεια το 90% του χρόνου και ότι λειτουργεί με μέγιστη ισχύ το 30% του χρόνου. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει δοκιμαστεί για περισσότερες από 4.000 ώρες στους πρώτους έξι μήνες καθημερινής λειτουργίας, ξεπέρασε 7 έντονες καταιγίδες και αποτελεί το κύριο βήμα για την εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας του Wave Star©.

Γενικά εκτιμάται ότι αν διπλασιαστεί το μέγεθος του Wave Star©, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί 11 φορές περίπου, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μεγαλύτερα κύματα μπορεί να αντέξει και σε τόσο μεγαλύτερο βάθος μπορεί να εγκατασταθεί. Στο μέλλον θα κατασκευαστεί ένα μοντέλο Wave Star© μεγάλης κλίμακας που θα εξοπλίζεται με ημισφαιρικά πλωτά σώματα διαμέτρου 10 μέτρων και γεννήτρια 3MW. Αυτό το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για βάθος υδάτων 20 μέτρα. Η εμπορευματοποίηση του Wave Star© θα ξεκινήσει μόλις μία μηχανή 500kW κλίμακας 1:2, που βρίσκεται υπό κατασκευή, θα εξάγει ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά τη δοκιμή της στη Βόρεια Θάλασσα.

Εκτιμάται ότι για να γίνει ανταγωνιστικό, σε σύγκριση με τις ανεμογεννήτριες, το Wave Star© πρέπει να μειώσει την τιμή ανά κιλοβατώρα 4 φορές. Σε αντιστοιχία η βιομηχανία ανεμογεννητριών έπρεπε να μειώσει τις τιμές 7 φορές για να φτάσει στο επίπεδο τιμών που βρίσκεται σήμερα, οπότε ο στόχος για το Wave Star© είναι εφικτός.

B)III.3.2) AquaBuOY

Το AquaBuOY είναι μια αξιολογημένη από ανεξάρτητους φορείς και εμπορικά βιώσιμη τεχνολογία μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων ανοιχτής θαλάσσης, της εταιρίας Finavera Renewables. Κάθε μηχανή AquaBuOY είναι κατάλληλα σχεδιασμένη για λειτουργία μαζί με άλλες σε συστάδες, δημιουργώντας ενεργειακές «Φάρμες Κυμάτων» σε απόσταση αρκετών μιλίων από την ακτή. Το επίπεδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του AquaBuOY μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες kW μέχρι μερικές εκατοντάδες MW, ενώ είναι κατάλληλο για διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε παράκτιες κοινότητες ή σε μεγάλα πληθυσμιακά κέντρα. Μια συστάδα ή σειρά από AquaBuOYs θα έχει διακριτική παρουσία στο νερό, αφού από μία απόσταση κάποιων μιλίων δεν θα είναι περισσότερο ορατή από ένα μικρό στόλο από φαρόβαρκες.



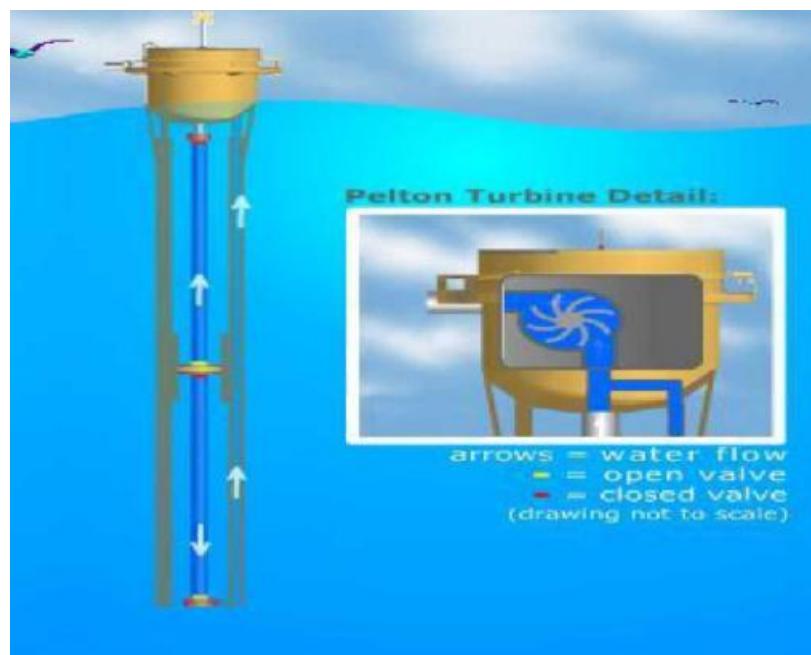
Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.2)1 : Το μοντέλο AquabuOY 2.0 με ενσωματωμένες ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά πάνελς, στη θάλασσα έξω από το Newport του Oregon.

Τεχνολογία

Το AquabuOY είναι ένα είδος σημειακού απορροφητή, αφού έχει μικρή επιφάνεια απορρόφησης ως προς το μήκος των θαλάσσιων κυμάτων. Η μεταφορά ενέργειας γίνεται με τη μετατροπή της κάθετης συνιστώσας της κινητικής ενέργειας των κυμάτων σε θαλασσινό νερό υπό πίεση με τη βοήθεια αντλιών διπλής δράσης. Τοπρεσαρισμένο νερό οδηγείται σε ένα σύστημα μετατροπής που αποτελείται από έναν στρόβιλο Pelton συνδεδεμένο με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η ισχύς μεταφέρεται στην ακτή με τη βοήθεια μιας υποθαλάσσιας γραμμής μεταφοράς. Το AquabuOY αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα: την πλωτή σημαδούρα, τον σωλήνα επιτάχυνσης, το έμβολο και την αντλία τύπου μάνικας.

Ο σωλήνας επιτάχυνσης είναι ένας κάθετος κύλινδρος, στερεωμένος κάτω από το σώμα της σημαδούρας. Ο σωλήνας επιτάχυνσης είναι ανοιχτός και στα δύο άκρα του ώστε να επιτρέπει την ανεμπόδιστη είσοδο και έξοδο του νερού της θάλασσας προς κάθε φορά. Το έμβολο είναι τοποθετημένο στο μέσο του σωλήνα επιτάχυνσης και πρόκειται για έναν πλατύ δίσκο ουδέτερης πλευστότητας. Όταν η σημαδούρα είναι σε στάση, το πιστόνι συγκρατείται στο μέσο λόγω της εξισορροπημένης έντασης δύο αντλιών τύπου μάνικας που είναι τοποθετημένες στις αντίθετες πλευρές του εμβόλου (στο πάνω και στο κάτω μέρος του) και εκτείνονται μέχρι το πάνω και το κάτω μέρος του σωλήνα επιτάχυνσης αντίστοιχα.

Η αντλία τύπου μάνικας είναι μια μάνικα από καουτσούκ ενισχυμένο με ατσάλι, της οποίας ο εσωτερικός όγκος μειώνεται όταν μάνικα τεντώνεται, λειτουργώντας σαν αντλία. Το πρεσαρισμένο νερό της θάλασσας αποβάλλεται



Εικόνα Β)III.3.2)2 : Η βασική λειτουργία άντλησης του μετατροπέα AquaBuOY.

συνεχώς σε έναν αποταμιευτή υψηλής πίεσης και στη συνέχεια τροφοδοτείται σε ένα στρόβιλο Pelton που οδηγεί μια γεννήτρια. Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός μεταφέρεται στην ακτή με τη βοήθεια ενός τυπικού υποθαλάσσιου καλωδίου. Αυτά τα τρία βασικά μέρη, δηλαδή ο σωλήνας επιτάχυνσης, το πιστόνι και οι 2 αντλίες τύπου μάνικας, αποτελούν το σύστημα PTO (Power Take-Off) του AquaBuOY. Οι κύκλοι εργασιών συντήρησης και αντικατάστασης είναι σχεδιασμένοι ώστε να παρατείνουν την ζωή του συστήματος για παραπάνω από 20 χρόνια.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Ευελιξία Κατασκευής → Ο μετατροπέας AquaBuOY αποτελείται από επιμέρους μονάδες και μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα μεγέθη εγκαταστάσεων, από μία μικρή συστάδα με AquaBuOYs μέχρι μια μεγάλη φάρμα με εκατοντάδες AquaBuOYs σε σειρές. Έτσι η παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες κιλοβάτ μέχρι μερικές εκατοντάδες μεγαβάτ.

2. Αποδεδειγμένη Τεχνολογία → Όλα τα τμήματα του μετατροπέα έχουν αποδεδειχθεί τεχνολογικά και χρησιμοποιούνται σε θαλάσσιες εφαρμογές σε ολόκληρο τον κόσμο, δεκαετίες τώρα. Τα επιμέρους τμήματα της τεχνολογίας AquaBuOY έχουν δοκιμαστεί στον ωκεανό από τους αρχικούς κατασκευαστές αλλά και από την βιομηχανία πετρελαίου ανοιχτής θαλάσσης.
3. Ικανότητα Επιβίωσης → Μια εγκατάσταση με AquaBuOYs σε συστοιχία αποτελείται από μικρούς μετατροπείς που είναι παρόμοιοι με σημαδούρες πλοήγησης, που είναι γνωστές για την ικανότητα επιβίωσης τους εδώ και αρκετές δεκαετίες. Κατά την διάρκεια του πρόσφατου Τσουνάμι, παρόμοιες θαλάσσιες κατασκευές που βρισκόντουσαν στην ανοιχτή θάλασσα επέζησαν αφού ανυψώθηκαν πάνω από το φονικό κύμα, ακριβώς όπως θα έκανε και ένα AquaBuOY. Αντίθετα οποιοδήποτε παράκτιο σύστημα θα είχε υποστεί καταστροφικές ζημιές. Επίσης η διαρροή λαδιών που είναι σχετικά συχνό φαινόμενο σε τέτοιες συσκευές, δεν θα παρεμπόδιζε την λειτουργία του AquaBuOY, σε αντίθεση με κάποια συσκευή παράκτιας τεχνολογίας.
4. Μεγιστοποιημένη Έξοδος Ηλεκτρικής Ενέργειας → Το AquaBuOY είναι σχεδιασμένο ώστε να μεγιστοποιεί την έξοδο του σε μέτριες κυματικές συνθήκες και όχι σε ακραίες. Αυτό αποτρέπει τα επιπλέον έξοδα για τον περαιτέρω σχεδιασμό που θα χρειαζόταν για να μπορεί να απορροφά την κυματική ενέργεια σε περίπτωση σοβαρών καταιγίδων.

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

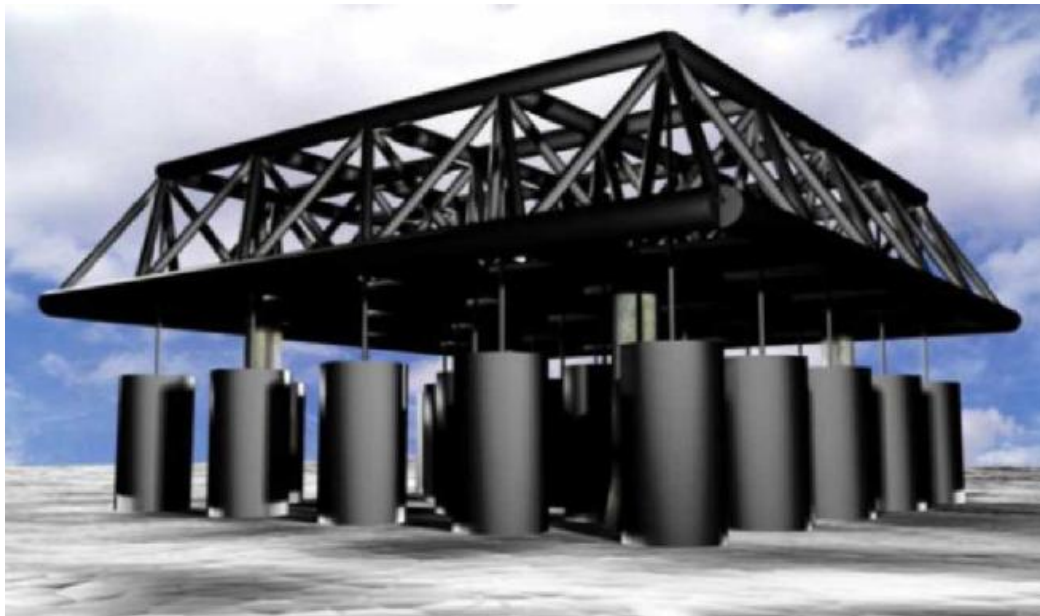
Το πρωτότυπο AquaBuOY 1.0 κατασκευάστηκε και προωθήθηκε μετά τα μέσα του 2006. Επίσης στα τέλη Αυγούστου του 2007 ολοκληρώθηκε η κατασκευή του AquaBuOY 2.0, ενώ των Σεπτέμβριο του 2007 τέθηκε σε λειτουργία στη θάλασσα έξω από το Newport του Oregon. Προβλέπεται και η κατασκευή ενός τρίτης γενιάς AquaBuOY 3.0 στο άμεσο μέλλον, αφού τα αποτελέσματα από το AquaBuOY 2.0, αν και θετικά σε γενικές γραμμές, οδηγούν στην ανάγκη βελτίωσης του υπάρχοντος μοντέλου ώστε να γίνει εμπορικά ανταγωνιστικό



Εικόνα Β)III.3.2)3: Το μοντέλο AquaBuOY 2.0 υπό κατασκευή

B)III.3.3) Manchester Bobber

Τα University of Manchester, University of Manchester Intellectual Property Ltd (UMIP) και οι βιομηχανικοί συνεργάτες, Carillion και Royal Haskoning, αναπτύσσουν το Manchester Bobber, αυτή τη καινοτόμα και πατενταρισμένη τεχνολογία ανοιχτής θαλάσσης, με στόχο την εμπορευματοποίηση.



Εικόνα B)III.3.3)1 : Η βασική πλατφόρμα με τα πλωτά σώματα του μετατροπέα ManchesterBobber.

Τεχνολογία

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται τα βασικά τμήματα του συστήματος μετατροπής της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Μια πλωτή μάζα ανυψώνεται και βυθίζεται (ταλάντωση) υπό την επίδραση των θαλάσσιων κυμάτων και αυτό προκαλεί την περιστροφή μιας τροχαλίας και του άξονα της, αλλάζοντας διαδοχικά φορά περιστροφής. Ένα αντίβαρο εξισορροπεί την ταλάντωση της πλωτής μάζας κινούμενο προς την αντίθετη φορά (δηλαδή όταν η πλωτή σηματοδούρα ανεβαίνει το αντίβαρο κατεβαίνει και ανάποδα). Η άξονας της περιστρεφόμενης τροχαλίας συνδέεται με έναν άξονα εξόδου μέσω ενός ειδικού συμπλέκτη διπλής δράσης. Ο συμπλέκτης αυτός εξασφαλίζει την περιστροφή του άξονα εξόδου προς μια φορά περιστροφής ανεξάρτητα από τη φορά περιστροφής του άξονα της τροχαλίας. Ο ειδικός συμπλέκτης ενεργεί κατά την κάθοδο της πλωτής σηματοδούρας όταν η ταχύτητα της τροχαλίας πάει να ξεπεράσει την ταχύτητα εξόδου, προκαλώντας την επιτάχυνση ολόκληρου του συστήματος του άξονα. Στη μέγιστη ταχύτητα ο συμπλέκτης απεμπλέκεται, επιτρέποντας τον άξονα εξόδου να συνεχίσει την περιστροφή του καθώς η τροχαλία επιβραδύνει και αντιστρέφεται η φορά περιστροφής της κατά την διάρκεια της ανόδου του πλωτού σώματος. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου ο άξονας εξόδου συνεχίζει να κινείται λόγω της αδράνειας του συστήματος αλλά επιβραδύνεται λόγω της εξαγωγής ενέργειας. Ένα κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιείται για να αυξάνει την ταχύτητα του άξονα εξόδου ώστε για απαιτείται μικρότερο μέγεθος συμπλέκτη και γεννήτριας για την ίδια ισχύ εξόδου.

Έχει αναπτυχθεί ένας υπολογιστικός εξομοιωτής που δίνει αποτελέσματα σύμφωνα με την συμπεριφορά του Manchester Bobber που παρατηρήθηκε στις δοκιμές. Επίσης έχει σχεδιαστεί μία μέθοδος καθοδήγησης των πλωτών σωμάτων που είναι σε θέση να διατηρεί σταθερή την κάθετη ταλάντωση τους πλωτού σώματος χωρίς τριβές ή κυλιόμενες επαφές, και με χαμηλό κόστος.

Εκτιμάται ότι μια πλατφόρμα Manchester Bobber εμπορικής κλίμακας θα περιλαμβάνει 25 με 50 μονάδες με μέση έξοδο 0,2MW περίπου, εγκατεστημένα σε μία κοινή πλωτή πλατφόρμα σε τοποθεσία με βάθος υδάτων 30 με 60 μέτρα.



ΑΝΤΙΒΑΡΟ

ΠΛΩΤΟ ΣΩΜΑ ΜΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΒΥΘΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

Εικόνα Β)III.3.3)2 : Τα βασικά τμήματα του συστήματος μετατροπής της κυματικής ενέργειας, ενός πλωτού σώματος.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Μόνο το παθητικό και αδρανές πλωτό σώμα έρχεται σε επαφή με το θαλασσινό νερό. Όλα τα ευαίσθητα μηχανικά και ηλεκτρικά τμήματα μπορούν να στεγαστούν σε προστατευμένο περιβάλλον πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.
2. Όλα τα μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη του μετατροπέα είναι διαθέσιμα και απαιτούν λίγο ή καθόλου περαιτέρω ανάπτυξη/προσαρμογή. Αυτό μαζί με το προηγούμενο πλεονέκτημα οδηγούν σε υψηλή αξιοπιστία σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ανοιχτής θάλασσας.
3. Το Manchester Bobber ανταποκρίνεται σε κύματα προερχόμενα από οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να χρειάζεται να προσανατολιστεί ως προς αυτά.
4. Η ισχύς εξόδου μπορεί να είναι σταθερή σε μία κυματική περίοδο, ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων αποθήκευσης ενέργειας του απλού και χαμηλής τεχνολογίας συμπλέκτη. Δεν υπάρχει καμία άλλη οικονομικώς αποδοτική εναλλακτική λύση για την πρακτική εξομάλυνση τόσο υψηλών ενεργειακών εξόδων από τυπικά θαλάσσια κύματα.
5. Η συντήρηση και/ή η επισκευή διευκολύνεται σημαντικά λόγω της προσβασιμότητας των τμημάτων του.
6. Κάθε πλωτό σώμα του Manchester Bobber λειτουργεί ανεξάρτητα ώστε να μπορεί να αποσυνδεθεί, για να γίνουν οι κατάλληλες εργασίες σε αυτό, με τα υπόλοιπα πλωτά σώματα να λειτουργούν κανονικά ώστε να έχουμε αδιάλειπτη λειτουργία και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
7. Έχει υψηλή ικανότητα επιβίωσης σε συνθήκες καταιγίδας, αφού τα πλωτά σώματα μπορούν να πλημμυριστούν με νερό ταχύτατα ώστε να βυθιστεί η πλατφόρμα και να περάσουν τα μεγάλα κύματα με ασφάλεια από πάνω της.

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Οι αρχικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν τον Ιανουάριο του 2004 με δωδεκάμηνη χρηματοδότηση από τη Carbon Trust. Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η δοκιμή μίας συσκευής κλίμακας 1:100, παράλληλα με την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου, ολοκληρώθηκαν επιτυχώς. Έπειτα η UMIP, αφού κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την τεχνολογία του Manchester Bomber, συνέβαλε σε ένα δεύτερο γύρο χρηματοδότησης από τη Carbon Trust.

Οι εργασίες της δεύτερης φάσης, που διήρκεσε 6 μήνες, ξεκίνησαν τον Ιούνιο του 2005. Κατά την περίοδο αυτή :

1. σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και δοκιμάστηκε ένα μοντέλο Manchester Bobber κλίμακας 1 :10,
2. σχεδιάστηκε και έγιναν οι οικονομικοί υπολογισμοί για ένα μοντέλο φυσικής κλίμακας,
3. καθορίστηκαν τα κόστη για την παραγωγή ηλεκτρισμού από μια συστοιχία συσκευών πλήρους κλίμακας,
4. αναπτύχθηκε περαιτέρω το υπολογιστικό μοντέλο ώστε να συμπεριλαμβάνει τυχαίες και συνηθισμένες κυματικές συνθήκες.

Οι εκτιμώμενες δαπάνες ($\pm 20\%$) περιλαμβάνουν την επεξεργασία της πλατφόρμας, 25 πλωτά σώματα, τους μεταλλικούς οδηγούς, την εγκατάσταση, την απόσυρση, την προετοιμασία της τοποθεσίας εγκατάστασης, την έρευνα του εδάφους, τον σχεδιασμό, τις άδειες. Δεν συμπεριλαμβάνουν τις απώλειες τριβών στο συγκεκριμένο σχέδιο ή οικονομίες κλίμακας.

Η τωρινή και μελλοντική τρίτη φάση περιλαμβάνει δύο βασικούς στόχους. Ο ένας αφορά την βελτιστοποίηση και κατασκευή μιας συστοιχίας συσκευών κλίμακας 1:100, για το οποίο έχει εξασφαλιστεί η αναγκαία χρηματοδότηση. Ο άλλος αφορά την ανέγερση χρηματοδοτικών κεφαλαίων (περίπου 15.000.000 €) και βιομηχανικής υποστήριξης για ανάπτυξη της τεχνολογίας σε εμπορικό επίπεδο. Αυτή περιλαμβάνει δοκιμές ανοιχτής θαλάσσης, σχεδιασμό και κατασκευή ενός πλωτού σώματος φυσικής κλίμακας, προσαρμογή μιας υπάρχουσας κατασκευής ανοιχτής θαλάσσης για την τοποθέτηση του μοντέλου φυσικής κλίμακας και τέλος την επιλογή του οικονομικά βέλτιστου και τεχνολογικά βιώσιμου σχεδίου από τη δεύτερη φάση για την ανάπτυξη λεπτομερών μηχανολογικών σχεδίων. Όλες οι παραπάνω εργασίες εκτιμάται να έχουν ολοκληρωθεί ως το 2010.

B) III.3.4) AWS

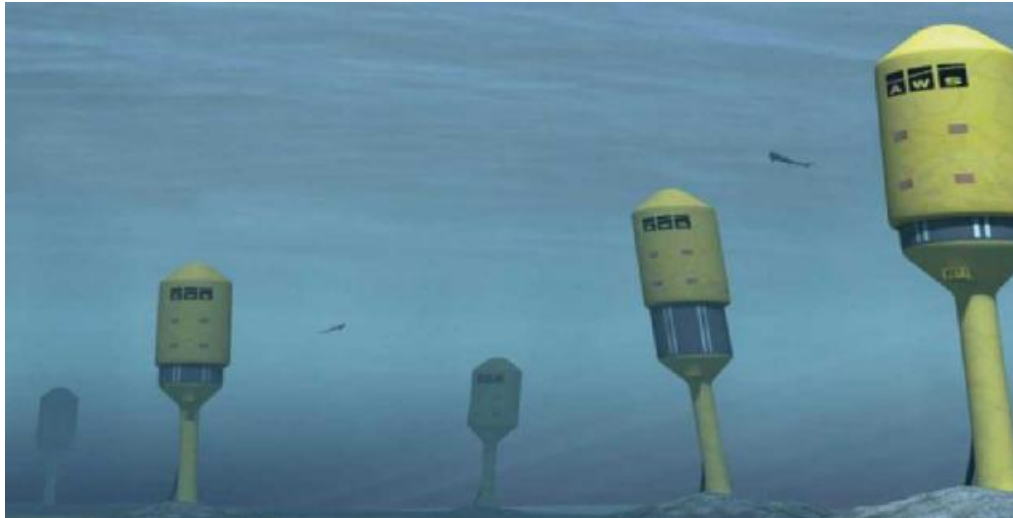
Ο μετατροπέας ενέργειας κυμάτων AWS (Archimedes Wave Swing) είναι μια



Εικόνα B)III.3.3)3 : Δοκιμή ενός πλωτού σώματος Manchester Bobber κλίμακας 1:10 κατά την δεύτερη φάση ανάπτυξης της τεχνολογίας.

απλή αλλά πολύ αποδοτική τεχνολογία για την εκμετάλλευση των θαλάσσιων

κυμάτων, όπως αναπτύχθηκε από την σκοτσέζικη εταιρία AWS Ocean Energy Ltd. Με συνεχόμενη μέση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως και 1MW σε άγρια θάλασσα και τυπική απόδοση φορτίου 25-30% σε τοποθεσία εγκατάστασης του βόρειου Ατλαντικού, το AWS πραγματικά αποτελεί μια γεννήτρια εμπορικά αξιοποιήσιμης χρήσιμης κλίμακας.



Εικόνα Β)III.3.4)1 : Μια μικρή «φάρμα κυμάτων» με εγκατεστημένους μετατροπείς AWS.

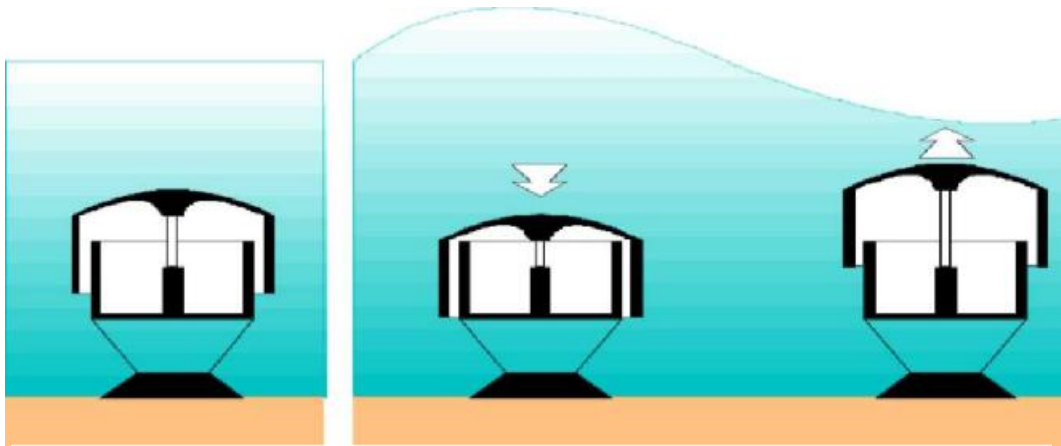
Τεχνολογία

Ο μετατροπέας κυματικής ενέργειας AWS είναι ένα πλωτό σώμα κυλινδρικού σχήματος δεμένο στο βυθό της θάλασσας. Τα διερχόμενα κύματα κινούν ένα άνω περίβλημα γεμάτο με αέρα που περιβάλλει ένα σταθερό κύλινδρο από κάτω. Έτσι η σχετική κίνηση των δύο κυλίνδρων μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό.

Σύμφωνα με την Εικόνα 2, καθώς ένας κυματικός λόφος πλησιάζει, η πίεση του νερού στο πάνω μέρος του κυλίνδρου αυξάνεται και το επάνω τμήμα ή «πλωτό» συμπιέζει το αέριο μέσα στον κύλινδρο για να εξισορροπήσει την διαφορά πίεσης. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το κοίλο του κύματος περνάει και το σύστημα των δύο κυλίνδρων αυξάνει ως προς το μήκος του (αφού ο κύλινδρος-περίβλημα απομακρύνεται από τον σταθερό κάτω κύλινδρο προς την επιφάνεια της θάλασσας).

Η σχετική κίνηση μεταξύ του πλωτού και του κάτω τμήματος μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό με τη βοήθεια ενός υδραυλικού συστήματος και ενός συνόλου κινητήρα-γεννήτριας.

Η συσκευή είναι πραγματικά απλή με ένα μόνο βασικό κινούμενο τμήμα, το πλωτό. Η χρήση βοηθητικών συστημάτων είναι περιορισμένη. Το AWS χρησιμοποιεί κυρίως την υπάρχουσα υποθαλάσσια τεχνολογία, ενώ οι εργασίες συντήρησης μπορούν να εκτελεστούν κατά τη διάρκεια δύσκολων καιρικών φαινομένων, με τη βοήθεια ROVs (Remotely underwater operated vehicle) εξ'αποστάσεως υποβρύχιο όχημα.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.4)2 : Η βασική αρχή λειτουργίας του μετατροπέα AWS με την έλευση των θαλασσιών κυματών.

Η γενική ιδέα της τεχνολογίας έχει αποδειχθεί σε φυσική κλίμακα το 2004 μέσω μιας πειραματικής εγκατάστασης έξω από τις ακτές της Πορτογαλίας, ενώ τώρα βρίσκεται στο μηχανολογικό στάδιο μια εγκατάσταση AWS για επίδειξη πριν από την εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας. Οι απαιτήσεις της τοποθεσίας εγκατάστασης του AWS είναι:

1. η τοποθεσία να είναι εκτεθειμένη σε φουσκοθαλασιές,
2. 40-100 μέτρα βάθος υδάτων,
3. να έχει κατάλληλο βυθό για ασφαλή τοποθέτηση των καλωδίων μεταφοράς,
4. να υπάρχει βιομηχανικό λιμάνι σε απόσταση το πολύ 12 ωρών με πλοίο,
5. να μπορεί να συνδεθεί με ασφάλεια στο ζυγό του δικτύου στη ξηρά.

Η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες της τοποθεσίας εγκατάστασης και τείνει να μεγιστοποιηθεί σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη (40°-60° βόρεια ή νότια). Εκτιμάται ότι οι μονάδες AWS θα τοποθετηθούν σε συστοιχίες αρκετών δεκάδων. Μία ενεργειακή «φάρμα κυμάτων» παραγωγής 50MW θα καταλαμβάνει μία θαλάσσια έκταση 3 ναυτικών μιλίων περίπου. Αυτή η εγκατάσταση θα τροφοδοτεί με ηλεκτρισμό περίπου 25.000 νοικοκυριά.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Ικανότητα Επιβίωσης à Το AWS είναι βυθισμένο τουλάχιστον 6 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και για αυτό αποφεύγει τις θύελλες στις οποίες υπόκεινται άλλου είδους συσκευές. Αυτό μειώνει το κόστος πρόσδεσης και τη πιθανότητα ζημιάς.
2. Πυκνότητα Ισχύος à Με εκτιμώμενες εξόδους παραγωγής ως και 1MW και απόδοση φορτίου της τάξης του 25-30%, μια συστοιχία με AWS αποτελεί ιδανική επιλογή για εγκαταστάσεις πολλών MW. Η πυκνότητα ισχύος είναι 10 φορές μεγαλύτερη από συσκευές μετατροπής της κυματικής ενέργειας που επιπλέον στην επιφάνεια της θάλασσας, με αποτέλεσμα να εκμεταλλεύεται καλύτερα την διαθέσιμη πηγή ενέργειας.

3. Απλότητα à Το AWS έχει ένα μόνο βασικό κινούμενο τμήμα και περιορισμένα βοηθητικά που μειώνουν τον κίνδυνο αποτυχίας και τις απαιτήσεις συντήρησης.
4. Συντηρησιμότητα à Το AWS έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε όλα τα τμήματα που χρειάζονται συντήρηση να είναι προσβάσιμα από ROVs και συνεπώς να είναι εφικτή η επί τόπου συντήρηση σε όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι ενώ κάποιες συσκευές στην επιφάνεια της θάλασσας θα έχαναν εβδομάδες παραγωγικής λειτουργίας, το AWS μπορεί να τεθεί ξανά σε λειτουργία μέσα σε μία μέρα.
5. Περιβάλλον à Το AWS δεν έχει οπτικές επιπτώσεις για το περιβάλλον αφού βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού, ενώ επίσης δεν έχει κάποιο θορυβώδες περιστροφικό σύστημα υψηλής ταχύτητας.
6. Οικονομικό à Τελικά το AWS έχει υψηλότερη αναλογία παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλό χάλυβα κατασκευής από τους βασικούς ανταγωνιστές του, και μαζί με τις χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης εκτιμάται ότι θα οδηγήσει στη χαμηλότερη τιμή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία ενέργειας κυμάτων.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.4)3 : Ο πειραματικός μετατροπέας AWS φυσικής κλίμακας που

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Ο στόχος είναι η κατασκευή ενεργειακών «φαρμών» πολλών MW, με πρώτο σημαντικό βήμα την πώληση της πρώτης «φάρμας» εμπορικής κλίμακας που αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2010. Ως τότε διάφορες μηχανές AWS θα παράγουν καθαρή και αξιόπιστη ενέργεια σε καταναλωτές σε αρκετές χώρες, μεταξύ αυτών το Ηνωμένο Βασίλειο και η Πορτογαλία. Μέσα σε δέκα χρόνια εκτιμάται ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία θα υιοθετηθεί από μεγάλες εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας σε όλο τον κόσμο, ενώ μέσα στα επόμενα 20 χρόνια οι μετατροπείς AWS θα συνεισφέρουν ένα σημαντικό ποσοστό στα ενεργειακά αποθέματα παγκοσμίως.

Αρκετοί χρηματοδότες έχουν βρεθεί, ενώ το άμεσο πρόγραμμα εργασιών οργανώνεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

1. Σχεδιασμός της Γενικής Ιδέας -> Ολοκληρώθηκε.
2. Επαλήθευση του Σχεδιασμού του Μοντέλου Εμπορικής Κλίμακας -> Χειμώνας του 2007
3. Λεπτομερής Σχεδιασμός του Πρωτότυπου -> Άνοιξη του 2008
4. Κατασκευή του Πρωτοτύπου— Χειμώνας του 2008
5. Εγκατάσταση του Πρωτοτύπου -> Καλοκαίρι του 2009
6. Κατασκευή των Πρώτων Εμπορικών Μηχανών AWS— 2010.

B)III.3.5) CETO™

Το CETO™ είναι μια πατενταρισμένη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μηδενικών εκπομπών και γλυκού νερού, από την ενέργεια των κυμάτων των ωκεανών. Είναι η μοναδική τεχνολογία εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων που αντλεί θαλασσινό νερό υψηλής πίεσης στη ξηρά, αφαιρώνοντας έτσι με τον πιο αποδοτικό και οικονομικό τρόπο θαλασσινό νερό χρησιμοποιώντας την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων.

Η τεχνολογία CETO™ ανήκει στην αυστραλιανή εταιρία Renewable Energy Holdings Plc που συνεργάζεται με την Carnegie Corporation Ltd και την EDF EN για την ανάπτυξη και λειτουργία του CETO™ στο Νότιο και Βόρειο Ημισφαίριο αντίστοιχα.



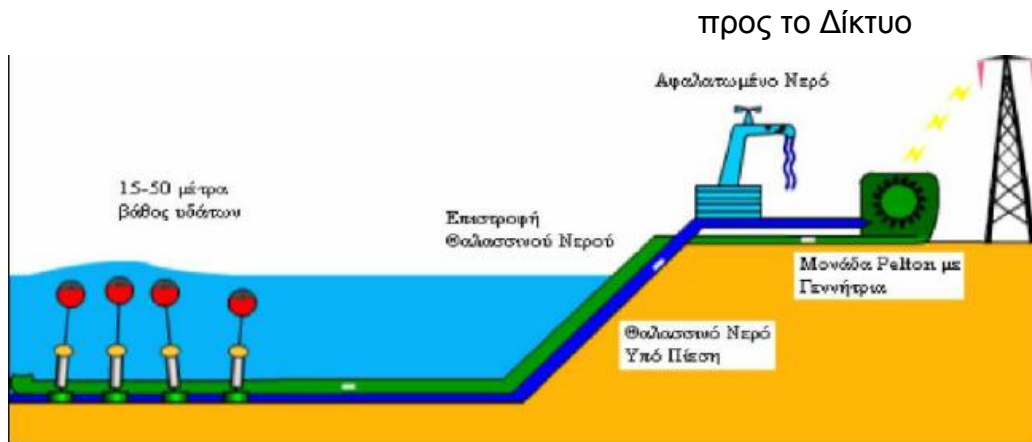
Εικόνα B)III.3.5)1 : Μια «φάρμα κυμάτων» με εκατοντάδες εγκατεστημένους μετατροπείς CETO™.

Τεχνολογία

Το CETO™ είναι πλήρως βυθισμένο κάτω από την επιφάνεια του νερού και αντλώντας θαλασσινό νερό στη ξηρά, η τεχνολογία του επιτρέπει είτε την παραγωγή ηλεκτρισμού με μηδενικές εκπομπές (παρόμοια με τον υδροηλεκτρισμό) ή την παραγωγή με μηδενικές εκπομπές γλυκού νερού (εφαρμόζοντας τεχνολογία αφαιρώσεως αντίστροφης όσμωσης). Συνεπώς δεν χρειάζονται υποθαλάσσια καλώδια ή ζυγοί, αλλά ούτε και δαπανηρές θαλάσσιες εγκαταστάσεις.

Οι μονάδες του CETO™ είναι πλήρως βυθισμένες και μόνιμα προσδεμένες στον πυθμένα της θάλασσας, με αποτέλεσμα να μην έχουν καμία οπτική συνέπεια για το περιβάλλον. Επίσης το γεγονός αυτό τις προστατεύει από ακραίες δυνάμεις που εμφανίζονται κατά την διάρκεια καταιγίδων. Είναι αυτορυθμιζόμενες σε παλίρροιας, διάφορες θαλάσσιες καταστάσεις και κυματικές συνθήκες, γεγονός που τις καθιστά ικανές να αποδίδουν σε μία μεγάλη ποικιλία από κυματικά ύψη κάθε κατεύθυνσης. Οι μονάδες CETO™ είναι κατασκευασμένες από χάλυβα, καουτσούκ και υαλοπλάστικο, όλα δοκιμασμένα και αποδεδειγμένα για πάνω από 20 χρόνια στο θαλάσσιο περιβάλλον.

ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ



Εικόνα Β)III.3.5)2 : Τα βασικά τμήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αφαλατωμένου νερού από μετατροπείς CETO™.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Δεν έχει αισθητικές συνέπειες για το περιβάλλον αφού βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας δεμένο στον βυθό.
2. Έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε αρμονία με τα κύματα αντί να προσπαθεί να αντισταθεί στην κίνηση τους. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζονται ογκώδη κατασκευάσματα από χάλυβα ή μπετόν.
3. Οι «φάρμες κυμάτων» με CETO™ δεν θα έχουν αρνητικό αντίκτυπο σε δημοφιλείς τοποθεσίες για σερφ, αφού λόγω του βάθους λειτουργίας τους (περισσότερο από 15 μέτρα) δεν θα εμποδίζουν ή θα διασπούν τα κύματα.
4. Οι μονάδες CETO™ προσελκύουν την θαλάσσια ζωή.
5. Είναι η μοναδική τεχνολογία ενέργειας κυμάτων που παράγει γλυκό νερό κατευθείαν από το θαλασσινό, ενισχύοντας τις μεταβολές της πίεσης στα ωκεάνια κύματα.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Αν και η αρχική ιδέα του μετατροπέα CETO™ συλλήφθηκε το 1975 από τον Alan Burns, οι αρχικές δοκιμές ξεκίνησαν το 1999, ενώ ο λεπτομερής σχεδιασμός του ολοκληρώθηκε το 2003. Η κατασκευή του πρώτου πρωτοτύπου ξεκίνησε στο τέλος του ίδιου χρόνου. Το πρωτότυπο CETO™ I απέδειξε την ορθή λειτουργία του το 2006. Οι πρόσφατες εργασίες οδήγησαν στον εμπορικό σχεδιασμό του CETO™ II.

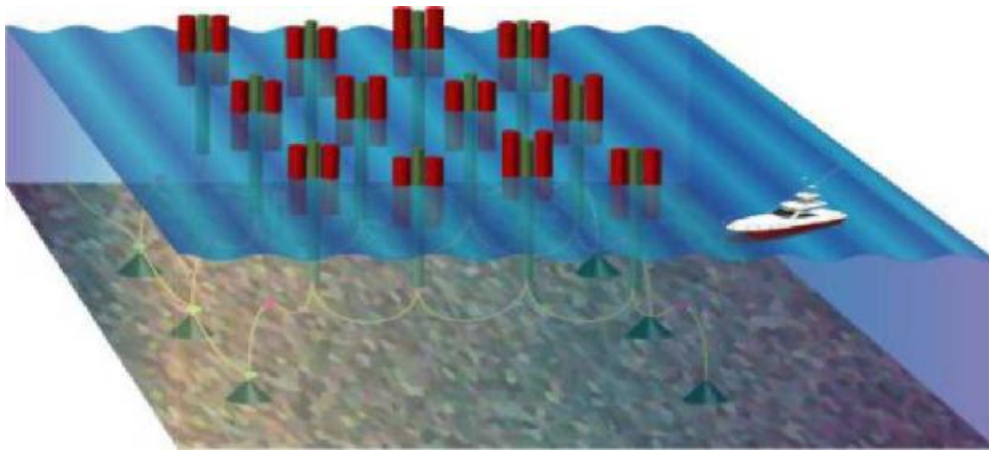
Αυτό το μοντέλο δοκιμάζεται στο Fremantle και βρίσκεται σε τροχιά εμπορικής επέκτασης για το 2009.

Το παρακάτω χρονοδιάγραμμα παρουσιάζει τα κυριότερα σημεία στην εξέλιξη του μετατροπέα CETO™:

1. 1999-2003 à CETO™: Αρχικές Έρευνες, Μοντέλα Κλίμακας, Δοκιμή Δεξαμενής Τεχνητών Κυμάτων και Αγωγού Νερού.
2. 2003-2006 à CETO™ I: Απόδειξη του Προτύπου, Επίδειξη Τεχνολογίας Παραγωγής Θαλασσινού Νερού Υπό Υψηλή Πίεση, Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Αφαλάτωσης Μηδενικών Εκπομπών
3. 2007-2008 à CETO™ II: Εκκίνηση Ανάπτυξης Εμπορικού Σχεδιασμού, Επιβεβαίωση των Υπολογιστικών Προτύπων με Δοκιμές στη Θάλασσα, Περάτωση της Ανάπτυξης και Δοκιμής του CETO, Προ-Εμπορική Συστοιχία Πρωτοτύπων σε Λειτουργία στο Fremantle.
4. 2009-2011 à CETO™ III: Επιλογή Τοποθεσίας και Εγκρίσεις της Πρώτης Εμπορικής Εγκατάστασης, Έναρξη των Εργασιών, Κατασκευή και Εγκατάσταση του CETO™, Λειτουργία της Εμπορικής Εγκατάστασης, Παραγωγή και Πώληση Ηλεκτρικής Ενέργειας και Αφαλατωμένου Νερού Μηδενικών Εκπομπών.
5. Τα τελευταία νέα αναφέρουν ότι η εταιρία ολοκληρώνει και τις τελευταίες λεπτομέρειες για μία φάρμα επίδειξης 50MW και 272.000.000 € μέχρι το 2012, που θα μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ενέργεια περίπου 40.000 σπίτια.

B)III.3.6) SyncWave™

Η канаδέζικη εταιρία SyncWave™ Energy Inc (SEI) επικεντρώνεται στο να εισάγει στην αγορά το 2010 την πρώτη της εξελιγμένη και χαμηλού κόστους τεχνολογία μετατροπής της κυματικής ενέργειας, που βασίζεται στη συχνότητα των θαλάσσιων κυμάτων. Η SEI στηρίζεται στην απλή τεχνολογία προσδεμένων στον βυθό, αυτοδύναμων, απορροφητικών συσκευών ανοιχτής θαλάσσης, που πιστεύει ότι αποτελούν την βέλτιστη επιλογή στους μετατροπείς της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Αυτός ο μετατροπέας ονομάζεται SyncWave™ και βελτιώνεται διαρκώς ως προς την οικονομία υλικού και κατασκευής, τα πολύπλοκα και μη αποδοτικά υδραυλικά και άλλα συστήματα ισχύος, τις δαπανηρές υποθαλάσσιες εργασίες και την απώλεια ενέργειας στα συστήματα ελέγχου.



Εικόνα Β)III.3.6)1 : Το σχηματικό διάγραμμα μιας προτεινόμενης «φάρμας κυμάτων» με μετατροπείς κυματικής ενέργειας SyncWave™.

Τεχνολογία

Η συσκευή WaveSync™ είναι ένα αυτοδύναμο, επιφανειακό, αγκυροβολημένο σύστημα σημειακής απορρόφησης ενέργειας. Λειτουργεί δημιουργώντας μια παραγωγική μηχανική αντίδραση στις αργά μεταβαλλόμενες κινήσεις των θαλάσσιων κυμάτων. Το SyncWave™ αποτελείται ουσιαστικά από δύο ένθετες πλωτές κατασκευές, συνδεδεμένες μέσω ενός συστήματος PTO (Power Take-Off) και μιας ηλεκτρικής γεννήτριας. Το κάθε πλωτό σύστημα εκτελεί μια προσεκτικά σχεδιασμένη υδροδυναμική και αδρανή κίνηση, αντιδρώντας στις κοιλότητες και κυρτότητες της επιφάνειας της θάλασσας κατά την διέλευση των κυμάτων. Αυτό εξασφαλίζει ότι τα

πλωτά σώματα θα ανεβοκατεβαίνουν λίγο πολύ αντίθετα σε συνήθεις κυματικές συνθήκες. Καθώς οι συχνότητες των κυμάτων μετατοπίζονται εξαιτίας των ανέμων, των ρευμάτων και των καταιγίδων, ένα εσωτερικό σύστημα ελέγχου ρυθμίζει διαρκώς την εσωτερική αντίδραση των πλωτών και την ακαμψία της γεννήτριας. Με αυτόν τον τρόπο διατηρεί την παραγωγική «αντί-ταλάντωση» των πλωτών και μεγιστοποιεί τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως προς το κατάλληλο εύρος κυματικών συχνοτήτων. Τρεις κατοχυρώσεις με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας βρίσκονται σε εξέλιξη, με αντίστοιχες δηλώσεις προστασίας PCT. Το SyncWave™ αναμένεται να έχει ελάχιστες περιβαλλοντικές συνέπειες.

Ο μετατροπέας SyncWave™ είναι ένα είδος «αντί-ταλαντωτή» αποτελούμενου από δύο πλωτά τμήματα, που το καθένα είναι σχεδιασμένο με συγκεκριμένες ιδιότητες υδροδυναμικής και αδράνειας. Αυτό εξασφαλίζει τη φυσική ταλάντωση εκτός φάσης του ενός από το άλλο κάτω από μια σχεδόν σταθερή κατάσταση διέγερσης του κυματικού πεδίου. Ο ωκεανός αντιμετωπίζεται ως ένα τεράστιο κυματικό πεδίο διάδοσης, όπως περίπου ένα ραδιοφωνικό κύμα μεταδίδεται στο κενό. Έτσι το σύστημα ελέγχου του μετατροπέα έχει σχεδιαστεί ώστε να συντονίζεται με τη κυρίαρχη αρμονική του τρισδιάστατου κυματικού φάσματος, όπως μια κεραία συντονίζεται με ένα ραδιοφωνικό σήμα. Αυτό προσδίδει στο PTO του SyncWave™ το πιο ισχυρό και ουσιαστικό ενεργειακό σήμα από το κυματικό πεδίο της θάλασσας. Ο ελεγκτής ακολουθεί τις αλλαγές στην κατάσταση της θάλασσας και της συχνότητας με το πέρασ του χρόνου, ενώ διαρκώς πραγματοποιεί διορθωτικές ρυθμίσεις (κάθε ένα λεπτό) για να διατηρήσει το σύστημα στο μέγιστο επίπεδο παραγωγικότητας και πάντα μέσα σε όρια μετάδοσης σε ακραίες καιρικές συνθήκες.



Εικόνα Β)III.3.6)2 : Δοκιμαστικό μοντέλο SyncWave™ σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων

Ο σχεδιασμός του SyncWave™ αναπτύχθηκε και ενσωματώθηκε με γνώμονα τα πιο σημαντικά ζητήματα κόστους που προσδιορίστηκαν από τη βρετανική Carbon Trust και έθεσαν περιορισμούς στην υιοθέτηση της κυματικής ενέργειας. Σε σύγκριση με άλλες συσκευές με βάση την μέση εκτιμώμενη παραγωγικότητα ανά κιλοβάτ, η κατασκευή του SyncWave™ απαιτεί λιγότερο χάλυβα για την κατασκευή του, λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης και λιγότερες ειδικές εγκαταστάσεις κατασκευής. Εκτός από την αναγκαία υποθαλάσσια υποδομή μετάδοσης της ισχύος (που είναι κοινή για όλες τις συσκευές κυματικής ενέργειας), το SyncWave™ με την απλή πρόσδεση του στον πυθμένα της θάλασσας, απαιτεί ελάχιστη υποθαλάσσια εργασία μειώνοντας έτσι το κόστος εγκατάστασης και αποσυναρμολόγησης. Η προσχεδιασμένη και απαιτούμενη συντήρηση θα ελαχιστοποιηθεί λόγω του εξαιρετικά απλού και εξυπηρετικού σχεδιασμού του SyncWave™, καθώς και της ειδικής μεθόδου συντήρησης κατά την οποία όλες οι αναμενόμενες εργασίες συντήρησης μπορούν να εκτελεστούν πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τέλος με το επαναστατικό σύστημα ελέγχου SWELS, η συσκευή μπορεί να παράγει συνεχώς και αποδοτικά ηλεκτρισμό σε όλες σχεδόν τις συνθήκες, από ήρεμες θάλασσες έως και σε πολύ ισχυρές καταιγίδες. Όλα τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας SyncWave™ έχουν αποδειχθεί από περίπλοκες υπολογιστικές εξομοιώσεις και από δοκιμές σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων. Το επόμενο πρακτικό βήμα είναι η δοκιμή μιας συσκευής SyncWave™ σε πραγματικές συνθήκες ωκεανού.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Μειώνει το αναμενόμενο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα επίπεδο που εκτιμάται ότι θα είναι παραπάνω από δύο φορές πιο αποδοτικό από την παρούσα ηγετική εμπορική τεχνολογία κυματικής ενέργειας και ανταγωνιστικό ως προς την αιολική ενέργεια και τις τεχνολογίες «καθαρού άνθρακα».

2. Είναι σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να παραχθεί και να κατασκευαστεί τμηματικά σε μία κεντρική πλατφόρμα.
3. Είναι σχετικά απλό να κατασκευαστεί, να εγκατασταθεί, να συντηρηθεί και να αποσυρθεί, με μεγάλη διάρκεια ζωής.
4. «Χαλαρή» πρόσδεση για ελαχιστοποίηση του κόστους, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και για την αντιμετώπιση παλιρροιών χωρίς προβλήματα.
5. Η κλίμακα κατασκευής του κυμαίνεται από πολύ μικρή ως και πολύ μεγάλη εμπορικά αξιοποιήσιμη.
6. Δεν χρησιμοποιεί υδραυλικά συστήματα.
7. Έχει διακριτική οπτική παρουσία και αθόρυβη λειτουργία.
8. Παρουσιάζει αμελητέες περιβαλλοντολογικές συνέπειες.
9. Είναι κατάλληλο για οποιαδήποτε είδος βυθού σε βάθος μεγαλύτερο από 20 μέτρα.
10. Σταματάει αξιόπιστα τη λειτουργία του σε περίπτωση ακραίων κυματικών φαινομένων και ξεκινά πάλι αυτόματα.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Η εταιρία σκοπεύει να εισχωρήσει στην αγορά το 2010 με τη τροφοδότηση δικτύων ισχύος μικρής κλίμακας (τυπικά 20kW με 2.000kW) με τη χρήση της τεχνολογίας SyncWave™ σε ποσοστό 15% με 30%. Αυτής της κλίμακας τα δίκτυα αφορούν κυρίως απομονωμένες κοινότητες και εμπορικούς καταναλωτές σε παλιρροιακά νερά που προς το παρόν στηρίζονται σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μηχανές ντίζελ. Αργότερα, μετά το 2010 η SEI σχεδιάζει να επεκταθεί στη κεντρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με πρότζεκτς μεγαλύτερης κλίμακας. Ενώ οι τιμές της παρούσας παραγωγής ντίζελ εκτός δικτύου κυμαίνονται από 0,2€ μέχρι 1,35€ ανά kWh, το SyncWave™ μπορεί στο μέλλον να πουλάει ηλεκτρική ενέργεια για λιγότερο από 0,1€ ανά kWh σε εμπορική κλίμακα για εφαρμογές εκτός δικτύου και για λιγότερο από 0,05€/kWh σε εμπορική κλίμακα για εφαρμογές δικτύου (τα τελευταία νέα αναφέρονται ακόμα και σε χαμηλότερη τιμή 0,034€/kWh).

B) III.3.7) FO³

Το FO³ είναι μια πλατφόρμα μετατροπής της κυματικής ενέργειας κατασκευασμένη κυρίως από φάιμπεργκλας για τοποθέτηση στην ανοιχτή θάλασσα. Η εφεύρεση ανήκει στον Fred Olsen, ενώ την ανάπτυξη και εφαρμογή της έχει αναλάβει η κοινοπραξία SEEWEC (Sustainable Economically Efficient Wave Energy Converter) που αποτελείται από 11 φορείς από 6 διαφορετικές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η τεχνολογία του FO³ συνδυάζει την εμπειρία από την βιομηχανία ανοιχτής θαλάσσης και την τεχνογνωσία για τη μετατροπή της κυματικής ενέργειας από τους σημειακούς απορροφητές ενέργειας.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.7)1 : Η πλωτή πλατφόρμα μετατροπής της κυματικής ενέργειας FO3.

Τεχνολογία

Ανάμεσα από τα 4 πόδια της πλατφόρμας υπάρχουν μερικές μεγάλες πλωτές μπάλες ή πλαστικά «αυγά». Αυτά ταλαντώνονται πάνω-κάτω από τα διερχόμενα θαλάσσια κύματα και η ενέργεια που αποσπώνται, με αυτόν τον τρόπο, μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό. Αυτές οι πλατφόρμες FO3 μπορούν να τοποθετηθούν στην ανοιχτή θάλασσα, σε οποιοδήποτε βάθος. Το υλικό κατασκευής τους, επεξεργασμένο φάιμπεργκλας, διατηρεί το κόστος σε χαμηλά επίπεδα και κάνει την κατασκευή του ευκολότερη απ' ό,τι θα ήταν αν κατασκευαζόταν από χάλυβα.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Ο βασικός στόχος του SEEWEC είναι η ανάπτυξη ενός μετατροπέα κυματικής ενέργειας FO³ δεύτερης γενιάς, με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από τη παρακολούθηση της πειραματικής πλατφόρμας κλίμακας 1:3 έξω από το Brevik της Δανίας και τον σταθμό δοκιμής του συστήματος (SSTS) στο Lokstadt. Το πρότζεκτ θα επικεντρωθεί σε οικονομικά αποδοτικές λύσεις και σχεδιασμό για τη μαζική παραγωγή FO³ μεγάλης κλίμακας. Η προοπτική της ανάπτυξης της τεχνολογίας FO³ σχετίζεται με τη παραγωγή ηλεκτρισμού χωρίς καύση άνθρακα, τη μείωση της εξάρτησης από φυσικά καύσιμα, τη συνεισφορά στην διαφοροποίηση και εξασφάλιση των Ευρωπαϊκών αποθεμάτων ενέργειας, την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών συνεπειών από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος την αύξηση της οικονομικής βιωσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.7)2 : Μια «φάρμα κυμάτων» με πολλούς μετατροπείς FO^3 .

Η αρχικές εργασίες πάνω στη τεχνολογία του FO^3 ξεκίνησαν το 2001, ενώ οι αναγκαίες κατοχυρώσεις πραγματοποιήθηκαν το 2003. Ακολούθησε ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της γενικής ιδέας και η θεωρητική μοντελοποίηση. Ένα μοντέλο FO^3 κλίμακας 1 :20 δοκιμάστηκε σε δεξαμενή κυμάτων στις αρχές του 2004, τόσο σε συνθήκες φυσιολογικής λειτουργίας όσο και σε ακραίες κυματικές συνθήκες. Οι δοκιμές ολοκληρώθηκαν επιτυχώς, αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας στη θάλασσα. Έπειτα αποφασίστηκε και ολοκληρώθηκε η κατασκευή και δοκιμή μιας πειραματικής πλατφόρμας κλίμακας 1 :3 (που ονομάστηκε Buldra) έξω από το Brevik της Νορβηγίας. Η κατέλκυση της πλατφόρμας πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2005 και από τότε χρησιμοποιείται για εκτενής παρακολούθηση και δοκιμές. Τα αποτελέσματα και οι πληροφορίες που θα προκύψουν θα οδηγήσουν τελικά στην ανάπτυξη της επόμενης γενιάς μετατροπέων FO^3 με μείωση του κόστους παραγωγής στα 0,03€/kWh.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.7)3 : Η πειραματική πλατφόρμα Buldra κλίμακας 1:3 των 2,5MW έξω από το Brevik της Νορβηγίας.

B)ΙΙΙ.3.8) PowerBuoy®

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



Εικόνα Β)III.3.8)1 : Μοντέλο PowerBuoy® των 40kW σε τοποθεσία δοκιμής στην ανοιχτήθάλασσα.

Τεχνολογία

Το σύστημα PowerBuoy® είναι ένα «έξυπνο» πλωτό σώμα που συλλαμβάνει την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και τη μετατρέπει σε καθαρό ηλεκτρισμό χαμηλού κόστους. Το ανεβοκατέβασμα των κυμάτων στην ανοιχτή θάλασσα προκαλεί την ελεύθερη κατακόρυφη ταλάντωση του πλωτού σώματος PowerBuoy®. Η μηχανική ταλάντωση μετατρέπεται, μέσω ενός περίπλοκου ΡΤΟ (Power Take-Off), για να κινήσει μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στη στεριά μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου ισχύος.

Η απόσταση της τοποθεσίας εγκατάστασης της συσκευής είναι 1 με 3 μίλια από την ακτή, ενώ είναι σχεδιασμένη για λειτουργία σε τοποθεσίες με ενέργεια κυμάτων ίση και μεγαλύτερη από 20kW/m. Μία εγκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας 10MW θα καταλαμβάνει περίπου 30 στρέμματα (0,125 τετραγωνικά χιλιόμετρα) θαλάσσιας έκτασης. Ειδικοί αισθητήρες πάνω στο PowerBuoy ελέγχουν διαρκώς την απόδοση των διαφόρων υποσυστημάτων του και τον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο. Οι πληροφορίες μεταδίδονται στην ακτή σε πραγματικό χρόνο, ενώ σε περίπτωση πολύ μεγάλων επικείμενων κυμάτων το σύστημα ασφαρίζεται αυτόματα και σταματάει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μόλις το ύψος των θαλάσσιων κυμάτων επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα, το σύστημα απασφαλίζεται και ξαναρχίζει τη μετατροπή και μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή.

Όσον αφορά το περιβάλλον, το PowerBuoy® περισσότερο το ωφελεί παρά το βλάπτει αφού έχει απόλυτα καθαρή λειτουργία χωρίς ρύπους ή εκπομπές CO₂, δεν παράγει στερεά ή υγρά απόβλητα, έχει αθόρυβη λειτουργία, έχει ελάχιστες επιπτώσεις στον βυθό της θάλασσας και είναι αισθητικά ευχάριστο. Επίσης ως απορροφητής της κυματικής ενέργειας μειώνει την διάβρωση της ακτογραμμής, ενώ ως τεχνητός ύφαλος προωθεί την ανάπτυξη θαλάσσιων οργανισμών πάνω του.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.8)2 : Ενεργειακό πάρκο με συσκευές PowerBuoy® μικρής κλίμακας σε τοποθεσία δοκιμής στην ανοιχτή θάλασσα.

Η τεχνολογία PowerBuoy® μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών:

- Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Μεγάλης Κλίμακας
- Τροφοδότηση Απομακρυσμένων Περιοχών και Μικρών Τοπικών Δικτύων
- Αφαλάτωση Θαλασσινού Νερού
- Επεξεργασία Φυσικών Πόρων σε Απομακρυσμένες Περιοχές
- Παραγωγή Υδρογόνου
- Ιχθυοκαλλιέργειες
- Τηλεπισκόπηση.

Σύγκριση με Άλλες Ενεργειακές Τεχνολογίες

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται διάφορα συγκριτικά χαρακτηριστικά ανάμεσα στην τεχνολογία PowerBuoy® και σε άλλες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες ή συμβατικές πηγές:

	PowerBuoy®	Φυσικά Καύσιμα	Αιολική Ενέργεια στη Στεριά	Αιολική Ενέργεια στη Θάλασσα	Ηλιακή Ενέργεια
Πυκνότητα Ενέργειας	Υψηλή, περίπου 1000 φορές υψηλότερη απ' ότι στην αιολική	Πολύ υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Προβλεψιμότητα	Υψηλή λόγω πρόβλεψης καιρού	Πάρα πολύ υψηλή	Χαμηλή με εξαίρεση κάποιες τοποθεσίες	Μέτρια	Απρόβλεπτη με εξαίρεση κάποιες τοποθεσίες
Συντελεστής Φόρτισης	30% - 45%	50% - 90%	25% - 35%	25% - 35%	10%- 20%
Οπτικές Συνέπειες	Ελάχιστες αφού δεν είναι ορατό από την ακτή	Πολύ Υψηλές	Μέτριες	Χαμηλές	Διακριτικές
Ενδεχόμενες Τοποθεσίες Εγκατάστασης	Εκτεταμένες στην ακτογραμμή	Εκτεταμένες αλλά με χρονοβόρα διαδικασία απόκτησης άδειας	Περιορισμένες	Μέτριες	Περιορισμένες για υψηλή πυκνότητα ενέργειας και εκτεταμένες για χαμηλή ως μέτρια
Κόστος ανά kWh για Παραγωγή Εκτός Δικτύου	0,07€- 0,1€	Μη Διαθέσιμο	0,09€- 0,1€	0,16€	0,25€- 0,5€
Κόστος ανά kWh για Παραγωγή Εντός Δικτύου	0,05€*	0,04€	0,04€- 0,05€	0,07€- 0,09€	0,1€- 0,25€

*Η τιμή υπολογίστηκε για ένα PowerBuoy® φυσικής κλίμακας των 500kW.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Απλή κατασκευή από χάλυβα

2. Χρησιμοποιεί συμβατικά συστήματα αγκυροβόλησης.
3. Απλή διαδικασία εγκατάστασης χρησιμοποιώντας συμβατικά θαλάσσια σκάφη και υποδομή.
4. Ελεύθερη Κλίμακα Κατασκευής ($> 100\text{MW}$).
5. Υψηλός Συντελεστής Φορτίου και Διαθεσιμότητα.
6. Ελάχιστες Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.



Εικόνα β)III.3.8)3 : Ένα ολοκληρωμένο μοντέλο PowerBuoy® των 40kw.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Στις παρακάτω τοποθεσίες η εταιρία Ocean Power Technologies έχει ήδη ή σκοπεύει να εφαρμόσει την τεχνολογία του PowerBuoy:

1. Oahu, Hawaii à Εγκαταστάθηκαν συσκευές PowerBuoy® (PB-40) τον Ιούνιο του 2004, τον Οκτώβριο του 2005 και των Ιούνιο του 2007 σε στρατιωτικές βάσεις των Ηνωμένων Πολιτειών. Ολοκληρώθηκε η εκτενής περιβαλλοντική αξιολόγηση. Ο απώτερος στόχος είναι η επίδειξη της τεχνολογία εκμετάλλευσης της κυματικής ενέργειας για χρήση σε αμερικάνικες ναυτικές βάσεις σε όλο τον κόσμο. Μέγεθος ενεργειακού πάρκου μέχρι 1MW, βάθος υδάτων 30 μέτρα και πυθμένας από ασβεστόλιθο.
2. Atlantic City, New Jersey à Εγκατάσταση και λειτουργία ενός PowerBuoy® από τον Οκτώβριο του 2005 για επίδειξη της βιωσιμότητας της τεχνολογίας στο New Jersey. Μέγεθος 40kW (ένα PowerBuoy®) σε βάθος υδάτων 18 μέτρα και με πυθμένα από σκληρή άμμο.
3. Santon, Spain à Βρίσκεται σε εξέλιξη (ολοκληρώθηκε η πρώτη φάση) η κατασκευή της δεύτερης φάσης που αποτελείται από υποθαλάσσιο καλώδιο ισχύος, υποθαλάσσιο υποσταθμό, σύνδεση στο δίκτυο και τη πρώτη μονάδα PowerBuoy®. Ο σκοπός είναι η επίδειξη της βιωσιμότητας της τεχνολογίας στην Βόρεια Ακτή της Ισπανίας. Μέγεθος του ενεργειακού πάρκου 1,39MW, βάθος υδάτων 50 μέτρα και πυθμένας από αμμώδεις και πετρώδεις σχηματισμούς.

B)III.3.9) OWEC®

Το OWEC® (Ocean Wave Energy Converter) της αμερικάνικης εταιρίας OWECO Ocean Wave Energy Company με έδρα το Rhode Island (USA), είναι ένας υπό ανάπτυξη μετατροπέας της κυματικής ενέργειας των ωκεανών. Η τεχνολογία OWEC® έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (U.S. Patent 4.232.230 & U.S. Patent 4.672.222). Η σύλληψη της αρχικής ιδέας του συστήματος OWEC® χρονολογείται πίσω στο 1987 και από τότε η τεχνολογία αυτή βρίσκεται υπό συνεχή εξέλιξη. Η εμπειρία και η έρευνα τριών δεκαετιών έχει οδηγήσει σε κάποιες φιλόδοξες προτεινόμενες εφαρμογές της τεχνολογίας OWEC®. Αυτές οι εφαρμογές εκτείνονται από κατασκευές μικρής κλίμακας έως και πραγματικά τεράστιες εγκαταστάσεις με χιλιάδες ή και εκατομμύρια διασυνδεδεμένους μετατροπείς OWEC® στους ωκεανούς όλης της γης με απώτερο σκοπό την παγκόσμια διασύνδεση σε ένα κοινό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα B)III.3.9)1 : Τρεις δοκιμαστικοί μετατροπείς OWEC® σε δεξαμενή τεχνητών

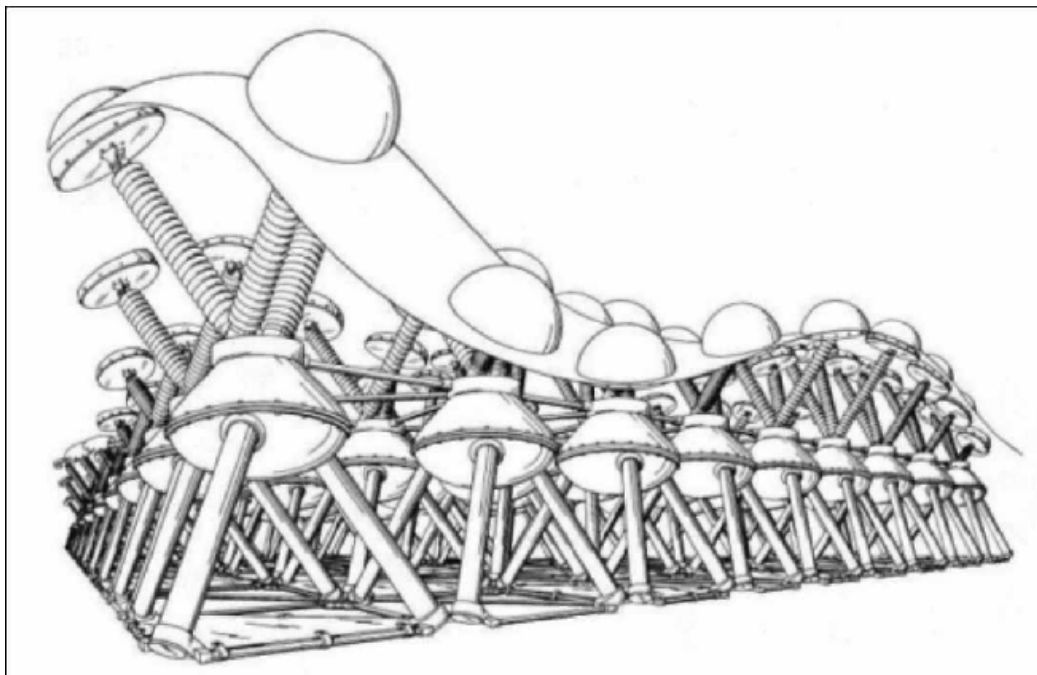
Τεχνολογία

Η αρχή λειτουργίας του μετατροπέα βασίζεται στη σχετική κίνηση που προκαλούν τα θαλάσσια κύματα ανάμεσα σε δύο σημαδούρες, ή μία εκ των οποίων βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας ενώ η άλλη είναι βυθισμένη τόσο ώστε να μην επηρεάζεται τα διερχόμενα κύματα. Η σημαδούρα της επιφάνειας έχει προσαρτημένη μια μεταλλική βέργα ενώ η βυθισμένη σημαδούρα έχει προσαρτημένο πάνω της ένα κυλινδρικό σωλήνα, μέσα στον οποίο κινείται η βέργα. Η επιφανειακή σημαδούρα είναι γεμάτη με αέρα ενώ η βυθισμένη έχει μια υπολογισμένη αναλογία αέρα προς μάζα ώστε να διατηρείται στην επιθυμητή θέση κάτω από την επιφάνεια

της θάλασσας. Καθώς περνάει ένα κύμα η σημαδούρα της επιφάνειας ανεβοκατεβαίνει και παράγεται ηλεκτρισμός από την κίνηση του συστήματος της βέργας ως προς τον σωλήνα που περιέχει μια γραμμική ηλεκτρική γεννήτρια. Δοκιμάστηκαν διάφορα σχήματα για τη κατασκευή των σημαδούρων ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο και αποδοτικότερο, το οποίο τελικά είχε κωνική μορφή.

Η τελική μορφή μιας μονάδας μετατροπής OWEC® (βλέπε Εικόνα 2), ύστερα από πολλά πειράματα και αναλυτική έρευνα, αποτελείται από τρεις κωνοειδείς επιφανειακές σημαδούρες με άξονες σε κλίση 60° ως προς την οριζόντιο, που μετατρέπουν την κίνηση τους σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γραμμικών γεννητριών που περιέχονται σε μια στεγανή σημαδούρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Δηλαδή για κάθε τρεις επιφανειακές σημαδούρες που κινούνται αξονικά προς διαφορετικές κατευθύνσεις, υπάρχει και μια σημαδούρα μετατροπής της κινητικής ενέργειας των τριών αξόνων σε ηλεκτρική. Με την κεκλιμένη τοποθέτηση των τριών αξόνων προς διαφορετικές κατευθύνσεις, διευρύνεται η απόσταση σύλληψης των σημαδούρων λόγω της ταυτόχρονης απορρόφησης τόσο της δυναμικής όσο και της κινητικής ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων.

Η εταιρία εκτιμά ότι η τεχνολογία του OWEC® θα εφαρμοστεί στην κατασκευή ενός πλέγματος πολλών διασυνδεδεμένων μονάδων OWEC®, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Τα τμήματα της εγκατάστασης που θα βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας θα είναι αναρτημένα σε τέτοιο βάθος ώστε να επιτρέπουν την παλινδρομική κίνηση των σημαδούρων και των αντίστοιχων αξόνων κίνησης τους σε όλο το εύρος της κίνησης τους. Επίσης προαιρετικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλάκες απόσβεσης ταλαντώσεων ως άγκυρες έτσι ώστε να χρειάζεται μόνο κάποια χαλαρή πρόσδεση στον πυθμένα της θάλασσας για τη διατήρηση της εγκατάστασης σε μια συγκεκριμένη θέση. Η κυματική δραστηριότητα πάνω στις επιφανειακές σημαδούρες προκαλεί τη σχετική κίνηση των αξόνων τους, ως προς τα υπόλοιπα τμήματα του μετατροπέα, για την κίνηση των ηλεκτρικών γεννητριών. Η ηλεκτρική ενέργεια συνδυάζεται προσθετικά, μέσα στο προστατευτικό κάλυμμα της κάθε μονάδας μετατροπής, και διασυνδέεται με τις άλλες μονάδες για την τελική σύνδεση με το δίκτυο.



Εικόνα Β)III.3.9)2 : Πλεγμα διασυνδεδεμενων μετατροπεων OWEC® σε λειτουργια.

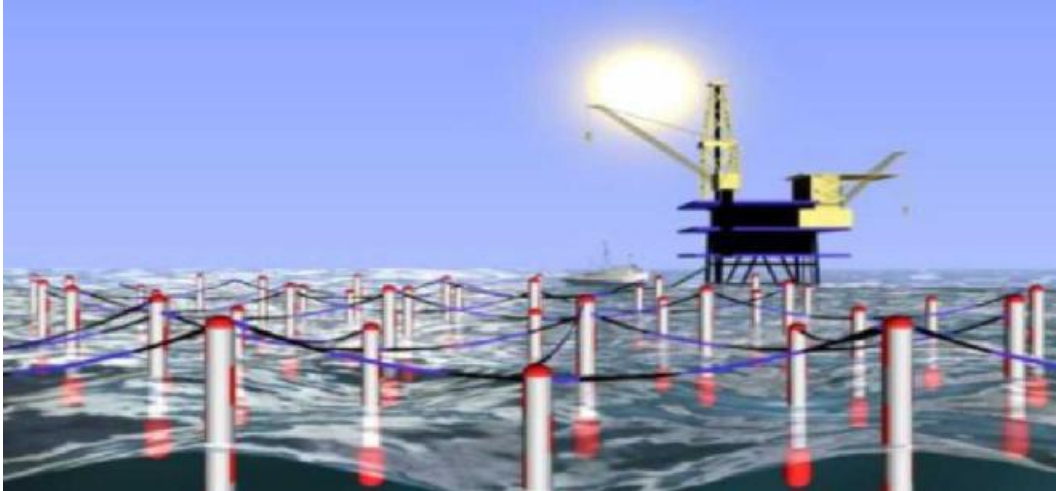
Προβλέπεται η κατασκευή και εγκατάσταση μοντέλων διαφόρων μεγεθών για την προσαρμογή σε όλο το εύρος των ωκεάνιων κυμάτων. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις πολλών μονάδων OWEC® όλων των μεγεθών, η διασύνδεση όλων των μονάδων βελτιώνει τη σταθερότητα των τμημάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και διευκολύνει τη μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Η τεχνολογία του OWEC® μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες συμβατικές και ανερχόμενες τεχνολογίες. Η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπεται αρχικά να αφορά εφαρμογές μικρής κλίμακας της τεχνολογίας OWEC® σε ναυτιλιακό εξοπλισμό και όργανα μετρήσεων, ή γενικά σε παρόμοιες εγκαταστάσεις που απαιτούν ηλεκτρισμό εκτός δικτύου. Η μαζική εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας OWEC® θα περιλαμβάνει εφαρμογές σε διάφορα πεδία όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, τα μεταλλεύματα, την αλιεία, τις υδατοκαλλιέργειες, την ασφαλίωση νερού, κτλ.

B)III.3.10) FWEPS

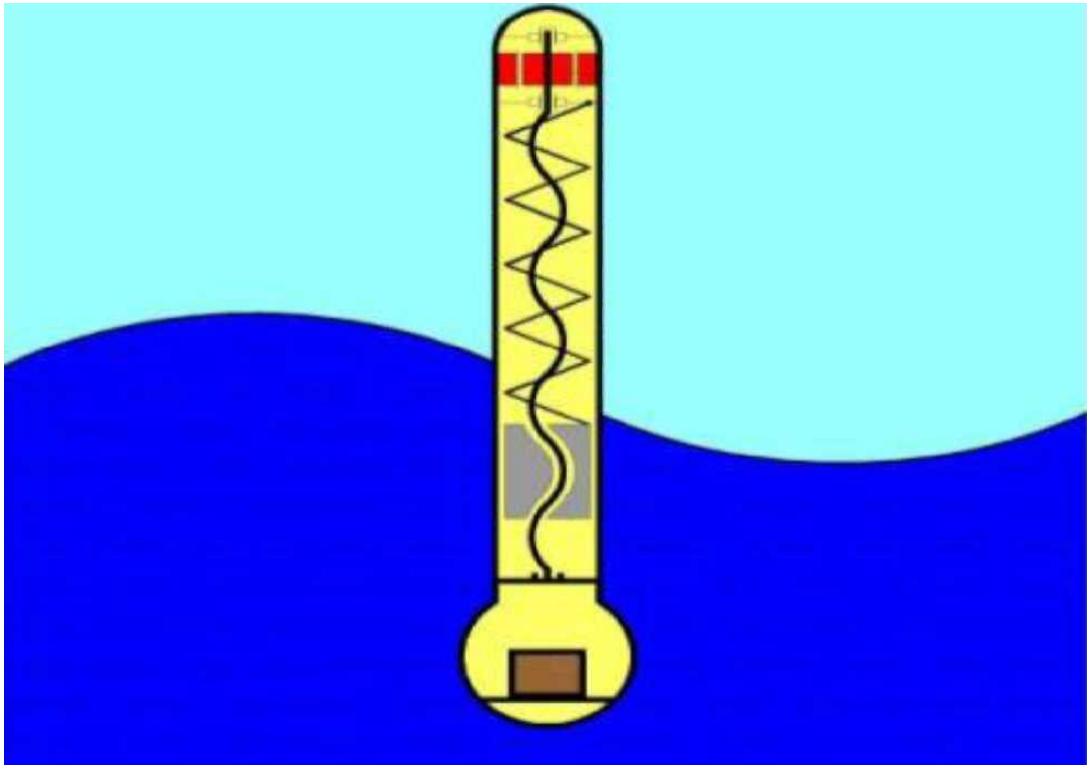
Το FWEPS (Float Wave Electric Power Station) της ρώσικης εταιρίας Applied Technologies Company Ltd είναι μια συσκευή μετατροπής της κυματικής ενέργειας που εκμεταλλεύεται την ταλάντωση των κυμάτων. Πρόκειται για μία στενόμακρη

πλωτή κάψουλα συμμετρικού άξονα που τοποθετείται στην επιφάνεια της θάλασσας σε κατακόρυφη θέση.



Εικόνα Β)III.3.10)1 : Μια πλωτή «φάρμα» πολλών διασυνδεδεμένων μετατροπέων FWEPS.

Μέσα στη κάψουλα στεγάζονται ένας μηχανικός μετατροπέα κυματικής ενέργειας (αποτελούμενος από ένα σύστημα ταλάντωσης και έναν οδηγό ταλάντωσης), μία ηλεκτρική γεννήτρια και ένας ηλεκτρικός συσσωρευτής. Κάτω από την επίδραση των κυμάτων η πλωτή κάψουλα και το εσωτερικό σύστημα ταλάντωσης του μηχανικού μετατροπέα βρίσκονται σε διαρκή ταλάντωση, καθώς ο οδηγός που είναι συνδεδεμένος με το σύστημα κινεί διαρκώς την ηλεκτρική γεννήτρια. Ανάλογα με τη περίπτωση, είναι δυνατή η ανάπτυξη ενός μόνο μοντέλου FWEPS για παραγωγή ισχύος έως και 50kW ή εγκαταστάσεων πολλών διασυνδεδεμένων συσκευών FWEPS σε μορφή πλέγματος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πολλών MW. Επίσης η τεχνολογία του FWEPS μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.



Εικόνα Β)III.3.10)2 : Το σχηματικό διάγραμμα του εσωτερικού της πλωτής κάψουλας ενός μετατροπέα FWEPS

Μία συσκευή μπορεί να αποτελέσει την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για διερχόμενα πλοία, φάρους, μετεωρολογικά ή επικοινωνιακά συστήματα, συστήματα ναυσιπλοΐας, εξοπλισμό για επείγοντες καταστάσεις, κτλ. Από την άλλη, μία εγκατάσταση πολλών διασυνδεδεμένων συσκευών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τροφοδότηση παράκτιων ή νησιωτικών κοινοτήτων, για την εκμετάλλευση θαλάσσιων εγκαταστάσεων γεώτρησης και πετρελαίου, για παραγωγή υδρογόνου και οξυγόνου μέσω ηλεκτρόλυσης, κτλ.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Η ιδιότητα της ελεύθερης ταλάντωσης της συσκευής που ακολουθεί τη κίνηση των κυμάτων, προσδίδει στη συσκευή την αποδοτικότερη μέθοδο PTO (Power Take-Off).
2. Η ωφέλιμη λειτουργία σε διάφορα μήκη, ταχύτητες και εντάσεις κυμάτων, καθώς και σε διάφορες κατευθύνσεις διάδοσης. Δηλαδή πρόκειται για μια ιδιαίτερα προσαρμοστική συσκευή σε μεταβαλλόμενες θαλάσσιες συνθήκες.
3. Η αξιοπιστία και η μεγάλη διάρκεια παραγωγικής ζωής λόγω της αδιάβροχης πλωτής κάψουλας που προστατεύει τα τμήματα στο εσωτερικό της συσκευής από το θαλασσινό νερό και τη διάβρωση.
4. Η εύκολη εγκατάσταση των συσκευών απευθείας στη θάλασσα, σε τοποθεσίες ακατάλληλες για ανθρώπινη ζωή ή ναυσιπλοΐα και γενικά η εύκολη μεταφορά τους από τοποθεσία σε τοποθεσία για οποιοδήποτε λόγο.

5. Η απλότητα του μονταρίσματος και ξεμονταρίσματος, η ικανότητα να λειτουργεί χωρίς επιτήρηση και το χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί επιτυχώς η φυσικομαθηματική ανάλυση της συσκευής, η κατασκευή και εργαστηριακή δοκιμή διάφορων μοντέλων FWEPS μικρής κλίμακας και ο σχεδιασμός ενός πειραματικού πρωτοτύπου μικρής ισχύος για θαλάσσια δοκιμή. Τώρα το δοκιμαστικό μοντέλο βρίσκεται υπό πειραματική ανάπτυξη και στο τελευταίο στάδιο της κατασκευής του.

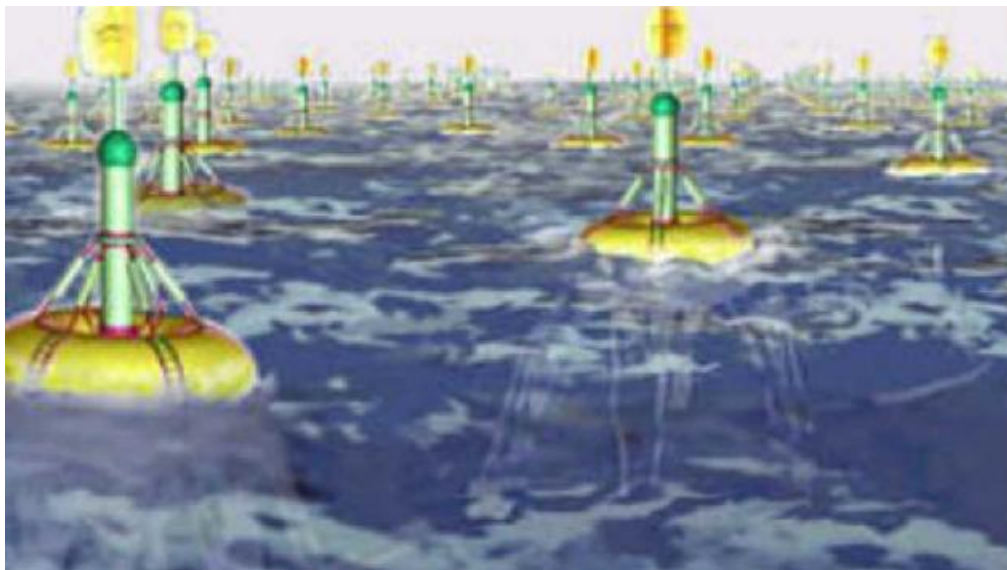
Τα μελλοντικά σχέδια αφορούν την ανάπτυξη ενός μοντέλου FWEPS πλήρους μεγέθους ισχύος 10kW, τη κατασκευή και δοκιμή του, την ανάπτυξη και δοκιμή των βοηθητικών συσκευών για εγκαταστάσεις πολλών διασυνδεδεμένων συσκευών FWEPS, την προετοιμασία της τεκμηρίωσης του σχεδιασμού και του πλάνου παραγωγής και τέλος την ανάπτυξη, παραγωγή, δοκιμή και λειτουργία μιας εγκατάστασης πολλών διασυνδεδεμένων συσκευών FWEPS με συνολική ισχύ εξόδου μέχρι 10MW.



Εικόνα Β)III.3.10)3 : Ένα πρωτότυπο FWEPS πλήρους κλίμακας υπό κατασκευή και ο εσωτερικός μηχανισμός μετατροπής ενός μοντέλου FWEPS μικρής κλίμακας.

B)III.3.11) Brandl Generator

Το Brandl Generator της γερμανικής εταιρίας Brandl Motors, είναι μια τεχνολογία μετατροπής της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια χαμηλού κόστους. Η κατασκευή της συσκευής και η υιοθέτηση δοκιμασμένων και αποδεδειγμένων τεχνολογιών ελαχιστοποιούν τους κινδύνους και το κόστος.



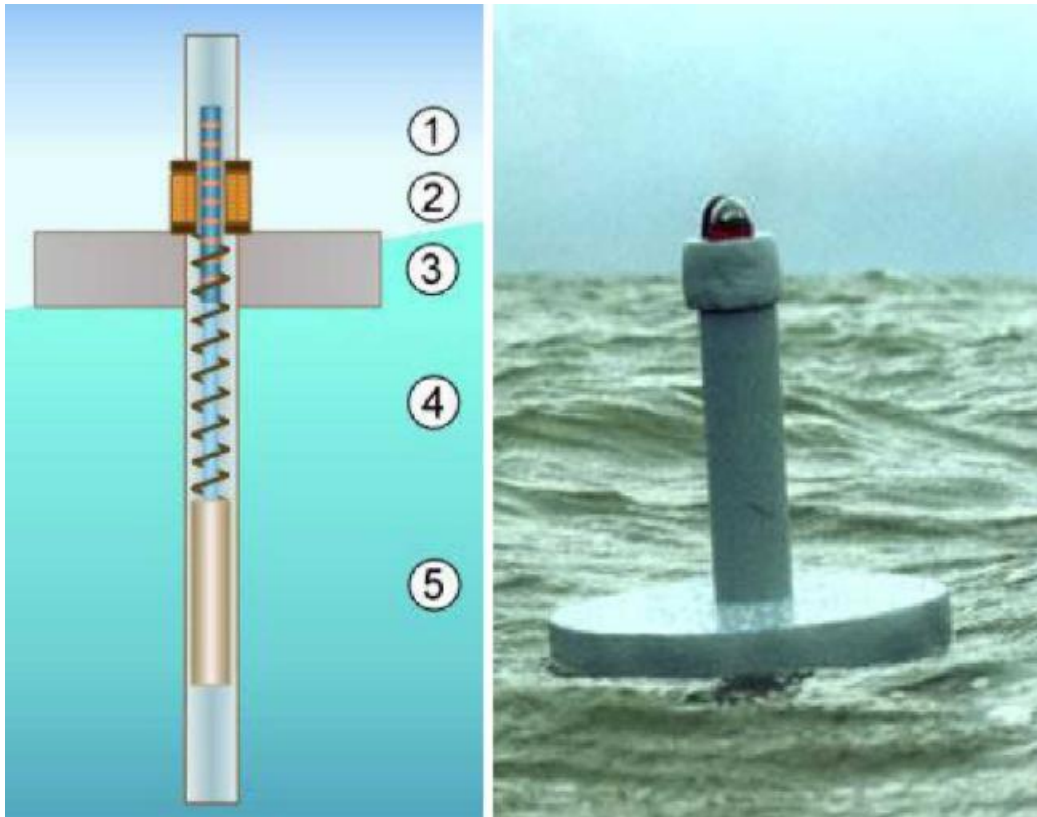
Εικόνα Β)ΙΙΙ.3.11)1 : Μια «φάρμα κυμάτων» μεγάλης έκτασης με πολλούς διασυνδεδεμένους μετατροπείς Brandl Generator.

Τεχνολογία

Οι σημαδούρες Brandl Generator είναι σχεδιασμένες να επιπλέουν, αυξάνοντας κατά πολύ τον αριθμό των πιθανών τοποθεσιών εγκατάστασης. Επειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολόκληρη η έκταση της θάλασσας, είναι δυνατό να παραχθεί φθηνή ηλεκτρική ενέργεια, με πολύ καλή αναλογία ως προς μάζα, με τη τεχνολογία του Brandl Generator. Ο ηλεκτρισμός που θα παράγεται από 1000 συσκευές Brandl Generator, με ισχύ 1000kW η κάθε μία (προσωρινή τυπική τιμή), ισούται με τη παραγωγή ενός πυρηνικού εργοστασίου.

Η πλωτή σημαδούρα ενός μετατροπέα Brandl Generator φυσικής κλίμακας έχει διάμετρο 15 μέτρα, ενώ όλα τα κινούμενα τμήματα βρίσκονται απομονωμένα σε μια κλειστή μακρόστενη κάψουλα. Με αυτόν τον τρόπο απλοποιείται η συντήρηση και διατηρείται το κόστος σέρβις σε χαμηλά επίπεδα. Ο μετατροπέας Brandl Generator αποτελείται από 4 βασικά τμήματα. Αυτά είναι το πλωτό σώμα (σημαδούρα), το ελατήριο με το κρεμασμένο αντίβαρο και η απευθείας συνδεδεμένη, γραμμική γεννήτρια.

Η κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων προκαλεί τη σχετική κάθετη κίνηση ταλάντωσης μεταξύ του πλωτού σώματος και του αντίβαρου που μεταδίδεται υδραυλικά στη γραμμική γεννήτρια που παράγει ηλεκτρισμό. Πιο απλά, σύμφωνα με την Εικόνα 2, ένας δίσκος θετικής πλευστότητας (3) ανεβοκατεβαίνει λόγω της κίνησης των κυμάτων. Ένα αντίβαρο-εκκρεμές (5) κρέμεται στο κάτω μέρος ενός ελατηρίου (4) και κινείται αντί-κυκλικά πάνω και κάτω. Αυτό κινεί τους συνδεδεμένους μαγνήτες του κεντρικού άξονα (1), που με τη σειρά τους προκαλούν την ανάπτυξη ενός ηλεκτρικού ρεύματος καθώς κινούνται μέσα από τις σπείρες μιας αυτεπαγωγής (2). Η πατενταρισμένη συσκευή Brandl Generator βυθίζεται κατά τη διάρκεια μεγάλων και επικίνδυνων κυμάτων και συνεχίζει να λειτουργεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, προστατευμένη από ζημιές ή απώλεια.



Εικόνα Β)III.3.11)2 : Τα βασικά τμήματα ενός μετατροπέα Brandl Generator και ένα πειραματικό μοντέλο Brandl Generator μικρής κλίμακας σε δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες ανοιχτής θαλάσσης.

Όσον αφορά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στη στεριά, η συσκευή Brandl Generator θα μπορεί να συνδεθεί με την ακτή με υποθαλάσσιο καλώδιο. Χρησιμοποιώντας μοντέρνα υψηλή τάση DC θα έχει απώλειες ενέργειας κάτω από 10% ακόμα και για αποστάσεις 3.000 χιλιομέτρων. Το κόστος της μεταφοράς της ενέργειας είναι ευνοϊκά χαμηλό ακόμα και σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με τις διακυμάνσεις του καιρού να εξισώνονται κατάλληλα.

Οικονομική Ανάλυση

Τα ενεργειακά πάρκα είναι εξασφαλισμένα έναντι ζημίας και διακοπής της παραγωγής. Αν οι γεννήτριες αποτύχουν ή βυθιστούν, οι επιστροφές και τα έσοδα στον επενδυτή δεν επηρεάζονται. Για τη διαβεβαίωση αυτή, ο επενδυτής θα είναι μέτοχος του ενεργειακού πάρκου μέχρι την ολοκληρωτική επιστροφή των χρημάτων του.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η οικονομική σύγκριση ανάμεσα στις κυρίαρχες τεχνολογίες συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπου ξεχωρίζει η τεχνολογία Brandl Generator ως η πιο συμφέρουσα (για τις εκτιμώμενες βέβαια τιμές που προαναφέρθηκαν):

Είδος Ενέργειας	Τεχνολογία	Επένδυση σε €/kW	Ώρες Λειτουργίας ανά Έτος	Συνολικό Κόστος Παραγωγής σε €/kWh
Κάρβουνο/Πετρέλαιο/ Φυσικό Αέριο	Εργοστάσιο Καύσης	1.200	όσες χρειάζεται	0,0 35
Ουράνιο	Πυρηνικό Εργοστάσιο	2.200	6.500	0,0 34
Ηλιακή Ενέργεια	Φωτοβολταική Εγκατάσταση	5.000	1.000	0 , 5
Παλιρροιακή Ενέργεια	Ροή Θάλασσας	1.750	3.500	0, 05
Αιολική Ενέργεια	Αιολικά Πάρκα Ξηράς	1.200	2.200	0,0 55
Αιολική Ενέργεια	Αιολικά Πάρκα Θαλάσσης	1.900	3.600	0,0 53
Κυματική Ενέργεια	Pelamis	3.000	4.000	0,0 75
Κυματική Ενέργεια	Brandl Generator	1.300	4.000	0,0 33

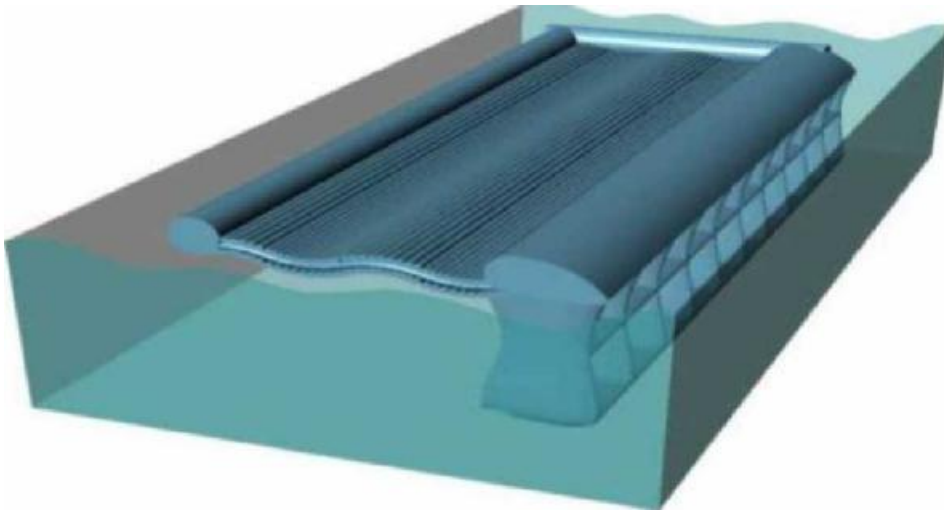
Κίνδυνοι Αποτυχίας

Κάθε τεχνολογία έχει τους δικούς της κινδύνους και ρίσκα τα οποία μπορούν να εξαλειφθούν με τον σωστό σχεδιασμό. Αυτά είναι:

1. Κίνδυνοι Τοποθεσίας Εγκατάστασης → Εξαλείφονται με επαρκή στοιχεία και διαδικασίες αδειών.
2. Κίνδυνοι Λειτουργίας και Μεταφοράς → Ακόμα και η διακοπή της παραγωγής ή η συνολική απώλεια καλύπτονται από ασφάλιση.
3. Επιχειρηματικοί Κίνδυνοι → Εξαλείφονται με διασφάλιση της ποιότητας και ασφάλιση.

B)III.3.12) WaveBlanket

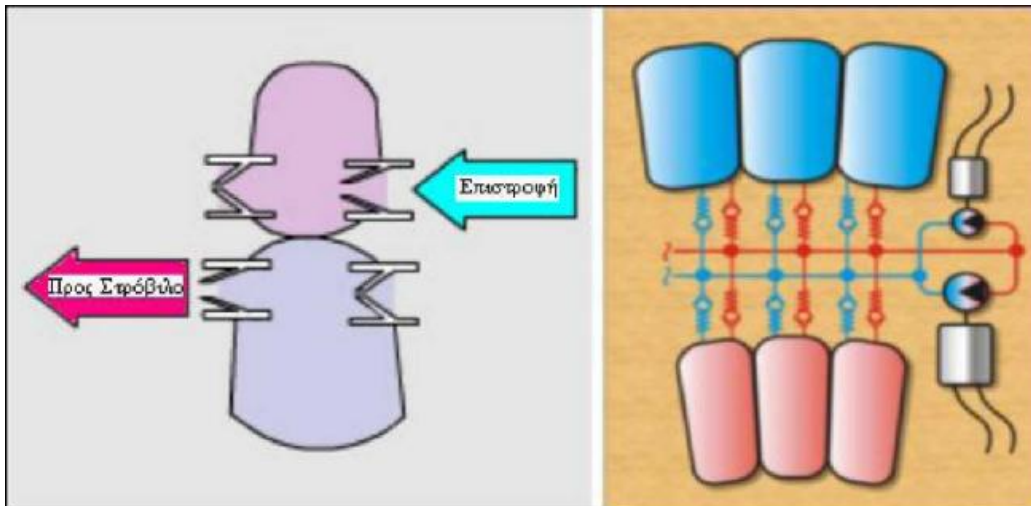
Το WaveBlanket είναι μια νέα τεχνολογία μετατροπής της κυματικής ενέργειας που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το «ακορντεόν της θάλασσας». Πρόκειται για ένα μαλακό και εύκαμπτο μηχανισμό, εμπνευσμένο από τη λειτουργία της ανθρώπινης καρδιάς και μιας μέδουσας. Το WaveBlanket είναι το αποτέλεσμα της έρευνας που διεξάχθηκε από τον εφευρέτη του, Benjamin Gatti, στην εφαρμογή μηχανισμών λεπτής μεμβράνης στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι μηχανισμοί που δημιουργούνται από κατασκευές λεπτής μεμβράνης έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως 100% ελαστικότητα, υψηλή αναλογία ισχύος προς βάρος, εύκολη κατασκευή, αποθήκευση, μεταφορά και εγκατάσταση.



Εικόνα Β)III.3.12)1 : Ο μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων WaveBlanket.

Τεχνολογία

Το WaveBlanket είναι μια ελαστική μεμβράνη που αποτελείται από δύο ή περισσότερα στρώματα από απομονωμένους θαλάμους αέρα που επικοινωνούν μέσω βαλβίδων μιας κατεύθυνσης και από μία πολλαπλή με έναν ή περισσότερους στρόβιλους. Οι θάλαμοι είναι υπό πίεση αλλά χαλαροί μεταξύ τους καθώς η επίπεδη επιφάνεια λυγίζει από τη διατάραξη της επιφάνειας της θάλασσας. Όλα τα κινούμενα τμήματα είναι αεροστεγή και απομονωμένα από τα άλλα στοιχεία σε ένα κλειστό σύστημα. Όπως συμβαίνει και με την ανθρώπινη καρδιά, το υγρό λειτουργίας ωθείται μέσα σε χαλαρωμένους θαλάμους λόγω της διαστολικής πίεσης που αυξάνεται σε συστολική πίεση κατά τις στιγμές καμπύλωσης (στα σημεία καμπυλότητας) των θαλάσσιων κυμάτων. Έπειτα το συμπιεσμένο υγρό κινεί έναν στρόβιλο, που μειώνει την πίεση του ξανά στο επίπεδο διαστολής. Η χρήση δύο στρόβιλων με διαφορετικά χαρακτηριστικά παρέχει τρία διαφορετικά επίπεδα απόδοσης ισχύος για τη ρύθμιση της συσκευής στις μεταβαλλόμενες κυματικές συνθήκες της θάλασσας. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν δεξαμενές για την εξομάλυνση της εξόδου ισχύος. Η χρήση ενός συμπιεστού υγρού βοηθάει στην αποφυγή σχισμών κατά την διάρκεια πρόσκρουσης με τα θαλάσσια κύματα ή με τυχαία πλευστά αντικείμενα.



Εικόνα Β)Π.3.12)2 : Σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας των αεροθαλάμων του μετατροπέα WaveBlanket (με μπλε οι θάλαμοι σε διαστολή και με ροζ σε συστολή).

Η λειτουργία του WaveBlanket έχει αξιολογηθεί επιτυχώς χρησιμοποιώντας αριθμητική προσομοίωση. Τα βασικά προβλήματα τα οποία είναι σε θέση να επιλύσει η τεχνολογία του WaveBlanket είναι:

1. Μάζα ανά Watt \approx 1000 φορές ελαφρύτερο ανά Watt.
2. Κόστος Κεφαλαίου ανά Kilowatt \approx 200 - 400€.
3. Κίνδυνος \approx Εύκαμπτη κατασκευή που λυγίζει σε καταιγίδες και άγρια κύματα.
4. Διαθεσιμότητα Αιχμής Φορτίου \approx Οικονομικά αποδοτικό ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες.
5. Ασφάλεια \approx Κατασκευασμένο από μαλακή μεμβράνη που είναι ασφαλή για ανθρώπους, ζώα και σκάφη.
6. Επενδυτικό Ρίσκο \approx Επιστροφή της επένδυσης σε 5 με 10 χρόνια.
7. Αναπτυξιακό Ρίσκο \approx Φθινό να κατασκευαστεί, να μετακινηθεί και να εγκατασταθεί.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Χρησιμοποιεί γνωστή και αποδεδειγμένη τεχνολογία αεροστροβίλων.
2. Είναι ένας βίο-εμπνευσμένος πλήρως συμβατός μηχανισμός που λειτουργεί σε αμοιβαία αρμονία με το ωκεάνιο περιβάλλον.
3. Έχει τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας (17kW/ton) από άλλες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας και είναι η μόνη συσκευή που μπορεί να εγκατασταθεί προσωρινά σε σκελετούς παλιών πλοίων και πλατφόρμες πετρελαίου χωρίς να είναι αναγκαία η άδεια για μόνιμη εγκατάσταση.
4. Είναι η καταλληλότερη λύση και για συνήθεις τοποθεσίες με κύματα σχετικά χαμηλής ενέργειας (30kW) και όχι μόνο για σπάνιες τοποθεσίες με υψηλή ενέργεια κυμάτων (70kW).

5. Μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικό για το 100% της εποχικής διαθεσιμότητας.
6. Μπορεί να προσαρμοστεί δυναμικά σε μεταβαλλόμενα κυματικά ύψη με σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συγχρονισμένη με το δίκτυο χωρίς δαπανηρούς μετατροπείς DC/AC.
7. Μπορεί να εγκατασταθεί τηρώντας τους περιορισμούς κεφαλαίου, αδείας, καλωδίωσης και υποδομής του δικτύου, σε συμφωνία πάντα με τη συνθήκη του Κ्यοτο, χρησιμοποιώντας τους υπάρχοντες ωκεάνιους πόρους όπου είναι διαθέσιμοι.



Εικόνα Β) III.3.12)4 : Επίδειξη της αντοχής των θαλάμων αέρα του μετατροπέα WaveBlanket.

Ανάλυση Κόστους

Με βάση τις καλύτερες διαθέσιμες εκτιμήσεις κόστους, δημοσιευμένα έξοδα από παρόμοια πρότζεκτς και γενικεύσεις υποστηριγμένες από ειδικούς μελετητές, το εκτιμώμενο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για εμπορική εφαρμογή του WaveBlanket σε τρεις διαφορετικές τοποθεσίες εγκατάστασης είναι:

1. Block Island 0,0068 €/kWh - 264,5 €/kW για 3,3 MW σε μήκος ακτογραμμής 431 μέτρα.
2. Hawaii 0,0061 €/kWh - 234,5 €/kW για 2.267 MW σε μήκος ακτογραμμής 296.340 μέτρα.
3. North Carolina 0,0027 €/kWh - 114,7 €/kW για 12.393 MW σε μήκος ακτογραμμής 540.000 μέτρα.

B)III.4) Τεχνολογίες Αρθρώσεων

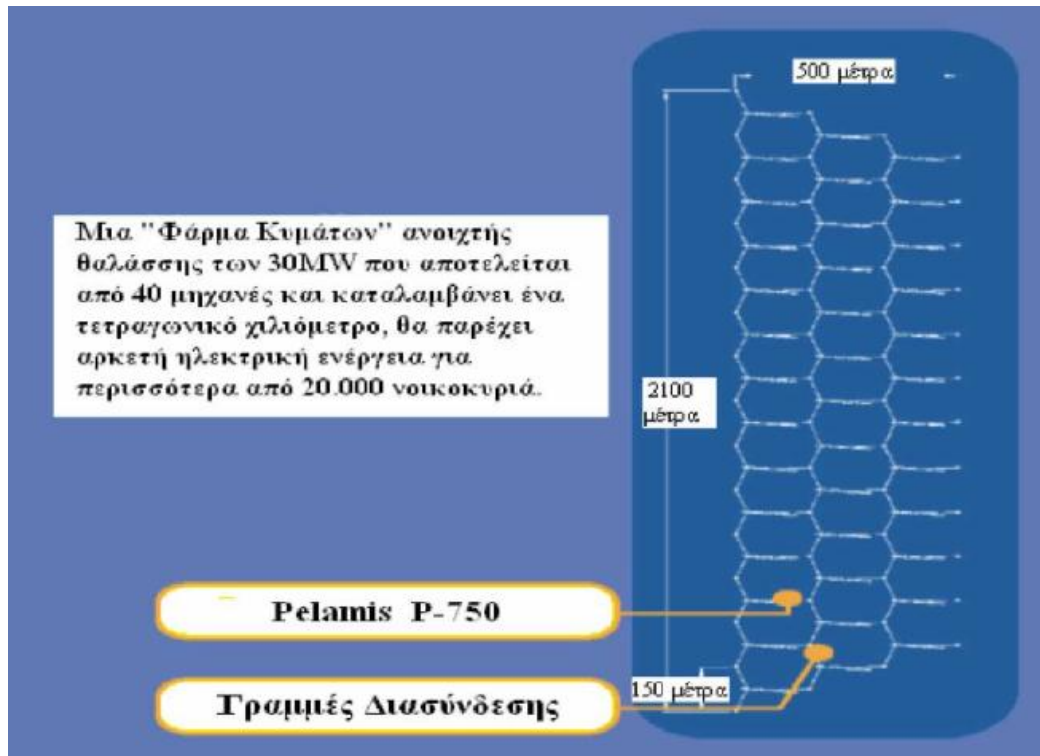
B)III.4.1) Pelamis P-750 WEC

Το Pelamis είναι ένας μετατροπέας της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, ο οποίος αναπτύχθηκε από την Ocean Power Delivery Ltd. Με τεχνολογία ειδικά για τη βιομηχανία ανοιχτής θαλάσσης, το Pelamis δίνει περίπου ισοδύναμη έξοδο με μια μοντέρνα ανεμογεννήτρια. Το πρώτο μοντέλο προ-παραγωγής φυσικής κλίμακας έχει κατασκευαστεί και δοκιμάζεται στο European Marine Energy Centre στο EMEC Test Center στο Orkney.



Εικόνα B)III.4.1)1 : Το πρωτότυπο μοντέλο Pelamis φυσικής κλίμακας σε λειτουργία.

Στο μέλλον αναμένεται η κατασκευή και αξιοποίηση πολλών μηχανών Pelamis συνδεδεμένων σε ένα είδος πλέγματος, σχηματίζοντας «φάρμες κυμάτων», όπως ονομάζονται. Η συστοιχία αυτή θα συνδέεται με την ακτή με ένα μονό υποθαλάσσιο καλώδιο. Για παράδειγμα, μια τυπική εγκατάσταση 30MW θα καταλαμβάνει περίπου ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο θάλασσας και θα παρέχει ηλεκτρισμό σε 20.000 κατοικίες. Αντίστοιχα είκοσι φάρμες αυτού του μεγέθους θα μπορούν να τροφοδοτήσουν μια πόλη όπως το Εδιμβούργο.

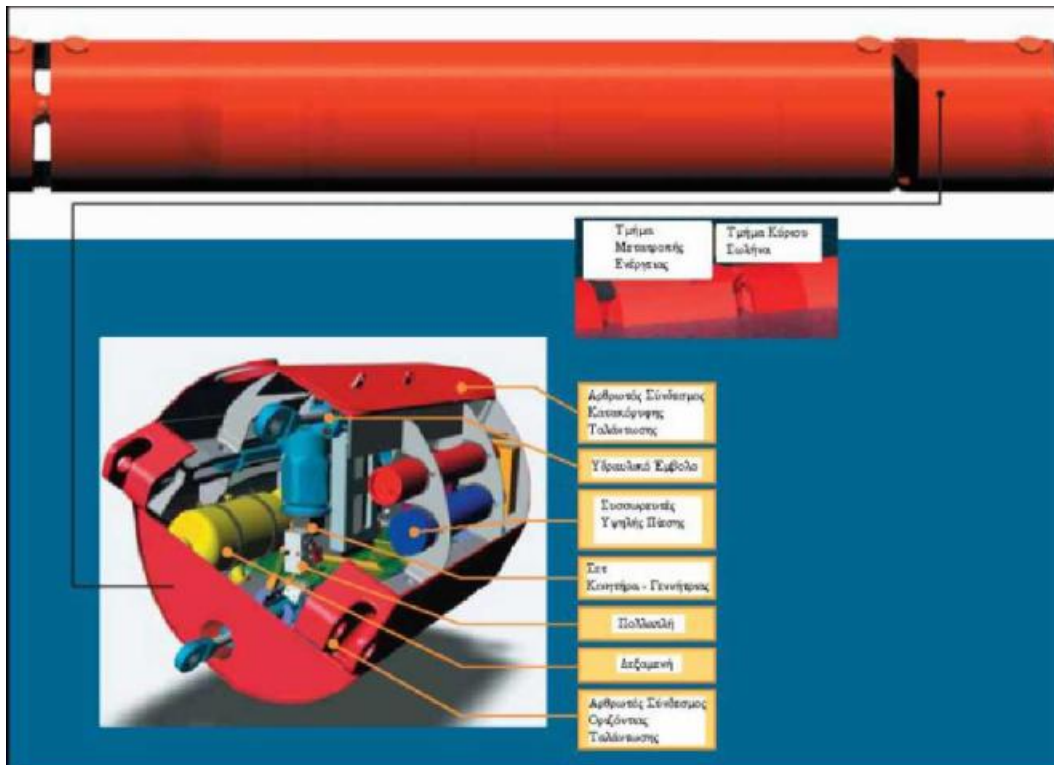


Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.1)2 : Διάταξη 40 διασυνδεδεμένων μετατροπών Pelamis σε πλέγμα .

Τεχνολογία

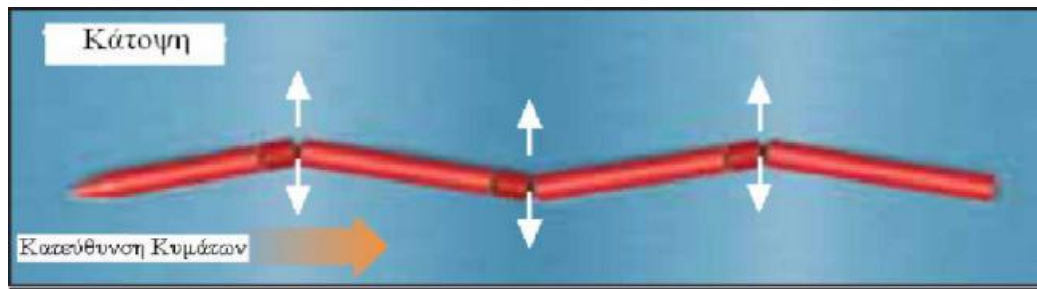
Το Pelamis είναι σχεδιασμένο με ένα γρήγορο και εύκολο σύστημα σύνδεσης/αποσύνδεσης που επιτρέπει τη ρυμούλκηση των μηχανών σε ασφαλή νερά για συντήρηση. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να μη χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ειδικός εξοπλισμός, δύτες ή ROVs. Όλες οι εργασίες συντήρησης μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη μηχανή να επιπλέει στα νερά μιας αποβάθρας. Επίσης όλα τα εσωτερικά τμήματα του Pelamis είναι αποσυναρμολογούμενα και μπορούν να συνδεθούν/αποσυνδεθούν από τον τυποποιημένο 5T κινητό γερανό.

Μια μονάδα Pelamis αποτελείται τρία ίδια τμήματα μετατροπής ενέργειας, που το κάθε ένα αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρό-υδραυλικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 250kW και τον αντίστοιχο πλωτό κυλινδρικό μεταλλικό σωλήνα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το εσωτερικό ενός ολοκληρωμένου ηλεκτρό-υδραυλικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



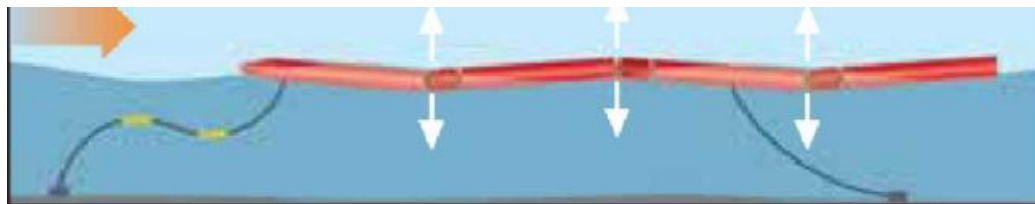
Εικόνα Β)III.4.1)3 : Τα βασικά τμήματα του ηλεκτρο-δυναμικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά τη λειτουργία του το Pelamis είναι ημιβυθισμένο, ενώ η αρθρωτή κατασκευή του αποτελείται από τέσσερα κυλινδρικά σωληνοειδή τμήματα συνδεδεμένα με αρθρωτούς συνδέσμους. Η κίνηση των συνδέσμων αυτών που προκαλείται από τη κίνηση των θαλάσσιων κυμάτων, αντιτίθεται στους υδραυλικούς βραχίονες, που με τη σειρά τους αντλούν λάδι υψηλής πίεσης σε υδραυλικές κινητήρες δια μέσου συσσωρευτών απόσβεσης. Αυτοί οι υδραυλικοί κινητήρες θέτουν σε κίνηση ηλεκτρικές γεννήτριες που τελικά παράγουν ηλεκτρισμό. Η ισχύς από όλες τις αρθρώσεις μεταφέρεται από ένα μονό καλώδιο σε ένα σημείο σύνδεσης που βρίσκεται στο βυθό της θάλασσας. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η διασύνδεση πολλών συσκευών Pelamis με την ακτή διαμέσου ενός μόνο κεντρικού υποβρύχιου καλωδίου.



Πλαγία Όψη

Κατεύθυνση Κυμάτων



Εικόνα Β)III.4.1)4 : Η κίνηση του μετατροπέα Pelamis τόσο ως προς τον οριζόντιο όσο και ως προς τον κατακόρυφο άξονα.

Η καινοτόμα αρθρωτή σύνδεση ανάμεσα στους πλωτούς κυλινδρικούς σωλήνες χρησιμοποιείται για να επιφέρει μια συντονισμένη διαγώνια δράση/αντίδραση που αυξάνει σημαντικά την εκμετάλλευση της ενέργειας σε μικρές θάλασσες. Ο έλεγχος που εφαρμόζεται στις ενώσεις επιτρέπει την αύξηση αυτής της συντονισμένης δράσης/αντίδρασης στις μικρές θάλασσες όπου η αποδοτικότητα της σύλληψης της ενέργειας των κυμάτων πρέπει να μεγιστοποιηθεί. Αντίθετα σε συνθήκες επιβίωσης, δηλαδή σε πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες όπου μπορεί η μηχανή να καταστραφεί, μειώνεται η αποδοτικότητα μέσω ελέγχου στο όριο των φορτίων και της κίνησης των κυμάτων. Η μηχανή συγκρατείται στην επιθυμητή θέση μέσω ενός συστήματος πρόσδεσης, που αποτελείται από ένα συνδυασμό από σημαδούρες και βαρίδια που προστατεύουν τα καλώδια πρόσδεσης από το να τεντωθούν και πιθανόν να κοπούν. Το σύστημα πρόσδεσης, αν και συγκρατεί το Pelamis στη θέση που πρέπει, επιτρέπει στο μηχάνημα να προσανατολίσει τη κεφαλή του προς την κατεύθυνση των κυμάτων που έρχονται. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μέτρηση των επικείμενων κυματικών κορυφών.

Το Pelamis έχει σχεδιαστεί ώστε να προσδένεται και να λειτουργεί σε βάθος υδάτων περίπου 50 με 70 μέτρα (τυπικά σε απόσταση 5 με 10 χιλιόμετρα από την ακτή) όπου η υψηλού επιπέδου ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων είναι αξιοποιήσιμη.

Ο σχεδιασμός του Pelamis έχει ελεγχθεί ανεξάρτητα από το WS Atkins σύμφωνα με κώδικες και τυποποιήσεις για την ανοιχτή θάλασσα (DNV).

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Ικανότητα Επιβίωσης → Το βασικό χαρακτηριστικό του Pelamis WEC είναι η ικανότητα επιβίωσης του. Όλοι οι μετατροπείς Pelamis απορροφούν ενέργεια ακόμα και από μικρά κύματα λόγω των υδροστατικών δυνάμεων, εκμεταλλευόμενοι την αναλογία πλευστότητας έναντι βάρους ή υδροστατικής πίεσης. Εντούτοις τεράστιες δυνάμεις στα κύματα σχετίζονται με

υδροδυναμικά μεγέθη όπως αδράνεια, έλξη και κρούση. Το Pelamis είναι ανθεκτικά συνδεδεμένο υδροστατικά και σχεδόν άτρωτο υδροδυναμικά.

2. 100% Διαθέσιμη Τεχνολογία à Το Pelamis είναι μια κατασκευή που εφαρμόζει αναγνωρισμένη και αποδεδειγμένη τεχνολογία.
3. Κατασκευή όχι για Συγκεκριμένη Τοποθεσία à Το Pelamis έχει σχεδιαστεί για τοποθεσίες ανοιχτής θάλασσας με βάθος υδάτων 50 με 100 μέτρα, γεγονός που του προσδίδει μέγιστη ευελιξία ως προς την τοποθεσία εγκατάστασης.
4. Ελάχιστη Απαιτούμενη Εργασία Εγκατάστασης à Το Pelamis κατασκευάζεται, δοκιμάζεται και συντηρείται εκτός της τοποθεσίας που θα εγκατασταθεί. Συνεπώς απαιτείται ελάχιστη εργασία μόνο για τη μεταφορά και εγκατάσταση του στην τοποθεσία λειτουργίας του.
5. Ελεγχόμενη Απορρόφηση Ενέργειας à Το Pelamis μπορεί να ελέγχεται ώστε να προσαρμόζει την απόδοση του ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες και να βελτιστοποιεί με αυτόν τον τρόπο την απορρόφηση της κυματικής ενέργειας.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Τρία κύρια πρότζεκτς βρίσκονται υπό εξέλιξη:

1. Η επέκταση του ενεργειακού πάρκου στην ακτογραμμή της βόρειας Πορτογαλίας από 2,25MW με επιπλέον 20MW (πρόκειται για το πρώτο πάρκο κυματικής ενέργειας παγκοσμίως).
2. Η επέκταση της εγκατάστασης στο EMEC του Orkney σε συνολικά 3MW.
3. Σύνδεση συσκευών στο Wave Hub της Cornwall συνολικής ισχύος έως 5MW.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Pelamis

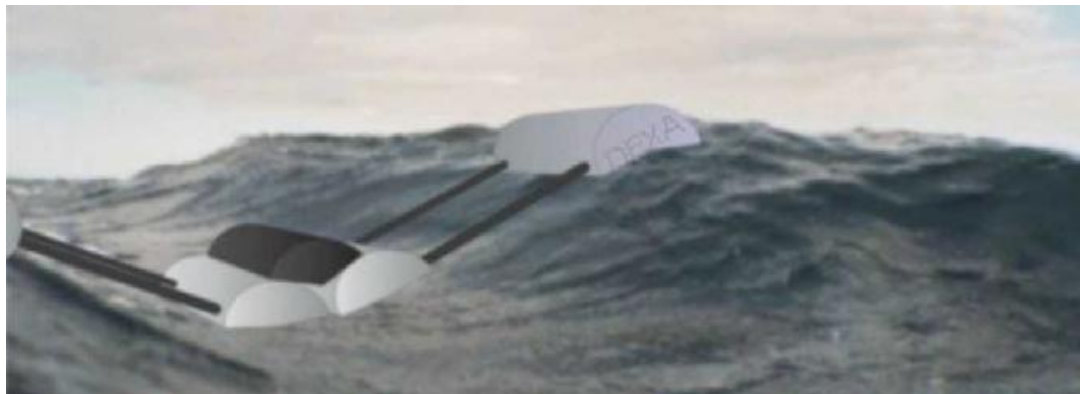
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	
Συνολικό Μήκος	150 μέτρα
Διάμετρος	3,5 μέτρα
Βάρος	700 τόνοι
Ρύγχος	5 μέτρα μήκος, κωνικό σχήμα
Σύστημα Ισχύος	3 ανεξάρτητες μονάδες μετατροπής

	ενέργειας
ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Σύστημα Ισχύος	4 υδραυλικοί βραχύονες (2 ταλάντωσης, 2 ανύψωσης)
Ταχύτητα Βραχύονα	0 - 0,1 μέτρα το δευτερόλεπτο
Σύστημα Εξομάλυνσης/Αποθήκευση Ενέργειας	2 συσσωρευτές υψηλής πίεσης
Πίεση Λειτουργίας	100- 350 bar
Σύστημα Μετατροπής Ενέργειας	2 μηχανές μεταβλητής μετατόπισης
Γεννήτρια	2 x 157kVA / 125kW
Ταχύτητα Περιστροφής	1500 rpm
ΙΣΧΥΣ	
Συνολική Παραγόμενη Ισχύς	750kW
Ετήσια Παραγωγή	2,7GWh
Ονομαστική Ενέργεια Κυμάτων	55kw/m
Όριο Υδροστατικής Πίεσης	> 6 - 7 μέτρα ύψος μεγάλου κύματος
Τύπος Γεννήτριας	Ασύγχρονη
Τάση Συστήματος	3-φασική, 415/690Vac, 50/60Hz
Μετασχηματιστής	950kVA ανύψωσης σε 11kV ή 33kV
ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΟΣΔΕΣΗΣ	
Βάθος	> 50 μέτρα
Ταχύτητα Ρεύματος	< 1 κόμβος
Σύστημα Πρόσδεσης	Ελαστικό, βραδυκίνητη πρόσδεση
ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ	
Ισοδύναμη Στροβιλογεννήτρια Αερίου - Καύσιμο	600 τόνοι τον χρόνο
Ισοδύναμη Στροβιλογεννήτρια Αερίου - εκπομπές CO ₂	2000 τόνοι τον χρόνο

B)III.4.2) DEXA

Το DEXA Wave Energy είναι μια σχετικά νέα (2006) τεχνολογία μετατροπής της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, προϊόν της συνεργασίας των DEXA Technologies ApS, Struer Shipyard A/S, Danhydra A/S και άλλους συνεργάτες από τη βιομηχανία της Δανίας και της Αγγλίας. Η τεχνολογία του DEXA είναι κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και ανεπτυγμένη για την παγκόσμια αγορά

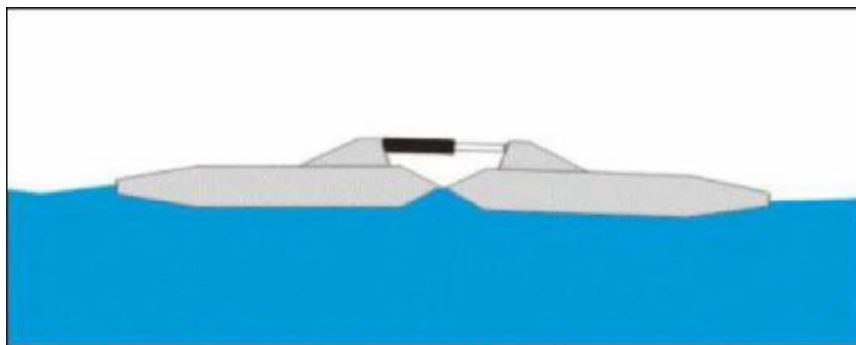
ανανεώσιμης ενέργειας. Το βασικό χαρακτηριστικό της είναι η πολύ χαμηλή τιμή παραγόμενης κιλοβατώρας, ενώ αποτελεί ιδανική επιλογή για συστήματα μεταβαλλόμενης παραγωγής ανάλογα με τη ζήτηση.



Εικόνα Β)III.4.2)1 : Ο μετατροπέας DEXA σε λειτουργία.

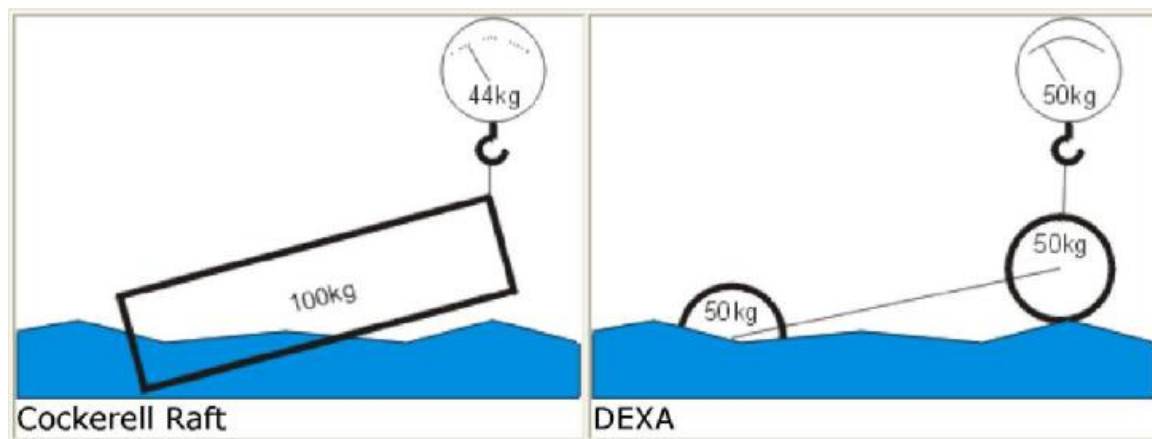
Τεχνολογία

Ο μετατροπέας DEXA προέρχεται από ένα σύστημα εκμετάλλευσης κυμάτων όπως αναπτύχθηκε και κατοχυρώθηκε το 1980 από τον Sir Christopher Cockerell, το Cockerell Raft. Αποτελείται από δύο πλωτά σώματα (σημαδούρες) συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω ενός υδραυλικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και επρόκειτο για μία απλή και ιδιοφυή ιδέα, δεν έφτασε πότε στη παραγωγή λόγω της χαμηλής της απόδοσης και της μικρής εκτιμώμενης διάρκειας ζωής. Στη DEXA επαναπροσδιορίστηκε και απλοποιήθηκε η βασική κατασκευή του Cockerell Raft, ενώ το μόνο που υιοθετήθηκε από την πρωτότυπη τεχνολογία ήταν τα δύο πλωτά και το υδραυλικό σύστημα. Έτσι προέκυψε ο μετατροπέας ενέργειας κυμάτων DEXA με χαμηλό κόστος, μεγάλη προσδοκώμενη διάρκεια ζωής και ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Αυτό το νέο μοντέλο έχει κατοχυρωθεί και βασίζεται σε μοντέρνα προηγμένα υλικά και τεχνολογικές λύσεις, όπως για παράδειγμα ο πλήρης έλεγχος του συστήματος παραγωγής, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.2)2:Το πρωτότυπο σύστημα Cockerell Raft 1980

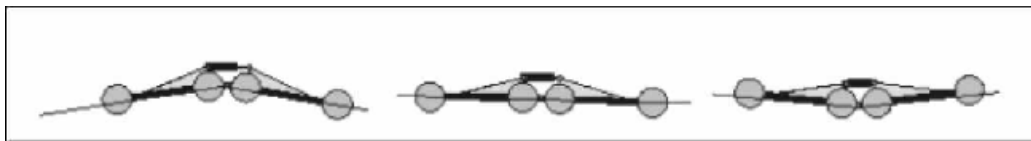
Η βασική αρχή λειτουργίας του Cockerell Raft είναι ότι ένα επίπεδο πλωτό σώμα, το οποίο θα τεθεί εκτός του σημείου ισορροπίας του, θα προσπαθήσει να επανακτήσει την ισορροπία του με μια δύναμη ίση με το 44% της συνολικής του μάζας (όταν το πλωτό ανυψωθεί πλήρως εκτός του νερού από το ένα άκρο του). Με το διαχωρισμό της μάζας του πλωτού σε δύο ίσα μέρη και την τοποθέτησή τους στα άκρα, η δύναμη μπορεί να αυξηθεί έναντι της κατανάλωσης υλικού, ώστε η δύναμη εξισορρόπησης να αυξηθεί σε 50% με παράλληλη μείωση του χρησιμοποιούμενου υλικού. Το καθένα από τα δύο πλωτά τμήματα του DEXA, αποτελείται από δύο κυλινδρικά πλωτά σώματα ενωμένα με ένα άκαμπτο σύνδεσμο για τη βέλτιστη κατανομή του βάρους.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.2)3 : Το πλεονέκτημα του της κατανομής του βάρους του DEXA ως προς το Cockerell Raft.

Η παραγόμενη δύναμη προκαλεί διαστολή ή συστολή κατά μήκος ενός υδραυλικού κυλίνδρου, επιτρέποντας διπλή λειτουργία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η κίνηση του υδραυλικού συστήματος θα πραγματοποιείται με κάθε κύμα ύψους παραπάνω από το όριο ανύψωσης, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο ηλεκτρισμό. Η απορρόφηση ενέργειας από τα κύματα μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά ίση με $0.44 \cdot \text{μάζα} \cdot \text{ύψος κύματος}$ πάνω από το κατώτερο όριο πίεσης του υδραυλικού συστήματος.

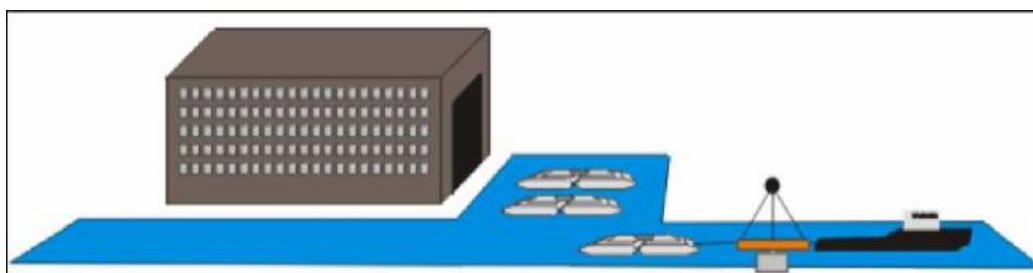
Εικόνα Β)III.4.2)4: Η κίνηση της βασικής άρθρωσης του μετατροπέα DEXA



Το πλωτό τμήμα θα κινηθεί με μια καθορισμένη δύναμη, η οποία απαιτείται για την επίτευξη της υδραυλικής πίεσης λειτουργίας (τυπικά 160 - 200 bar). Από το εύρος της κίνησης υπολογίζεται το ποσοστό του υδραυλικού υγρού υπό πίεση που θα περάσει στον κινητήρα, και το πόσες φορές θα συμβεί αυτό σε ένα λεπτό. Αυτή τη μέτρηση της ροής σε λίτρα ανά λεπτό τη μετατρέπουμε σε kWh ανά λεπτό με βάση τα χαρακτηριστικά του κινητήρα. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε επί 60 και παίρνουμε τη μέση παραγόμενη ισχύ για τις συγκεκριμένες πληροφορίες των θαλάσσιων κυμάτων. Για παράδειγμα στα 200 bar έχουμε 4 λίτρα το λεπτό που αντιστοιχούν σε 1 kW ισχύ στον άξονα και παραγωγή 1kWh στην έξοδο.

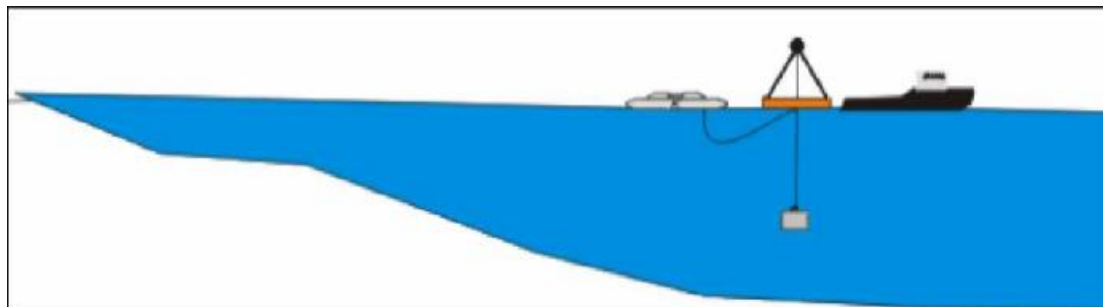
Τα παραπάνω αποτελούν χοντρικούς υπολογισμούς στους οποίους δε λαμβάνονται υπόψη σημαντικοί παράγοντες όπως η κατεύθυνση των κυμάτων, η αλατότητα του νερού, η μεταβολή της περιόδου των κυμάτων, κτλ. Όλα αυτά βέβαια συμπεριλαμβάνονται στη λεπτομερή ανάλυση και στους υπολογισμούς με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού μοντέλου, για αξιόπιστες προβλέψεις.

Η εγκατάσταση του DEXA είναι απλή και εύκολη υπόθεση. Ο μετατροπέας DEXA ρυμουλκείται από το ναυπηγείο στην επιλεγμένη τοποθεσία με το σύστημα πρόσδεσης να μεταφέρεται δεμένο κάτω από έναν πλωτό γερανό.



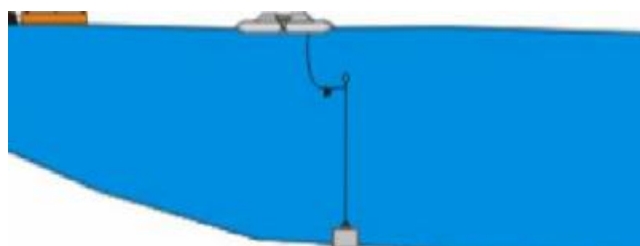
Εικόνα Β)III.4.2)5 : Η ρυμούλκηση του μετατροπέα DEXA από το ναυπηγείο.

Όταν φτάσουν στη τοποθεσία εγκατάστασης και ο πλωτός γερανός βρίσκεται πάνω από το επιλεγμένο σημείο εγκατάστασης, τότε κατεβάζει το βαρίδιο πρόσδεσης στο βυθό της θάλασσας στην ακριβή θέση του. Όλα αυτά γρήγορα, εύκολα και ασφαλή ως προς το περιβάλλον.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.2)6: Η καθέλκυση της άγκυρας του μετατροπέα DEXA στην τοποθεσία εγκατάστασης

Μετά την τοποθέτηση το ρυμουλκό επιστρέφει στο ναυπηγείο με τον πλωτό γερανό για να παραλάβει την επόμενη μονάδα DEXA. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όλες οι μονάδες DEXA αποσύρονται από τον ωκεανό μετά το τέλος της λειτουργικής ζωής τους.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.2)7 : Η επιστροφή του ρυμουλκού μετά την εγκατάσταση του μετατροπέα

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Λειτουργία Ανεξάρτητη της Παλίρροιας à Επειδή το επίπεδο της θάλασσας σε μερικά μέρη του κόσμου μπορεί να αυξομειωθεί ως και 10 μέτρα από την παλίρροια ή μέχρι περίπου 3,5 μέτρα λόγω καταιγίδων, είναι σημαντικό για ένα μετατροπέα ενέργειας κυμάτων να μη εμφανίζει απώλειες παραγωγής σε τέτοια φαινόμενα. Το DEXA επειδή είναι απλά προσδεμένο στο βυθό της θάλασσας, είναι σχεδιασμένο ώστε να λειτουργεί αδιάλειπτα για ως και 40%

- διακύμανση του συνολικού βάθους υδάτων κατά τη παλίρροια, δηλαδή ως και 10 περίπου μέτρα παλίρροιας.
2. Καθόλου Ευάλωτο σε Πλωτά Σκουπίδια à Το DEXA έχει σχεδιαστεί εξαρχής ώστε να μην προβληματίζεται η λειτουργία του από τα διάφορα μπουκάλια, δίχτυα, ξύλινα κομμάτια, σκοινιά, πετρελαιοκηλίδες και οτιδήποτε άλλο επιπλέει στον ωκεανό. Το DEXA είναι σχεδόν άτρωτο σε όλα τα παραπάνω λόγω της απλής κατασκευής που αντέχει μία επίθεση πλωτών σκουπιδιών χωρίς απώλειες παραγωγής και τεχνικού σέρβις.
 3. Καθόλου Ευάλωτο σε Ανάπτυξη Θαλάσσιων Οργανισμών à Ενώ σε άλλους μετατροπείς η επικάλυψη τους, έπειτα από κάποια χρόνια, με όστρακα, φύκια και θαλάσσια παράσιτα θα δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία τους, το DEXA είναι κατάλληλα προστατευμένο. Έχει υπολογιστεί ότι θα αναπτυχθεί στο DEXA ένα στρώμα θαλάσσιων οργανισμών πάχους 3 με 5 εκατοστών, το οποίο δεν θα προκαλέσει κάποιο πρόβλημα. Απλά θα αυξήσει ελαφρά το βάρος του, κάτι το οποίο έχει υπολογιστεί στη προσδοκώμενη διαδικασία γήρανσης της μηχανής, χωρίς να μειωθεί η παραγωγή. Για το λόγο αυτό το DEXA επιτρέπει την ελεύθερη ανάπτυξη οργανισμών πάνω του για ολόκληρο τον κύκλο της ζωής του (50 χρόνια), χωρίς δηλητηριώδη περιβλήματα. Έτσι μπορεί να αποτελεί ένα ασφαλές καταφύγιο για μικρές κοινότητες οργανισμών κυρίως στην πλευρά του κάτω από το νερό.
 4. Υψηλή Ικανότητα Επιβίωσης σε Ισχυρές Καταιγίδες à Το DEXA έχει σχεδιαστεί για να επιβιώνει σε ακραία καιρικά φαινόμενα χάρις ενός ειδικού μηχανικού χαρακτηριστικού του. Δεν απορροφάει ενέργεια από την αυξομείωση του επιπέδου του νερού αλλά από τη γωνία του. Αυτό σημαίνει ότι όσο ψηλότερα γίνονται τα κύματα, τόσο μικρότερο ποσοστό της ενέργειας τους απορροφάται από το μηχανικό σύστημα, διατηρώντας το ασφαλές ακόμα και σε κύματα ύψους 50 μέτρων. Εκτιμάται ότι μία φορά στα 50 με 100 χρόνια στον ανοιχτό ωκεανό, θα περάσει ένα τεράστιο κύμα 30 μέτρων περίπου το οποίο θα κατάστρεφε τα περισσότερα μοντέλα ενέργειας κυμάτων. Αυτό όμως δεν συμβαίνει με το DEXA αφού άσχετα από το ύψος του κύματος η γωνία του νερού δε θα ξεπερνάει ποτέ τις 50 μοίρες. Αυτό ισχύει επειδή όσο τα κύματα γίνονται μεγαλύτερα, τόσο γίνονται και μακρύτερα διατηρώντας τη γωνία σταθερή. Έτσι ακόμα και σε κύματα 30 μέτρων ενέργειας 2000 kW/m, το DEXA θα απορροφήσει μόνο 50 kW/m ενώ η υπόλοιπη ενέργεια θα περάσει στον ωκεανό χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στη μηχανή.
 5. Εξαιρετική Διαβρωτική Αντίσταση à Επειδή το βασικό κατασκευαστικό υλικό του DEXA είναι το τσιμέντο (αντί του χάλυβα), η αντοχή του σε διαβρωτικούς παράγοντες είναι πολύ μεγάλη αυξάνοντας τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των αναγκαίων σέρβις και μειώνοντας το κόστος συντήρησης χωρίς αρνητικές περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις.
 6. Πολύ Χαμηλές Απαιτήσεις Συντήρησης à Το DEXA παρουσιάζει μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με άλλους μετατροπείς ενέργειας κυμάτων λόγω της κατασκευής από σκυρόδεμα χωρίς αντιδιαβρωτικό βάψιμο, της ελεύθερης ανάπτυξης θαλάσσιων οργανισμών στο σώμα του, του ότι όλα τα ταμηχανικά του μέρη βρίσκονται εκτός του νερού με εύκολη πρόσβαση για τεχνική συντήρηση και της απλής αποσύνδεσης και ρυμούλκησης στη στεριά για βαριές εργασίες και σέρβις.
 7. Μεγαλύτερη Διάρκεια Ζωής Χωρίς Σέρβις à Εκτιμάται διάρκεια ζωής τουλάχιστον 50 χρόνια για μια κατασκευή σκυροδέματος, δηλαδή 30 χρόνια

- περισσότερο από μία τυπική ανεμογεννήτρια και χωρίς μείωση της παραγωγής με το πέρασμα του χρόνου όπως στα φωτοβολταϊκά πάνελς.
8. Απλή Εγκατάσταση ð Το DEXA εγκαθίσταται εύκολα με τον μετατροπέα και το αντίβαρο πρόσδεσης να μεταφέρονται με ρυμουλκούμενο σκάφος από το ναυπηγείο στην επιλεγμένη τοποθεσία. Το σώμα πρόσδεσης βυθίζεται στον ωκεανό και ο μετατροπέας DEXA προσδένεται σε αυτό με καλώδιο ισχύος.
 9. Εύκολη Μεταφορά/Μετακίνηση ð Το DEXA μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και οικονομικά από και προς το ναυπηγείο, να μετακινηθεί από μία τοποθεσία σε κάποια άλλη και τέλος να αποσυρθεί μόνιμα μετά το τέλος της λειτουργικής ζωής του. Όλα τα παραπάνω με τη χρήση του ίδιου εξοπλισμού.
 10. Μη Επιβλαβείς Περιοχές ή Υλικά ð Το DEXA χρησιμοποιεί μη επιβλαβή υλικά ως προς τη χλωρίδα και την πανίδα των ωκεανών. Το υδραυλικό του σύστημα χρησιμοποιεί μόνο φυτικό λάδι το οποίο δεν μολύνει το περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής, ενώ επίσης δε γίνεται χρήση δηλητηριωδών ή τοξικών επιφανειακών επιστρώσεων.
 11. Καθόλου Αρνητικές Επιπτώσεις για το Περιβάλλον ð Το DEXA είναι σχεδιασμένο ώστε να μην είναι δυνατός ο τραυματισμός θαλάσσιων ζώων. Έχει μαλακές γωνίες και καθόλου επικίνδυνα κενά παγίδευσης. Αντίθετα αποτελεί ένα ασφαλή καταφύγιο για μικρές κοινωνίες θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας. Επίσης δεν ρυπαίνει οπτικά αφού δεν είναι ορατό από κάποια χιλιόμετρα απόσταση αλλά και ούτε ηχητικά σε κοντινές περιοχές με ανθρώπους. Τέλος μετά το τέλος της λειτουργικής ζωής του το DEXA αποσύρεται πλήρως από το περιβάλλον.
 12. Χαμηλό Κόστος ð Το DEXA αποτελεί μια ιδιαίτερα οικονομική λύση αφού κατασκευάζεται από απλά και φθηνά υλικά, έχει χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης και τέλος σταθερή και προβλέψιμη τιμή κιλοβατώρας.

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Προβλέπεται η παραγωγή μικρών μονάδων DEXA ισχύος 250kW για λειτουργία σε ρηχά νερά με σχετικά ήπιες κυματικές συνθήκες (16kW/m) στο προσεχές μέλλον, ενώ αργότερα σχεδιάζεται μια μονάδα 2MW για τον ανοιχτό ωκεανό.

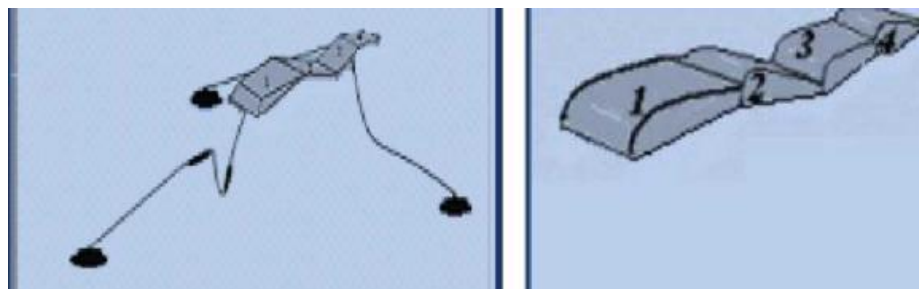
B)III.4.3) Crestwing

Το Crestwing είναι μια τεχνολογία μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων της ανοιχτής θάλασσας, που βρίσκεται σε αρκετά πρώιμο στάδιο ανάπτυξης και βασίζεται στην αξιοποίηση της υδροδυναμικής και ατμοσφαιρικής πίεσης. Ένα μοντέλο-δείγμα κατασκευάστηκε και οι προκαταρκτικές δοκιμές επιβεβαίωσαν τους θεωρητικούς ισχυρισμούς. Έχει υποβληθεί αίτηση για κατοχύρωση της τεχνολογίας του Crestwing με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Το σύστημα ενέργειας κυμάτων Crestwing είναι ένα είδος πλωτής γέφυρας και διαφέρει από άλλες συσκευές στην αγορά λόγω του πρωτοποριακού υδροδυναμικού σχεδιασμού του. Ένα βασικό χαρακτηριστικό που κάνει τον μετατροπέα Crestwing να ξεχωρίζει είναι το ότι το σύστημα του χρησιμοποιεί την ατμοσφαιρική πίεση πάνω στην πλωτή γέφυρα.

Τεχνολογία

Το Crestwing είναι μια πλωτή γέφυρα που αποτελείται από πλωτά σώματα συνδεδεμένα σε σειρά. Το πρώτο από αυτά είναι δεμένο στο βυθό της θάλασσας, ενώ υπάρχει και δέσιμο υποστήριξης από τη μέση του τρίτου πλωτού σώματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Στο συγκεκριμένο σχέδιο το Crestwing αποτελείται από 4 συνδεδεμένα πλωτά σώματα που ξεχωρίζουν από τις αρθρώσεις, όταν λόφος των κυμάτων περνάει κάτω από τη γέφυρα. Οι γωνιακές κινήσεις της πλωτής γέφυρας μετατρέπονται σε ωφέλιμη ενέργεια με τη βοήθεια ενός υδραυλικού συστήματος. Τα πλωτά σώματα πιέζονται προς τα πάνω από κοίλο τμήμα του κύματος που περνάει από κάτω και ξανά απορροφούνται κάτω από το κυρτό τμήμα που ακολουθεί. Αυτό συμβαίνει επειδή τα πλωτά είναι εγκλωβισμένα μεταξύ της ατμοσφαιρικής πίεσης (10mvs) και της επιφάνειας της θάλασσας. Όταν οι κυματικοί σχηματισμοί πιέζουν την συσκευή συνεχόμενα πάνω-κάτω, στο κάτω μέρος των πλωτών σωμάτων εμφανίζονται πολύπλοκες υδροδυναμικές καταστάσεις. Η μεταδιδόμενη ενέργεια βασίζεται στο ότι τα πλωτά σώματα διατηρούνται έξω από την επιφάνεια του νερού. Η μέθοδος συγκράτησης των πλωτών σωμάτων πάνω από το επίπεδο του νερού δεν έχει κοινοποιηθεί ακόμα. Η λειτουργία του συστήματος είναι αυτή ενός δυναμικού και ελαφριού συστήματος. Δηλαδή συμπεριφέρεται όπως ένα ελαφρύ σύστημα αλλά αποδίδει όπως ένα ισχυρό. Αυτό έχει αποδειχθεί ότι είναι πιθανότατα σωστό με βάση μία πρακτική δοκιμή του Crestwing. Η λεπτομερής δυναμική εξήγηση του συστήματος πρόκειται να κοινοποιηθεί σύντομα.



Εικόνα Β)III.4.3)1 : Ένα σχέδιο των βασικών τμημάτων του μετατροπέα Crestwing.

Βασικά Πλεονεκτήματα

Τα βασικά του πλεονεκτήματα είναι η εκμετάλλευση της ατμοσφαιρικής πίεσης και η ικανότητα του να διατηρείται σταθερό στο ερχόμενο θαλάσσια κύματα, τα οποία αποτελούν καινοτομίες κρίσιμης σημασίας για τον τομέα της ενέργειας κυμάτων. Επίσης βασικό πλεονέκτημα του Crestwing είναι η ελαφριά και οικονομική κατασκευή του.

Οικονομική Ανάλυση

Καθώς το πρώτο στάδιο έχει ολοκληρωθεί, ζητείται χρηματοδότηση για τα παρακάτω δύο στάδια. Εκτιμάται ότι για το δεύτερο στάδιο που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας συσκευής-δείγματος για επίδειξη, θα χρειαστεί κεφάλαιο περίπου 134.000 €. Για το τρίτο στάδιο που περιλαμβάνει την κατασκευή

της συσκευής-δείγματος και την τεχνική εκκίνηση του, εκτιμάται να χρειαστούν 670.000-804.000 €

Μια εκτίμηση αποπληρωμής των θεμελιωδών δαπανών της συσκευής-δείγματος για παραγωγή 533 MWh τον χρόνο με τιμή κιλοβατώρας 0,0804 €, είναι σε 14 χρόνια μαζί με το κόστος ανάπτυξης και σε 7-9 χρόνια χωρίς. Η διάρκεια ζωής του συστήματος εκτιμάται μεγαλύτερη από 20 χρόνια.

Μελλοντική Ανάπτυξη- Εφαρμογή

Ο προγραμματισμός του Crestwing έχει οργανωθεί σε τρία βασικά στάδια (εφόσον βέβαια βρεθεί χρηματοδότηση):

1. Προκαταρκτικές Δοκιμές 2005/2006
2. Συμπερασματικές Δοκιμές 2007/2008
3. Επίδειξη του Μετατροπέα 2008/2010.



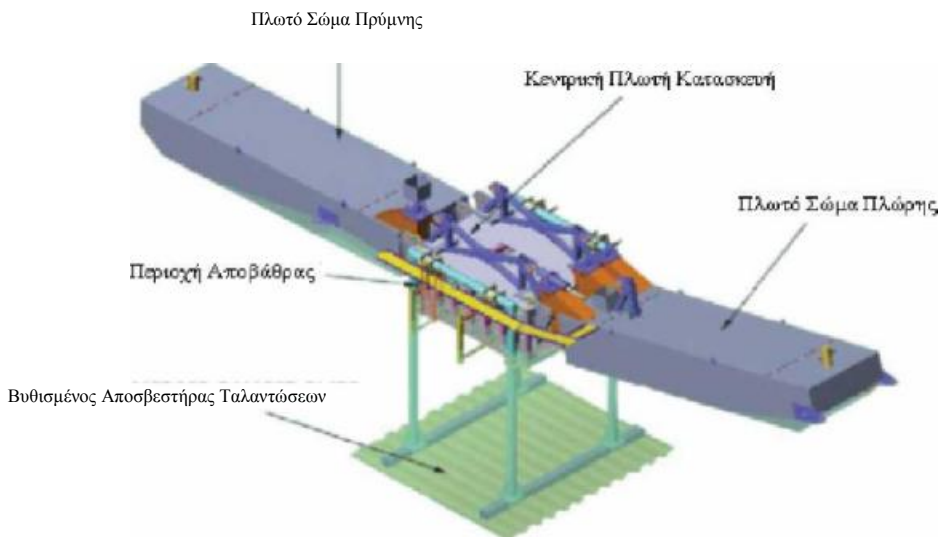
Εικόνα Β)ΙΙΙ.4.3)2 : Ένα πρότιμο δοκιμαστικό μοντέλο Crestwing πολύ μικρής κλίμακας.

B)ΙΙΙ.4.4) McCabe Wave Pump

Οι αντλίες κυμάτων McCabe βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης από το 1980. Αν και αρχικά είχαν σχεδιαστεί αποκλειστικά για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης, τα τελευταία χρόνια έχουν σχεδιαστεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι κυματό-αντλίες McCabe είναι συσκευές που απορροφούν ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα με την περιστροφή πλωτών σωμάτων γύρω από αρμούς διαμέσου γραμμικών υδραυλικών αντλιών. Η συσκευή McCabe αποτελείται βασικά από τρία πλωτά σώματα στη σειρά και συνδεδεμένα μεταξύ τους, και τα οποία λειτουργούν παράλληλα στη κατεύθυνση των θαλάσσιων κυμάτων. Ανάμεσα στο κάθε ακριανό πλωτό σώμα και στο μεσαίο είναι προσαρτημένες υδραυλικές αντλίες που ενεργοποιούνται με την πάνω-κάτω κίνηση των ακριανών πλωτών σωμάτων. Οι υδραυλικές αντλίες μπορεί να κατασκευαστούν είτε ως συστήματα κλειστού βρόχου που λειτουργούν με λάδι, είτε ως συστήματα ανοιχτού βρόχου που λειτουργούν με θαλασσινό νερό. Αυτά τα αντλητικά συστήματα με τη σειρά τους, κινούν ένα στρόβιλο και μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ύψους 400kW.

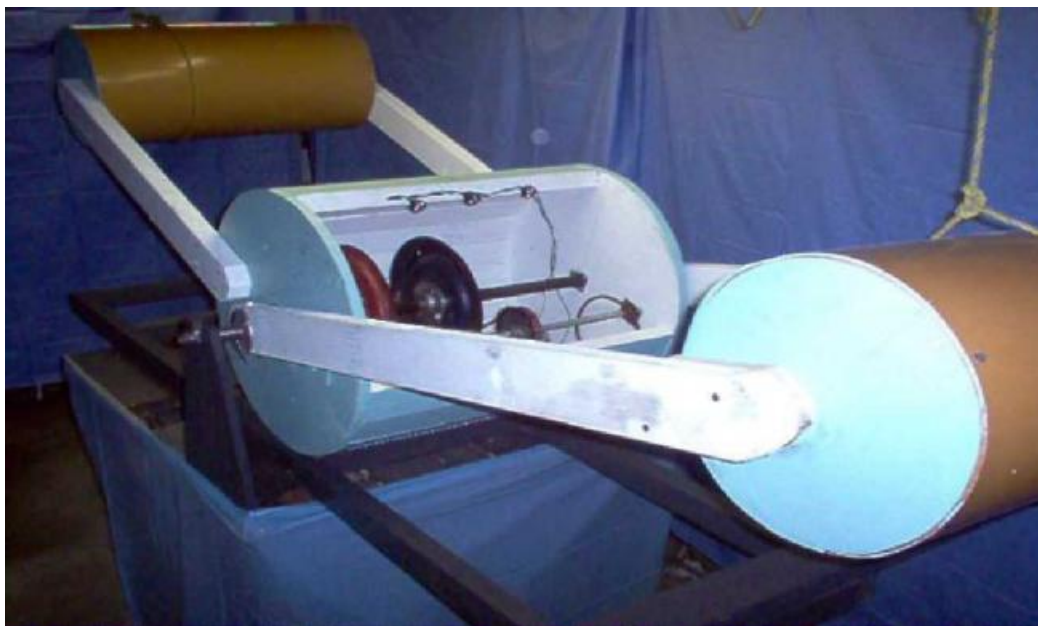
Ένα πρωτότυπο μοντέλο κυματο-αντλίας McCabe κατασκευάστηκε και δοκιμάστηκε στην ανοιχτή θάλασσα κοντά στις ακτές τις Ιρλανδίας το 1996, ενώ σήμερα ο κατασκευαστής πουλάει εμπορικούς μετατροπείς McCabe σε όποιον ενδιαφέρεται. Στη παρακάτω Εικόνα 1 παρουσιάζεται η κυματο-αντλία McCabe Wave Pump.



Εικόνα Β)III.4.4)1 : Τα βασικά τμήματα του μετατροπέα McCabe Wave Pump.

Β)III.4.5) Floating Wave Generator

Το Floating Wave Generator είναι μια εφεύρεση μετατροπής της κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό από τον Glen Edward Cook. Η κατοχύρωση της τεχνολογίας με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εκκρεμεί (US 60/662/582), ενώ η ανάπτυξη της τεχνολογίας βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο πειραματικό στάδιο μικρής κλίμακας



Εικόνα Β)III.4.5)1 : Η φωτογραφία ενός δοκιμαστικού μετατροπέα Floating Wave Generator μικρής κλίμακας.

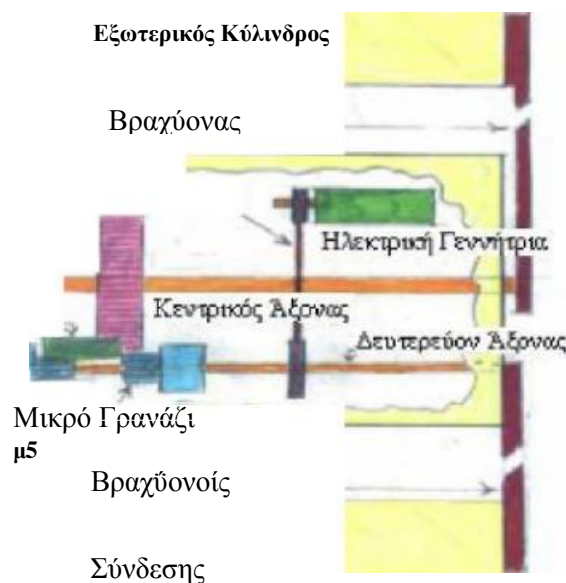
Τεχνολογία

Το σύστημα αποτελείται από τρεις κυλινδρικούς πλωτήρες. Οι δύο εξωτερικοί πλωτήρες πρέπει να απέχουν απόσταση ίση με το ύψος της κορυφής των θαλάσσιων κυμάτων για να έχουν μέγιστη απόδοση. Η απόσταση αυτή μπορεί να ρυθμίζεται. Ο τρίτος πλωτήρας τοποθετείται στο κέντρο, ανάμεσα από τους άλλους δύο, και περιέχει την ηλεκτρική γεννήτρια. Ο κεντρικός πλωτήρας είναι άκαμπτα συνδεδεμένος με τον έναν από τους εξωτερικούς πλωτήρες, ενώ ο άλλος εξωτερικός πλωτήρας συνδέεται με τον κεντρικό με ένα ζεύγος βραχιόνων που είναι άκαμπτα συνδεδεμένοι με τον κεντρικό άξονα του μεσαίου πλωτήρα από τα άκρα του (βλέπε Εικόνα 1). Ο κεντρικός άξονας έχει ρουλεμάν και συγκρατείται σε κάθε μία από τις δύο άκρες του μεσαίου πλωτήρα. Αυτά τα ρουλεμάν είναι προστατευμένα από το νερό, την άμμο και οποιοδήποτε άλλο υλικό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα. Ο κεντρικός άξονας μπορεί να κινηθεί κατά μισή περιστροφή προς την ωρολογιακή φορά και κατά μισή προς την ανθρωλογιακή.

Ο κεντρικός άξονας συνδέεται με έναν δευτερεύον άξονα (που βρίσκεται επίσης μέσα στον κεντρικό πλωτήρα) με ιμάντες ή γρανάζια και συμπλέκτες μιας κατεύθυνσης για τη μετατροπή της εναλλασσόμενης (ως προς τη φορά περιστροφής) περιστροφικής κίνησης του κεντρικού άξονα σε περιστροφική κίνηση μιας φοράς στον δευτερεύον άξονα. Ο δευτερεύον άξονας συνδέεται και κινεί την ηλεκτρική γεννήτρια απευθείας ή μέσω ενός συστήματος μετάδοσης που θα ρυθμίζει τη ταχύτητα από τον άξονα στη γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια θα μεταφέρεται σε ένα σταθμό βάσης μέσω καλωδίων ισχύος μαζί με καλώδια ελέγχου και μια μάνικα αέρα. Η συσκευή θα συγκρατείται στη θέση της μέσω ενός καλωδίου δεμένου σε μια άγκυρα ή κάποια παρόμοια συσκευή πρόσδεσης.

Αν κοιτάξουμε τη συσκευή από τη πλευρά που ο σταθερά συνδεδεμένος πλωτήρας βρίσκεται στη δεξιά μεριά και ο πλωτήρας που συνδέεται με τον κεντρικό άξονα βρίσκεται στην αριστερή, τότε όταν ο κεντρικός πλωτήρας ανυψώνεται στη κορυφή του κύματος και οι εξωτερικοί πλωτήρες βρίσκονται στη κοιλότητα των κυμάτων, η θετική πλευστότητα του κεντρικού πλωτήρα θα τον διατηρήσει στη κορυφή του κύματος. Ταυτόχρονα και λόγω του βάρους τους, οι εξωτερικοί πλωτήρες θα κινηθούν προς τα κάτω και θα περιστρέψουν τον κεντρικό άξονα προς την ανθρωλογιακή φορά. Αντίθετα όταν οι εξωτερικοί πλωτήρες κινούνται προς τα πάνω (προς την κορυφή των κυμάτων) ενώ ο κεντρικός πλωτήρας βυθίζεται προς τα κάτω (προς τη κοιλότητα των κυμάτων), ο κεντρικός άξονας θα περιστραφεί προς την ωρολογιακή φορά. Οι εξωτερικοί πλωτήρες και ένα διαχωρισμένο τμήμα του κεντρικού πλωτήρα θα πρέπει να έχουν από μία βαλβίδα για μπορούν να πλημμυριστούν και η συσκευή να βυθιστεί σε περίπτωση καταιγίδας για λόγους ασφαλείας. Οι βαλβίδες θα πρέπει να ελέγχονται από απόσταση μέσω ενός καλωδίου δεμένου μαζί με τα καλώδια ισχύος. Η μάνικα αέρα χρησιμοποιείται για να γεμίσει τους πλωτήρες με αέρα και να επαναφέρει τη συσκευή στην επιφάνεια.

Εικόνα Β)III.4.5)2 : Πλάγια τομή του μετατροπέα Floating Wave Generator.



Εικόνα Β)III.4.5)3 : Κάτοψη του μετατροπέα Floating Wave Generator

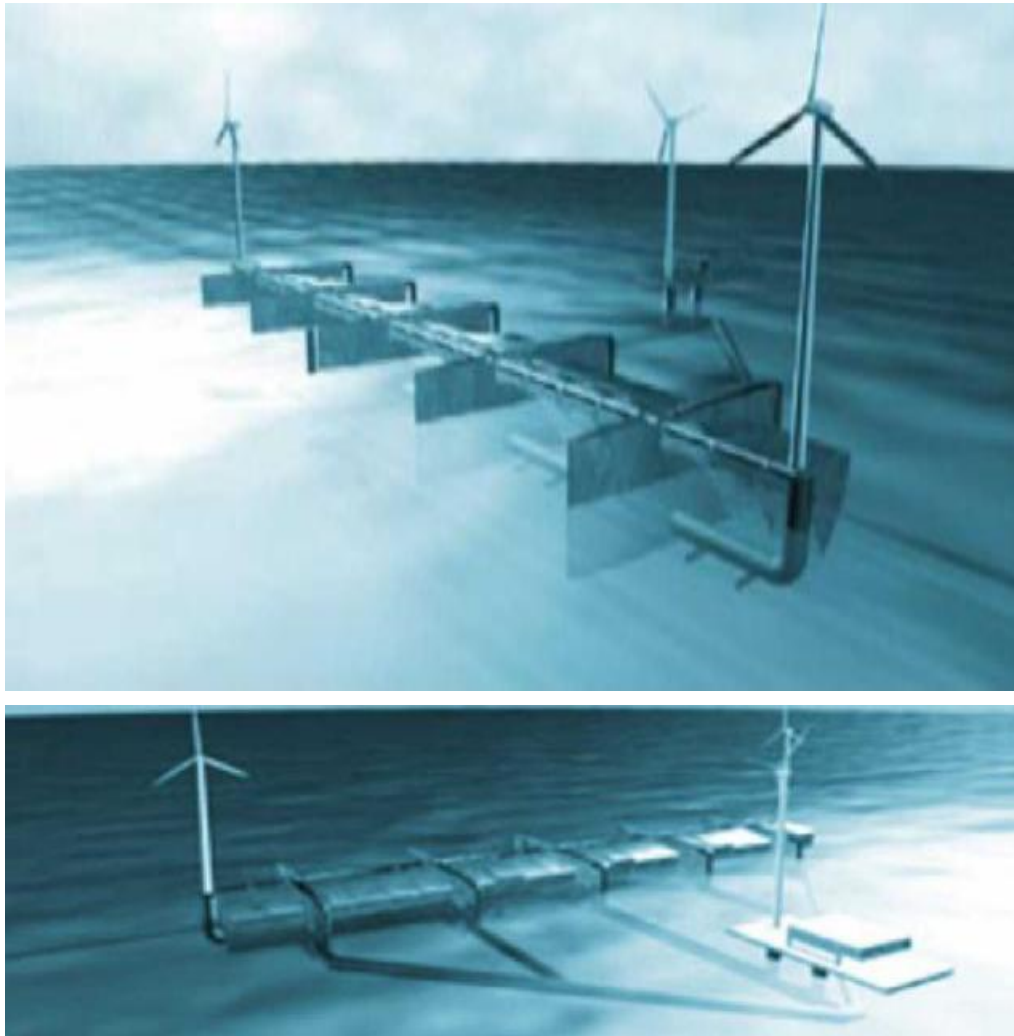
Β)III.5) Τεχνολογίες Οριζόντιας Κίνησης

Β)HL5.1) Poseidon's Organ

Το Poseidon's Organ της δανέζικης εταιρίας Floating Power Plant AS, είναι μια εφεύρεση, μια φιλοδοξία και ένα συγκεκριμένο σχέδιο για την ανάπτυξη και κατασκευή ενός ανανεώσιμου εργοστασίου παραγωγής ενέργειας με κλίμακα, έξοδο και οικονομία που ξεπερνά όλες τις προηγούμενες προσπάθειες για τη μετατροπή της ανεξάντλητης ενέργειας των ωκεανών σε ηλεκτρισμό. Μία ενιαία μονάδα

παραγωγή ενέργειας μπορεί να τροφοδοτήσει 12.500 νοικοκυριά με ηλεκτρισμό από την τοποθεσία εγκατάστασης της στην ανοιχτή θάλασσα.

Το Poseidon's Organ είναι μια πλωτή κατασκευή που μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και ως θεμελιώδης κατασκευή για την εγκατάσταση πάνω του ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών πάνελς, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μια υβριδική μονάδα ανανεώσιμης ενέργειας.

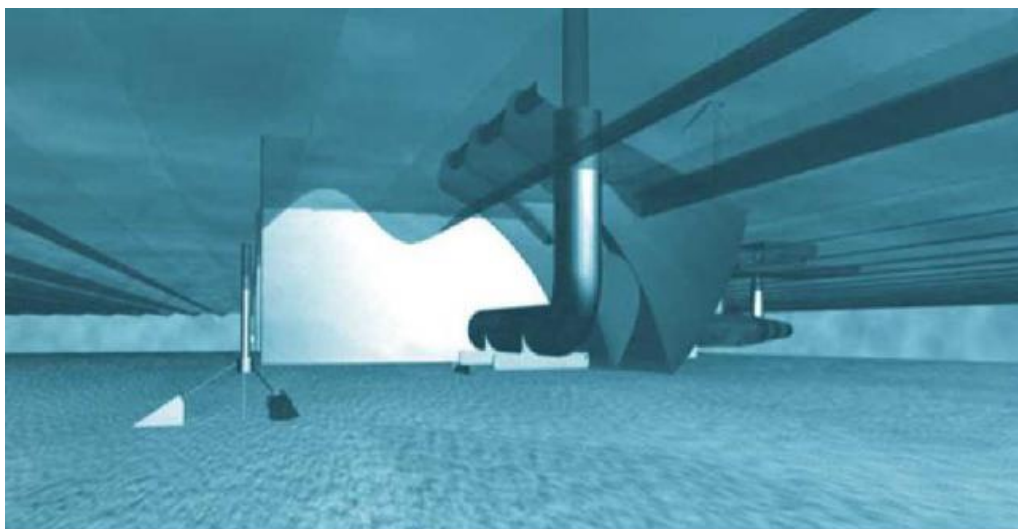


Εικόνα Β)ΙΙΙ.5 : Η μπροστά και πίσω όψη της πλατφόρμας Poseidon's Organ με 3 ενσωματωμένες ανεμογεννήτριες.

Τεχνολογία

Ένα από τα πλωτά περύγια του Poseidon's Organ απορροφάει την ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και με τη χρήση μιας αντλίας διπλής λειτουργίας με πιστόνια, μετατρέπει την κυματική ενέργεια σε πίεση νερού που περνάει μέσα από

ένα στρόβιλο που είναι συνδεδεμένος με μια γεννήτρια, που παράγει τελικά ηλεκτρισμό. Η καινοτόμα κατασκευή του πλωτού πτερυγίου (Εικόνα 2) εξασφαλίζει μέγιστη απορρόφηση της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων και η τελική του μορφή έχει καθοριστεί μετά από μηχανολογικό σχεδιασμό και διάφορες δοκιμές.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.5.1)2 : Ένα πλωτό πτερύγιο απορρόφησης της ενέργειας των θαλάσσιων

Με τη βοήθεια του κατοχυρωμένου αυτόματου συστήματος κλίσης της πλατφόρμας, τα κύματα ερχόμενα συναντούν πάντα τη πρόσοψη του Poseidon's Organ. Η πρόσοψη αυτή για το Poseidon's Organ κλίμακας 1 : 2 έχει μήκος 230 μέτρα και αποτελείται από 10 πλωτά πτερύγια.

Όσον αφορά το περιβάλλον, το Poseidon's Organ έχει σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές επιπτώσεις του ως προς αυτό. Αντίθετα παρουσιάζει αρκετές θετικές περιβαλλοντολογικές επιδράσεις. Σε σύγκριση με ένα παραδοσιακό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας φυσικών καυσίμων, το Poseidon's Organ θα μειώσει τις ετήσιες εκπομπές κατά 145 τόνους διοξείδιο του θείου, 120 τόνους νιτρικά οξείδια, 35000 τόνους διοξείδιο του άνθρακα και 2600 τόνους σκουριά και ιπτάμενη τέφρα. Επίσης το Poseidon's Organ λειτουργεί και ως κυματοθραύστης αφού μειώνει σημαντικά το ύψος των κυμάτων που περνάνε από αυτό, δημιουργώντας ήρεμα νερά που βοηθούν στην ωτοκία των ψαριών (εκτιμάται ότι θα δημιουργηθούν φυσικές αποικίες ωτοκίας πίσω και κάτω από τη κατασκευή).

Καινοτόμα Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά

1. Ο Δυναμικός Σχεδιασμός των Πλωτών Πτερυγίων
2. Το Αυτόματο Σύστημα Κλίσης
3. Η Σταθερότητα και Στιβαρότητα της Κατασκευής
4. Το Αυτόνομο Σύστημα

5. Η Δυνατότητα Ενσωμάτωσης Άλλων Τεχνολογιών Παραγωγής Ανανεώσιμης Ενέργειας
6. Η Τοποθεσία Εγκατάστασης του στην Ανοιχτή Θάλασσα

Μελλοντική Ανάπτυξη - Εφαρμογή

Από το 1996 το Poseidon's Organ έχει κατασκευαστεί και δοκιμαστεί σε κλίμακες 1:25 και 1:50, ενώ παράλληλα έχει εξελιχθεί και ο μηχανολογικός σχεδιασμός του. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων στη σημερινή εποχή.

Την άνοιξη του 2007 ξεκίνησε η κατασκευή ενός μοντέλου Poseidon's Organ κλίμακας 1:6 ανοιχτής θάλασσας για δοκιμή και επίδειξη (Εικόνα 3). Το μοντέλο έχει πλάτος 37 μέτρα, μήκος 25 μέτρα, ύψος 6 μέτρα (κατάστρωμα) και ζυγίζει περίπου 200 τόνους. Το μοντέλο πρόκειται να εγκατασταθεί στο Q4 στο Lolland της Δανίας την άνοιξη του 2008. Εκτός από την εξαγωγή αποτελεσμάτων, η κατασκευή θα επιτρέψει σε μελλοντικούς επενδυτές να δουν και να αξιολογήσουν τους σταθμούς παραγωγής σε λειτουργία, για να πάρουν τις αποφάσεις τους για μελλοντικές επενδύσεις στη τελική φάση, η οποία είναι η κατασκευή ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας Poseidon's Organ πλήρους κλίμακας.



Εικόνα Β)III.5.1)3 : Στάδια κατασκευής του μοντέλου Poseidon's Organ κλίμακας 1:6. Στην πρώτη φωτογραφία φαίνεται ένα τμήμα της πλατφόρμας με ένα πλωτό πτερόγιο και μια αντλία ενσωματωμένα, ενώ στη δεύτερη φαίνεται η δοκιμή πίεσης σε ένα από τα πλωτά πτερόγια.

Τέλος έχουν γίνει κάποιοι υπολογισμοί και εκτιμήσεις για ένα Poseidon's Organ κλίμακας 1:2 για μια τοποθεσία εγκατάστασης στο πορτογαλικό τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού. Το μοντέλο αυτό εκτιμάται ότι θα έχει 35% απόδοση μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων σε ηλεκτρισμό, συνολική εγκατεστημένη ισχύ (συμπεριλαμβανομένου 3 ανεμογεννητριών) ίση με 30MW, ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα κύματα ίση με 28.207MWh και συνολική ετήσια παραγωγή από τις 3 ανεμογεννήτριες ίση με 22.075MWh.

B)III.5.2) OWEL WEC

Ο μετατροπέας κυματικής ενέργειας WEC (Wave Energy Converter) της αγγλικής εταιρίας OWEL (Offshore Wave Energy Ltd) που ιδρύθηκε στις αρχές του 2001, είναι μια συσκευή ανοιχτής θαλάσσης που παγιδεύει και συμπιέζει τον αέρα κατά την διέλευση των διαδοχικών κοιλοτήτων των θαλάσσιων κυμάτων. Ο συμπιεσμένος αέρας συλλέγεται σε ένα ρεζερβουάρ για να χρησιμοποιηθεί για την

κίνηση ενός στροβίλου. Η συσκευή είναι σχεδιασμένη για εγκατάσταση πάνω σε πλωτές πλατφόρμες, αγκυροβολημένες σε τοποθεσίες στην ανοιχτή θάλασσα όπου τα κύματα έχουν τη κατάλληλη πυκνότητα ενέργειας.



Εικόνα Β)III.5.2)1 : Η πλατφόρμα μετατροπής WEC με 6 ενσωματωμένους αεραγωγούς.

Τεχνολογία

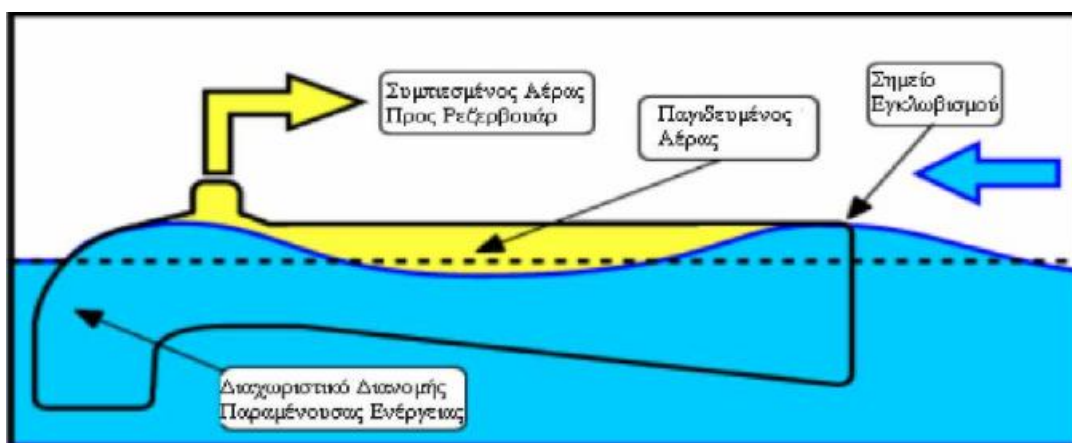
Ο σχεδιασμός του WEC βασίστηκε στην εκπλήρωση κάποιων βασικών κριτηρίων, τα οποία είναι :

1. Λαμβάνοντας υπόψη την ραγδαία μείωση της κυματικής ενέργειας στα ρηχά νερά, η συσκευή θα πρέπει να εγκατασταθεί στην ανοιχτή θάλασσα, σε βάθος τουλάχιστον 40 μέτρων.
2. Θα πρέπει να εγκατασταθεί πάνω σε μια πλωτή μονάδα για την εξασφάλιση της ανεξαρτησίας της συσκευής από παλιρροιακά φαινόμενα.
3. Μια στιβαρή κατασκευή με χαμηλό κόστος συντήρησης είναι αναγκαία για την απροβλημάτιστη λειτουργία της στην ανοιχτή θάλασσα με μεγάλα κύματα. Δεν θα πρέπει να υπάρχουν κινούμενα τμήματα σε επαφή με το νερό και η κατασκευή θα πρέπει να είναι απλή και οικονομική.
4. Η συσκευή θα πρέπει να εκμεταλλεύεται την οριζόντια συνιστώσα της κίνησης των κυμάτων, αφού το μήκος των κυμάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από το ύψος τους και η οριζόντια κίνηση είναι προς μια κατεύθυνση, ενώ η κάθετη κίνηση είναι ταλάντωση.
5. Η χαμηλού επιπέδου κυματική ενέργεια θα πρέπει να ενισχύεται για την παραγωγή αέρα υψηλής πίεσης για την τροφοδότηση του στροβίλου.
6. Οι πλωτές μονάδες θα πρέπει να σχεδιαστούν για την απορρόφηση μόνο μιας μικρής ποσότητας της ενέργειας των κυμάτων κατά την διάρκεια καταιγίδων.

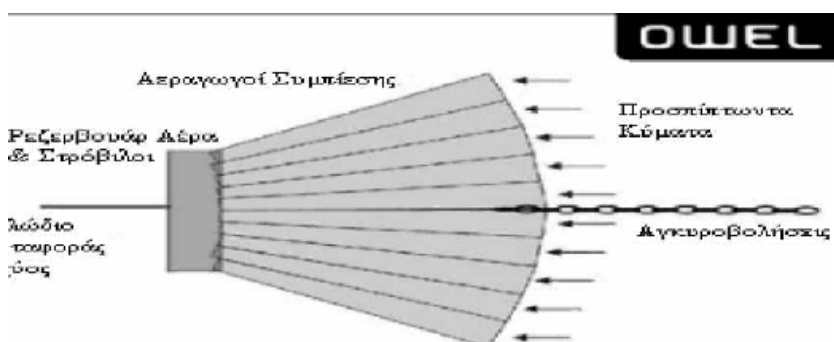
Με βάση τα παραπάνω, η μονάδα WEC σχεδιάστηκε ως ένας οριζόντιος πλωτός αεραγωγός, με μήκος που εξαρτάται από τις κυματικές συνθήκες της τοποθεσίας λειτουργίας του. Ο σχεδιασμός της μονάδας WEC εξασφαλίζει ότι η

πλατφόρμα που θα σχηματιστεί από πολλαπλές διασυνδεδεμένες μονάδες WEC θα επιπλέει σταθερά στη θάλασσα.

Ο αεραγωγός σε κάθε μονάδα είναι ανοιχτός στο ένα άκρο και το σύστημα πρόσδεσης της πλατφόρμας εξασφαλίζει ότι αυτό θα είναι το άκρο που θα συναντήσουν τα ερχόμενα κύματα. Τα πλευρικά τοιχεία του αεραγωγού είναι τοποθετημένα υπό γωνία και η βάση του έχει μορφή ράμπας. Ο αέρας στην κοιλότητα αμέσως μετά το προπορευόμενο κύμα παγιδεύεται καθώς η κορυφή του επόμενου κύματος σφραγίζει την είσοδο του αγωγού (βλέπε Εικόνα 2). Έπειτα ο αέρας συμπιέζεται λόγω των γωνιακά τοποθετημένων τοιχείων και τροφοδοτείται στην πολλαπλή συμπίεση, από όπου μεταφέρεται σε ένα ρεζερβουάρ διαμέσου μιας βαλβίδας απλής κατεύθυνσης. Στο πίσω άκρο του αγωγού, μετά την πολλαπλή, υπάρχει ένα σύστημα διαφραγμάτων που διασκορπίζει την υπόλοιπη ενέργεια των κυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, έτσι ώστε να μην ανακλαστούν προς τα εμπρός κατά μήκος του αγωγού όπου ακολουθούν τα επόμενα προς εκμετάλλευση κύματα. Ο αέρας που συλλέχθηκε στο ρεζερβουάρ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση ενός αεροστρόβιλου και την παραγωγή ηλεκτρισμού.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.5.2)2 : Σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας του αεραγωγού συμπίεσης του μετατροπέα WEC.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.5.2)3 : Κάτοψη μιας πλατφόρμας μετατροπής WEC με 10 ενσωματωμένους αεραγωγούς.

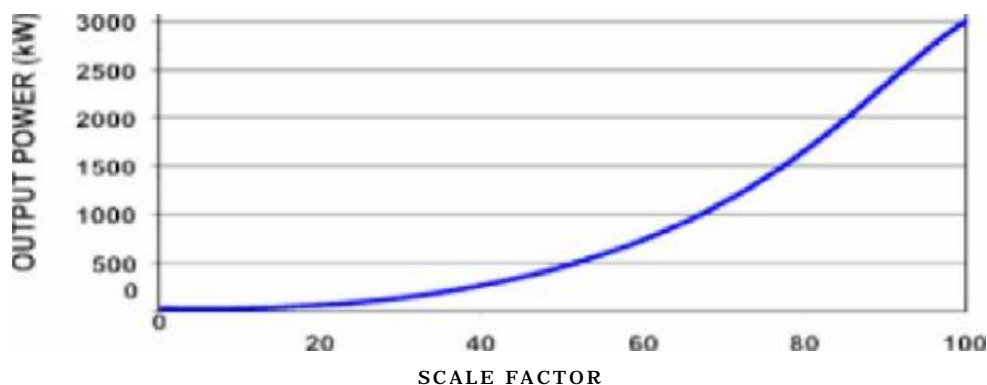
Ένα WEC πλήρους κλίμακας θα αποτελείται από έναν αριθμό μονάδων σταθεροποιημένων πάνω σε μια μεγάλη συμπαγής πλατφόρμα, με συνολικό μήκος σύλληψης κυμάτων 200 μέτρων. Στις κυματικές συνθήκες που επικρατούν στην Δυτική Ακτή του Ηνωμένου Βασιλείου, το WEC εκτιμάται ότι θα είχε μέγιστη έξοδο ισχύος 12MW και μέση 4MW. Σε λιγότερο ενεργητικές θάλασσες η έξοδος θα μειωνόταν ανάλογα. Ωστόσο λόγω του μεγάλου μεγέθους (περίπου 32.000 τόνους) και της σταθερότητας της πλατφόρμας, η μειωμένη έξοδος θα μπορούσε να αντισταθμιστεί με την ενσωμάτωση ανεμογεννητριών. Βέβαια σε αυτό το στάδιο δεν έχει γίνει λεπτομερής μελέτη για την ενσωμάτωση ανεμογεννητριών αφού οι εργασίες έρευνας και ανάπτυξης επικεντρώνονται στην απόδειξη της βιωσιμότητας της τεχνολογίας ως προς την εκμετάλλευση των θαλάσσιων κυμάτων.

Για τη πλατφόρμα WEC των 12MW, το συνολικό κόστος κεφαλαίου μπορεί να χωριστεί στα επιμέρους κόστη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα Β)III.5.2)4 : Καταμερισμός του κόστους κεφαλαίου για μια απλή παράταξη WEC των

Με βάση μαθηματικούς υπολογισμούς και μοντελοποίηση του WEC, το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την εξάρτηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με τον συντελεστή κλίμακας της συσκευής (ο συντελεστής κλίμακας είναι γραμμικός με την τιμή 100 να αντιστοιχεί σε ένα WEC μήκους 180 μέτρων):



Εικόνα Β)III.5.2)5 : Διάγραμμα της συνάρτησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τον συντελεστή κλίμακας του μετατροπέα WEC.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Απλότητα à Η συσκευή παγιδεύει τον αέρα των διαδοχικών κοιλοτήτων των κυμάτων, τον συμπιέζει και τον αποθηκεύει σε ένα ρεζερβουάρ συμπιεσμένου αέρα.
2. Ικανότητα Επιβίωσης à Δεν υπάρχουν ευάλωτα κινούμενα τμήματα σε επαφή με το νερό. Τα κύματα καταιγίδας περνάνε πάνω από το επίπεδο κατάστρωμα της πλατφόρμας με λίγη μεταφορά ενέργειας.
3. Εύκολη Εγκατάσταση à Η πλωτή πλατφόρμα ρυμουλκείται εύκολα στην τοποθεσία λειτουργίας και δένεται σε ένα σύστημα αγκύρων. Η απόσυρση της συσκευής είναι εξίσου εύκολη διαδικασία, ενώ η διαταραχή του βυθού είναι ελάχιστη.
4. Χαμηλό Κόστος à Η πλατφόρμες από σκυρόδεμα είναι μεγάλες αλλά απλές και περιβαλλοντικά ουδέτερες.
5. Χαμηλή Συντήρηση à Η στρόβιλο-γεννήτρια και ο εξοπλισμός ελέγχου είναι στεγασμένα σε ασφαλείς και εύκολα προσβάσιμους χώρους, επιτρέποντας το σέρβις στην τοποθεσία εγκατάστασης. Ένα σύνολο στρόβιλο-γεννήτριας είναι επαρκές για μια πλατφόρμα 12MW.
6. Δοκιμασμένη Τεχνολογία à Ένα μοντέλο κλίμακας 1:100 και ένα κλίμακας 1:10 έχουν δοκιμαστεί σε δεξαμενές τεχνητών κυμάτων. Η υπολογιστική και μαθηματική μοντελοποίηση βρίσκεται σε εξέλιξη.
7. Οικονομία à Για τις πρώτες εμπορικές πλατφόρμες προβλέπεται παραγωγή ισχύος με κόστος μεταξύ 0,036 και 0,054€ ανά κιλοβατόρα, το οποίο αναμένεται να μειωθεί με την αύξηση του όγκου παραγωγής.
8. Πρόοδος à Σχεδιάζεται η κατασκευή και δοκιμή μιας πλατφόρμας στην ανοιχτή θάλασσα. Για αυτό το στάδιο είναι αναγκαία η περαιτέρω χρηματοδότηση.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Η εταιρία OWEL ολοκλήρωσε το 2002 τη μελέτη για το αν η τεχνολογία είναι κατάλληλη για εφαρμογή, με χρηματοδότηση από τη DTI Smart. Επίσης ολοκληρώθηκε το Πρόγραμμα Αρχικής Ανάπτυξης με σπόνσορα την Carbon Trust τον Δεκέμβριο του 2005. Αυτά επιβεβαίωσαν την αποδοτικότητα του σχεδιασμού του μετατροπέα κυματικής ενέργειας και την εμπορική βιωσιμότητα της τεχνολογίας WEC. Οι αρχικές δοκιμές σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων διεξάχθηκαν από τη QinetiQ. Συνεχίστηκαν από τη NaREC για μοντέλο κλίμακας 1:10.

Η τελική φάση ανάπτυξης βρίσκεται σε εξέλιξη και περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, κατασκευή και δοκιμή μιας μονάδας επίδειξης σχεδόν πλήρους κλίμακας (3:4), για εγκατάσταση πιθανόν στην τοποθεσία EMEC έξω από το Orkney. Αυτός ο μετατροπέας θα έχει 55 μέτρα μήκος και 20 μέτρα πλάτος, ενώ θα προσδεθεί σε βάθος υδάτων 12 μέτρα. Η κατασκευή του θα είναι από σκυρόδεμα και θα ζυγίζει περίπου 2.000 τόνους (αν κατασκευαζόταν από χάλυβα θα ζύγιζε 400 τόνους). Η ονομαστική ισχύ του θα είναι 740kW, ενώ το συνολικό κόστος για τα 2 χρόνια από τον σχεδιασμό του μέχρι την εγκατάσταση του, εκτιμάται ότι θα είναι περίπου 5.400.000€. Η επιτυχία του μοντέλου επίδειξης θα οδηγήσει στο εμπορικό στάδιο της κατασκευής και εγκατάστασης μιας πλατφόρμας WEC πλήρους κλίμακας.

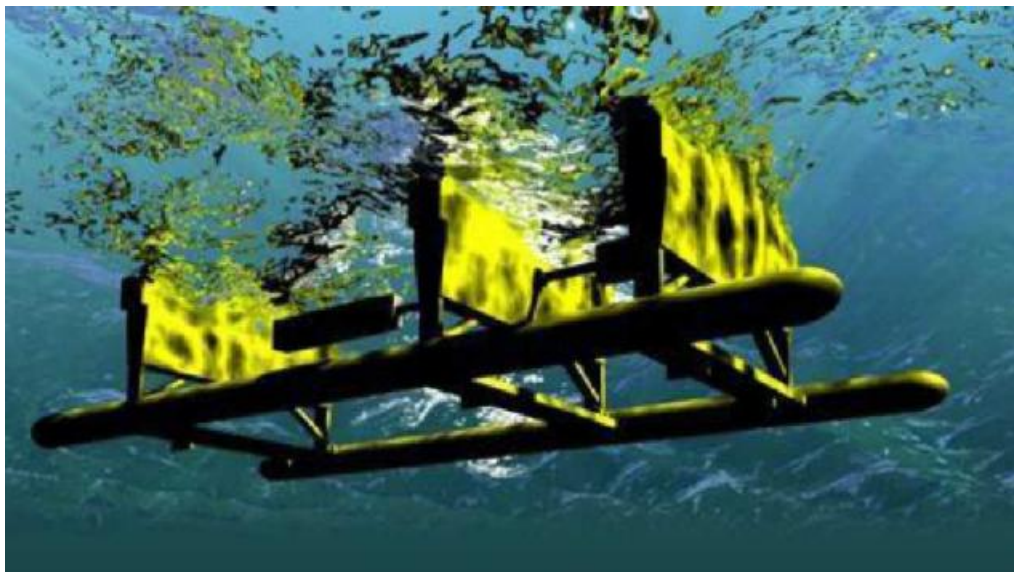
Για τον σχεδιασμό, τη κατασκευή και την εγκατάσταση της εμπορικής πλατφόρμας WEC πλήρους κλίμακας θα χρειαστούν περίπου 2 χρόνια και το συνολικό κόστος εκτιμάται ότι θα είναι περίπου 24.000.000€. Αυτό περιλαμβάνει τα κόστη κεφαλαίου, ανάπτυξης και λειτουργίας για την εγκατάσταση της πλατφόρμας σε μια προτεινόμενη τοποθεσία όπως στο Wave Hub (που θα περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές τεχνολογίες κυματικής ενέργειας συνδεδεμένες σε ένα κοινό ζυγό). Αυτή η πλατφόρμα θα αποτελείται από 6 μονάδες WEC σταθερά ενωμένες μεταξύ τους δίπλα-δίπλα. Η ονομαστική ισχύς εξόδου θα είναι 12MW και το συνολικό βάρος περίπου 32.000 τόνοι. Θα προσδένεται κατάλληλα ώστε το συνολικό μήκος του μετώπου της για τη σύλληψη των κυμάτων να είναι 200 μέτρα. Αν και το συνολικό κόστος θα μειωθεί με την αύξηση της παραγωγής εμπορικών πλατφόρμων WEC, το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης για τις πρώτες πλατφόρμες αναμένεται να είναι περίπου 2.100.000€ ανά MW ονομαστικής ισχύος. Εκτιμάται ότι το κόστος παραγωγής θα είναι της τάξης του 0,067€ ανά kWh κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του, που εκτιμάται να είναι περίπου 20 χρόνια. Οι οικονομικές μελέτες της OWEL δείχνουν ότι η τεχνολογία WEC είναι οικονομικά υγιής και ασφαλής, και θα επιφέρει άκρως ικανοποιητικά μακροπρόθεσμα έσοδα για τους επενδυτές.



Εικόνα Β)ΙΙΙ.5.2)6 : Η κατασκευή ενός αεραγωγού συμπίεσης κλίμακας 1:10 και η δοκιμή ενός πειραματικού μοντέλου WEC μικρής κλίμακας σε δεξαμενή δημιουργίας τεχνητών κυμάτων.

B)ΙΙΙ.5.3) C-Wave

Το C-Wave είναι μια νέα τεχνολογία μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων ανοιχτής θαλάσσης της αγγλικής εταιρίας C-Wave Limited. Το C-Wave αποσπά την ενέργεια των τυπικών κυμάτων και διαλύει τις επικίνδυνες δυνάμεις των κυμάτων καταιγίδας. Το αποτέλεσμα είναι η συμπαγής, οικονομικά αποδοτική και χωρίς εκπομπές παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να επιβιώσει και κάτω από τις χειρότερες συνθήκες θαλάσσιων κυμάτων.



Εικόνα B)III.5.3)1 : Ο μετατροπέας της ενέργειας των θαλασσιων κυματων C-Wave.

Τεχνολογία

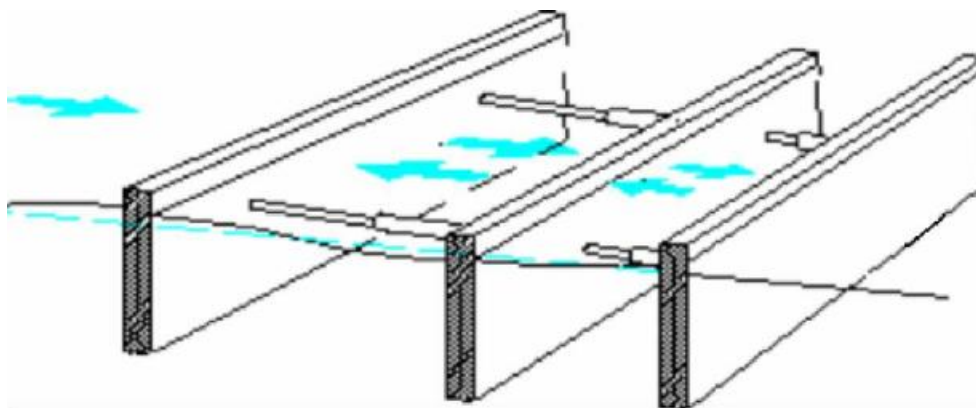
Οποιοσδήποτε είχε την εμπειρία να προσπαθήσει να σκαρφαλώσει ή να πηδήξει από μια βάρκα σε μια άλλη κατά την διάρκεια κυματικής δραστηριότητας, έχει βιώσει κατά κάποιον τρόπο την αρχή λειτουργίας του συστήματος C-Wave. Καθώς οι δύο βάρκες επιπλέουν η μία δίπλα στην άλλη, το κενό ανάμεσα τους διαρκώς ανοιγοκλείνει, κάνοντας δύσκολη τη μετάβαση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το C-Wave χρησιμοποιεί τη διαρκή κίνηση για να κινήσει μια γεννήτρια και να παράγει ηλεκτρισμό.

Το άνοιγμα και το κλείσιμο του κενού ανάμεσα στις βάρκες είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι όταν ένα κύμα περάσει κάτω από μια βάρκα, αυτή δεν κινείται πάνω-κάτω όπως μπορεί να φανταζόμαστε, αλλά στην πραγματικότητα κινείται κυκλικά, πάνω-κάτω από πλευρά σε πλευρά. Στην πραγματικότητα δεν είναι μόνο η βάρκα που κινείται κυκλικά, αλλά και το νερό επίσης. Καθώς το κύμα περνάει από δεξιά προς αριστερά, το νερό δεν κινείται από δεξιά προς αριστερά με την ίδια ταχύτητα με το κύμα. Κινείται σε κύκλο και μεταβιβάζει την ενέργεια του κύματος στον επόμενο όγκο νερού, που με τη σειρά του επαναλαμβάνει την ίδια διαδικασία και πάει λέγοντας. Για αυτόν τον λόγο τα κύματα μπορούν να μεταφέρουν ταχύτατα μεγάλες ποσότητες ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Όταν δύο αντικείμενα χωρίζονται μεταξύ τους μέσα στο νερό από μία απόσταση περίπου μισού μήκους κύματος, θα χωρίζονται κατά 180 μοίρες στους αντίστοιχους κύκλους τους. Καθώς ένα από τα αντικείμενα θα κινείται προς τα εμπρός, το άλλο θα κινείται προς τα πίσω. Γι' αυτό και κινούνται προς και μακριά το ένα από το άλλο όταν διέρχεται ένα κύμα.

Σε ένα σύστημα εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων, μία πρακτική εφαρμογή αυτής της αρχής είναι η χρήση δύο ουδέτερα πλευστών τοιχείων σε απόσταση περίπου ενός μήκους κύματος, έτσι ώστε όταν το ένα κινείται προς τα

εμπρός το άλλο να κινείται προς τα πίσω. Αυτή η συσκευή λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος ζώνης γύρω από αυτό το διάστημα κύματος μισού μήκους. Ωστόσο, για να βελτιωθεί περαιτέρω η παραγωγή ενέργειας, ένα τρίτο τοιχίο μπορεί να προστεθεί σε άνιση απόσταση από τα άλλα δύο. Έτσι η συσκευή θα μπορεί να αποσπά ενέργεια από διαφορετικά μήκη κύματος και σε από ανακατωμένη θάλασσα, που προκύπτει από τον συνδυασμό διαφορετικών μηκών κύματος.



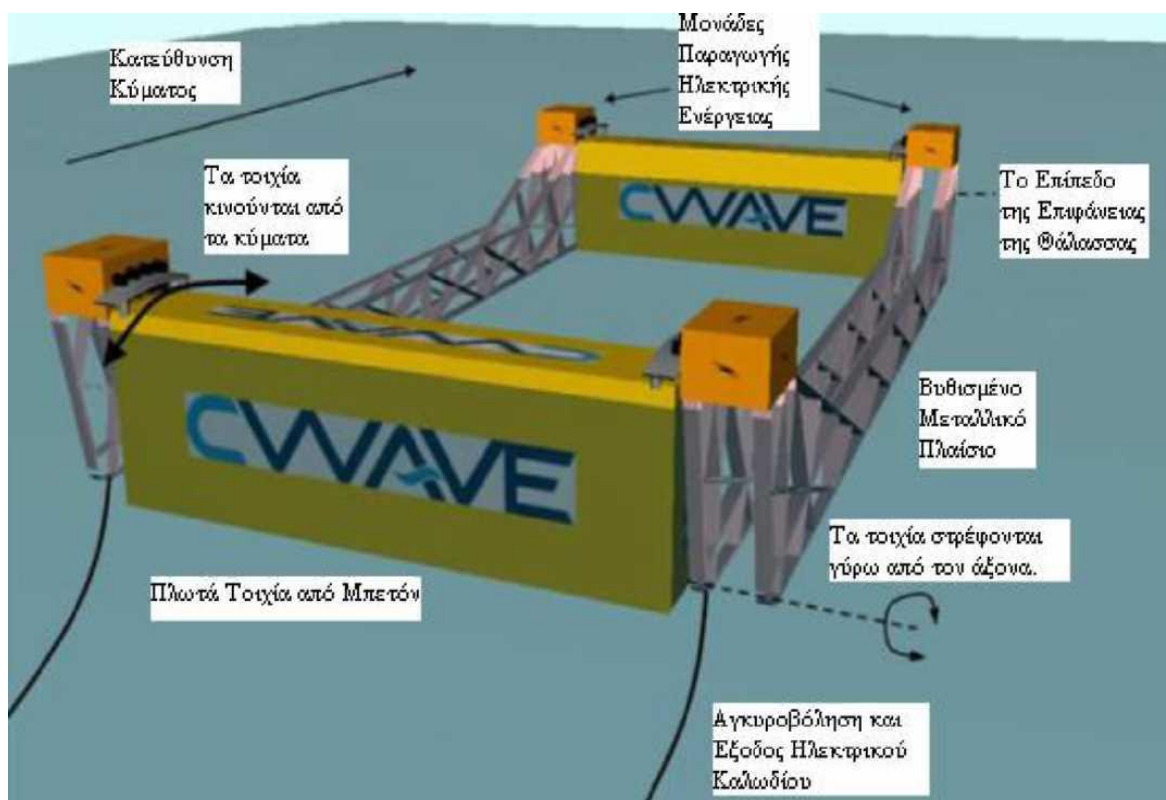
Εικόνα Β)III.5.3)2 : Η σχετική κίνηση των τριών τοιχιών του μετατροπέα C-Wave κατά την έλευση των θαλάσσιων κυμάτων.

Βασικά Πλεονεκτήματα

1. Ο Βαθμός Απόδοσης της Μετατροπής της Ενέργειας Κυμάτων σε Ηλεκτρική \Rightarrow Η συσκευή C-Wave είναι πολύ αποδοτική στην απόσπαση της ενέργειας από τα κύματα και συλλαμβάνει αποδοτικότερα ενέργεια στα μακρύτερα κύματα όπου περιέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας. Αυτό προσδίδει στο C-Wave ένα οικονομικό πλεονέκτημα σε σχέση με ανταγωνιστικές τεχνολογίες.
2. Συντήρηση στη Θάλασσα \Rightarrow Τα τμήματα ισχύος της συσκευής είναι τοποθετημένα σε ένα σταθερό πλαίσιο επιτρέποντας την πρόσβαση για συντήρηση επί τόπου στη θάλασσα, ή αντικατάσταση ενός τμήματος χρησιμοποιώντας μόνο μικρά σκάφη για σέρβις, μειώνοντας έτσι τις δαπάνες και αυξάνοντας την διαθεσιμότητα. Η εξ' ολοκλήρου συντήρηση στη θάλασσα σημαίνει ότι οι τοποθεσίες των «φαρμών κυμάτων» δεν είναι αναγκαίο να βρίσκονται κοντά σε μεγάλα λιμάνια ή άλλες εγκαταστάσεις για συντήρηση στη στεριά. Αυτό ενισχύει την ελευθερία επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης.
3. Ικανότητα Επιβίωσης σε Μεγάλα Κύματα Καταιγίδας \Rightarrow Η συσκευή C-Wave επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας και είναι σχετικά χαλαρά αγκυροβολημένη στον πυθμένα της, έτσι ώστε να μπορεί να καβαλάει μεγάλα και επικίνδυνα κύματα όπως ένα αγκυροβολημένο πλοίο. Το φορτίο στη συσκευή καθορίζεται από την ενέργεια που αποσπά από τα κύματα και όχι από την ενέργεια των κυμάτων ώστε να είναι σε θέση να περιορίζει μεγάλα φορτία σε συνθήκες καταιγίδας. Τα μηχανικά τμήματα είναι σχεδιασμένα ώστε να μην επηρεάζονται από μεγάλα και καταστροφικά φορτία κατά την διάρκεια ακραίων κυματικών φαινομένων.

Μελλοντική Ανάπτυξη-Εφαρμογή

Η C-Wave Limited σχεδιάζει να εγκαταστήσει το πρώτο συνδεδεμένο στο δίκτυο σύστημα πολλών MW το 2009. Έπειτα σχεδιάζει να αναπτύξει πλωτές «φάρμες κυμάτων» σε βαθιά νερά σε απόσταση μεταξύ 5 και 20 χιλιομέτρων από την ακτή, όπου θα έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον και στις ζωές των ανθρώπων που ζούνε στις κοντινές ακτές.



Εικόνα Β)III.5.3)3 : Η διάταξη και λειτουργία ενός προτεινόμενου μοντέλου μετατροπής της κυματικής ενέργειας C-Wave.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΛΛΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αρχή της νέας χιλιετίας βρίσκει την αιολική ενέργεια να βαδίζει με γοργά βήματα προς την ωριμότητα, ενώ γίνεται πλέον αποδεκτό ότι είναι μια αποδεδειγμένη μορφή παραγωγής ενέργειας. Κυρίαρχο και καθοριστικό ρόλο στην εγκαθίδρυση της θέσης της αιολικής ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαετία έχει παίξει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό έχει επιτευχθεί αφενός μέσω μιας σειράς στρατηγικών αποφάσεων και κινήτρων και αφετέρου μέσω της έντονης υποστήριξης δραστηριοτήτων έρευνας και ανάπτυξης, κάτι που αποτελεί κλειδί στην εμπορική επιτυχία της αιολικής ενέργειας, επιτυγχάνοντας τη μείωση του κόστους παραγωγής στην τάξη των 5 cEuro/kWh σε περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό. Τέλος, η ίδια σαφής υπεροχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταγράφεται επίσης σε επίπεδο κατασκευαστών Α/Γ οι οποίοι καλύπτουν το 90% της παγκόσμιας κατασκευαστικής δυναμικότητας. Η αύξηση σε εγκατεστημένη ισχύ είναι της τάξης του 20-30% ετησίως και η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ το έτος 2010 αγγίζει τα 150 GW, ενώ για την Ευρώπη εκτιμάται στα 60 GW(2). Η αιολική βιομηχανία αναπτύσσεται με γρηγορότερους ρυθμούς από αυτήν των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, ενώ είναι εφάμιλλη αυτής της κινητής τηλεφωνίας.

Οι περισσότεροι αναλυτές συμφωνούν ότι η αναμενόμενη τεχνολογική πρόοδος τα επόμενα έτη θα είναι μάλλον εξελικτική και όχι αλματώδης (4). Σήμερα διατίθενται στην αγορά Α/Γ με μέγεθος 600 kW έως 2 MW για επίγειες εφαρμογές ενώ σχεδιάζονται και Α/Γ 2-5 MW για εφαρμογές υπεράκτιες (offshore). Η βόρεια Ευρώπη (Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μεγ. Βρετανία) κινούνται έντονα στην κατεύθυνση αυτή, κυρίως λόγω αντιδράσεων της κοινής γνώμης ιδιαίτερα σε περιοχές (Γερμανία-Δανία) όπου έχουν ήδη εγκατασταθεί πολλές Α/Γ στην ξηρά και τον ως εκ τούτου περιορισμό των διαθέσιμων περιοχών με καλό αιολικό δυναμικό (5). Εκτιμάται ότι υπάρχει όριο στη δυνατότητα μείωσης του κόστους σε πολύ μεγάλα μεγέθη Α/Γ, το οποίο αντισταθμίζεται στις περιπτώσεις των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, όπου ούτως ή άλλως το κόστος της θεμελίωσης ανεβάζει το κόστος εγκατάστασης κατά 20-30%, το οποίο όμως αναμένεται να αντισταθμιστεί από τις καλύτερες ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές αυτές. Η νότια Ευρώπη, με εξαίρεση ίσως την Ιταλία, δεν ασχολείται με τις παράκτιες εγκαταστάσεις, αφού οι προτεινόμενες σήμερα λύσεις αναφέρονται σε νερά με μέγιστο βάθος της τάξης των 20 μέτρων. Πλωτά συστήματα Α/Γ είναι προς το παρόν εκτός πεδίου σκέψης λόγω πολύ υψηλού κόστους. Στις περιοχές αυτές καθώς και στις ΗΠΑ όπου υπάρχει αρκετός διαθέσιμος αραιοκατοικημένος χώρος και που πολλές φορές χαρακτηρίζονται από το έντονο ανάγλυφο τους, εγκαθίστανται κυρίως μικρότερες μηχανές (μέχρι 600 kW-1.3 MW το πολύ). Ένας πρόσθετος λόγος για την εγκατάσταση μικρότερων Α/Γ σε περιοχές έντονου ανάγλυφου είναι τα προβλήματα μεταφοράς και ανέγερσης των μεγαλύτερων μονάδων. Σε ερευνητικό-επιδεικτικό επίπεδο διερευνούνται στις χώρες αυτές λύσεις για μεγαλύτερες μονάδες εξοπλισμένες με ειδικά υποσυστήματα (π.χ. αρθρωτά πτερύγια, αυτο-ανεγειρόμενοι πύργοι, κλπ.) Στο πεδίο της τεχνολογίας δεν παρατηρείται σαφής επικράτηση κάποιας συγκεκριμένης τεχνολογίας Α/Γ. Ειδικά για τις μεγάλες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιείται κυρίως έλεγχος μέσω αεροδυναμικής αποκόλλησης ή μέσω αλλαγής του βήματος των πτερυγίων. Ο τρόπος ελέγχου ο οποίος έχει απορριφθεί γενικά για τις μεγάλες Α/Γ είναι αυτός των σταθερών

στροφών μεταβαλλόμενου βήματος. Αυτός ο συνδυασμός είχε ως αποτέλεσμα μεγάλα μεταβατικά φαινόμενα στην παραγόμενη ισχύ όταν παράμετρος ελέγχου ήταν η ισχύς(6). Σε σχέση με την ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής η παλαιότερη αντίληψη για χρήση 2 διακριτών ταχυτήτων (για χαμηλές και υψηλές ταχύτητες αέρα), αντικαθίσταται από σχεδιασμούς που περιλαμβάνουν συνεχή μεταβολή της ταχύτητας της πτερωτής με ταυτόχρονη ανάπτυξη συστημάτων άμεσης οδήγησης (direct drive). Τα μερίδια τους στην αγορά δεν δείχνουν σαφείς τάσεις επικράτησης, παρατηρείται παρ' όλα αυτά μία στροφή ακόμη και από εταιρείες που παραδοσιακά κατασκευάζουν Α/Γ ελεγχόμενες με αεροδυναμική αποκόλληση στη διερεύνηση λύσεων με χρήση ενεργητικού ελέγχου των στροφών (variable speed) και του βήματος των πτερυγίων για καλύτερη εκμετάλλευση της ισχύος και τη βελτίωση της ποιότητας της, αλλά και ειδικά για τις μεγάλες μηχανές, για τον έλεγχο της ευστάθειας τους (αεροελαστική ευστάθεια, ευστάθεια των συστημάτων ελέγχου κλπ.). Παρ' όλο που στο ερευνητικό επίπεδο οι προσπάθειες για καλύτερη κατανόηση της φυσικής και των αρχών λειτουργίας συνεχίζονται (κυρίως αεροδυναμική -αεροελαστικότητα –σύνθετα υλικά) υπάρχει μία σαφής μετατόπιση του κέντρου βάρους των δραστηριοτήτων σε θέματα ενσωμάτωσης των Α/Γ στο ηλεκτρικό σύστημα, ιδιαίτερα σε περιοχές που η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα τοπικά δίκτυα είναι ήδη υψηλή. Η δραστηριότητα εντοπίζεται σε θέματα πρόγνωσης της απόδοσης των αιολικών πάρκων, συστήματα ελέγχου & ασφάλειας, τηλεπαρακολούθησης, monitoring κλπ. (πληροφορική - τηλεπικοινωνίες). Στην Ελλάδα ισχύουν όσα ειπώθηκαν παραπάνω για τη νότια Ευρώπη, ενώ το μεγάλο στοίχημα παραμένει η ενίσχυση του δικτύου στις περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και η συμπίεση του χρόνου που απαιτείται για να επιτευχθεί αυτό. Μετά την καταγραφή του αιολικού δυναμικού είναι ίσως σκόπιμο να διερευνηθεί η δυνατότητα εκμετάλλευσης και άλλων θέσεων στο ηπειρωτικό δίκτυο με χαμηλότερο δυναμικό. Η στροφή σε φθινότερες μηχανές, προσαρμοσμένες σε θέσεις εγκατάστασης των 6 - 6.5 m/s σε συνδυασμό με κατάλληλα σχήματα επιδοτήσεων αξίζει να διερευνηθεί. Οι κατασκευαστές Α/Γ τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ έχουν αρχίσει τη διάθεση στην αγορά μονάδων με διαφορετικές διαμέτρους πτερωτής και ύψη πύργων για την καλύτερη επιλογή τύπου ακόμη και για περιοχές με χαμηλό αιολικό δυναμικό. Στο μη-διασυνδεδεμένο νησιωτικό δίκτυο αναμένεται, επίσης, σημαντική δραστηριοποίηση ιδιαίτερα όσον αφορά την ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας με έμφαση σε κοινωνικούς-οικονομικούς παράγοντες π.χ. συνδυασμός με αφαλάτωση και το συνδυασμό της με κατάλληλα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μεσοπρόθεσμα τεχνολογίες υδρογόνου, κυψελίδες καυσίμου κλπ).

2. ΒΙΟΜΑΖΑ

Σήμερα, κύρια χρήση για τη βιομάζα αποτελεί η παραγωγή θερμότητας για την κάλυψη θερμικών αναγκών στον οικιακό και στο βιομηχανικό τομέα. Σημαντικές πρώτες ύλες βιομάζας που αξιοποιούνται είναι τα γεωργικά υπολείμματα αγρού (άχυρο σιτηρών), τα δασικά υπολείμματα, τα υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών και της βιομηχανίας ξύλου, τα στερεά δημοτικά απορρίμματα και τα απόβλητα. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο έμφαση εξακολουθεί να δίνεται στις τεχνολογίες συμπαραγωγής, κυρίως μικρής και μεσαίας κλίμακας, είτε με μικτή καύση βιομάζας (υπολειμμάτων, στερεών απορριμμάτων κι ενεργειακών καλλιεργείων) με ορυκτά καύσιμα είτε με τεχνολογίες αεριοποίησης. Ειδικότερα οι τεχνολογικές κατευθύνσεις ανά θεματική ενότητα συνοψίζονται παρακάτω:

Μικτή καύση βιομάζας. Η μικτή καύση βιομάζας με ορυκτά καύσιμα (άνθρακα,

λιγνίτη) προωθείται σε μεγάλο βαθμό, στις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας, με άμεσο στόχο διείσδυσης 10% επί της συνολικής τροφοδοσίας (με βάση τη θερμογόνο δύναμη του μίγματος) ενώ προβλέπεται μελλοντική διείσδυση ως 35%.

Καύση βιομάζας. Υποσχόμενα πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας αποτελούν: α) η καύση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση υψηλής απόδοσης που μπορεί να αξιοποιήσει μεγάλο εύρος μίγματος καυσίμων περιεκτικότητας μέχρι και 60% σε υγρασία, β) η καύση κονιορτοποιημένης βιομάζας σε κεραμικούς αεριοστροβίλους, η οποία αναμένεται να γίνει εμπορική στο άμεσο μέλλον σε κλίμακα 100 - 500 kW. Κατά τη συγκεκριμένη καύση παράγεται θερμότητα ή και πεπιεσμένος ατμός, ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή συμπαραγωγή και γ) η χρήση βιομάζας ως καυσίμου σε μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής σε περιοχές που η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε κοντινούς καταναλωτές, η οποία μπορεί να αποδειχθεί οικονομικά ελκυστική.

Αεριοποίηση. Διάφορες εφαρμογές αεριοποίησης βιομάζας έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκόσμια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με καύση σε λέβητες, μηχανές diesel, αεριοστροβίλους ή μηχανές δίδυμου καυσίμου μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων, της πίσσας και του νερού (8). Σε βιομηχανική κλίμακα η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση και η επακόλουθη καύση του παραγόμενου αερίου σε τυπικό λέβητα φαίνεται να είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος χρήσης βιομάζας, καθώς δεν απαιτούνται σοβαρές μετατροπές στους τυπικούς λέβητες ούτε καθαρισμός του αερίου (χαμηλό κόστος). Η συνδυασμένη καύση του αερίου με στερεά καύσιμα/κάρβουνο είναι επίσης επιτεύξιμη.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών αεριοποίησης βιομάζας και συνδυασμένου κύκλου και την ανάκτηση θερμότητας ανοίγει τον δρόμο στη ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα με υψηλές αποδόσεις. Αποδόσεις σε παραγωγή ηλεκτρισμού 35-45% θεωρούνται εφικτές ενώ με συμπαραγωγή επιπλέον απόδοση 30-50% μπορεί να επιτευχθεί με την μορφή ενθαλπίας χαμηλής θερμοκρασίας.

Τέλος η ανάπτυξη κυψελών καυσίμου επιτρέπουν την άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας του παραγόμενου αερίου σε ηλεκτρισμό χωρίς ενδιάμεση μετατροπή σε θερμότητα, αποφεύγοντας έτσι τη χαμηλή απόδοση του κύκλου Carnot και πετυχαίνοντας αποδόσεις της τάξης των 40-60%. Για κυψέλες που λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία είναι εφικτή η αύξηση της απόδοσης με ανάκτηση θερμότητας. Αν και οι κυψέλες καυσίμου φαίνονται επαρκείς για παραγωγή ηλεκτρισμού σε εφαρμογές μικρής κλίμακας απαιτείται περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη και μείωση του κόστους για την ευρύτερη χρήση τους.

Πυρόλυση: Τα τελευταία χρόνια η προσοχή έχει εστιαστεί στην παραγωγή πυρολυτικών λαδιών από βιομάζα, τα οποία είναι ευκολότερα στο χειρισμό και έχουν υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο (για τον ίδιο όγκο) από τη βιομάζα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμο σε λέβητες, μηχανές και στροβίλους. Ωστόσο τα λάδια έχουν κάποιες ανεπιθύμητες ιδιότητες, όπως χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, υψηλό ιξώδες και είναι ασταθή κατά τη θέρμανσή τους.

Η διεργασία της αστραπιαίας πυρόλυσης βιομάζας εξακολουθεί να βρίσκεται σε επιδεικτικό στάδιο, ενώ οι διεργασίες αναβάθμισης του παραγόμενου λαδιού είναι σε ερευνητικό στάδιο. Τα πυρολυτικά λάδια έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης και της άμεσης μεταφοράς όταν αυτό απαιτείται, σε αντίθεση με τα προϊόντα της καύσης και της αεριοποίησης. Αξίζει, επίσης, να τονισθεί ότι η διεργασία της πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάκτηση άλλων προϊόντων με υψηλή αξία, όπως διάφορα χημικά.

Η μεγαλύτερη πυρολυτική μονάδα σε λειτουργία σήμερα είναι ωριαίας δυναμικότητας 4-6 τόνων(ισοδύναμες με 6 - 10 MWe).

Ταυτόχρονα αναπτύσσονται τεχνολογίες που συνδυάζουν την αεριοποίηση και την πυρόλυση με στόχο να άρουν τα τεχνολογικά εμπόδια της μιας τεχνολογίας αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα πλεονεκτήματα της άλλης. Η υδροπυρόλυση ξηρής βιομάζας λαμβάνει χώρα σε περιβάλλον υδρογόνου υπό πίεση γύρω στα 100 bar και με χρόνο παραμονής των ατμών της τάξης 1-30 δευτερολέπτων. Η απόδοση της διεργασίας δεν εξαρτάται τόσο πολύ από το χρόνο παραμονής των ατμών όσο η αντίστοιχη της αστραπιαίας πυρόλυσης. Το προϊόν έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο και είναι αναμίξιμο με τα προϊόντα πετρελαίου.

Υγρά βιοκαύσιμα: Η αγορά των υγρών βιοκαυσίμων (βιοντήζελ, βιοαιθανόλη) για τις μεταφορές έχει αρχίσει πλέον να διαμορφώνεται και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή βιοντήζελ στην Ευρώπη εκτιμάται σε 500.000 τόνους κι η αντίστοιχη σε βιοαιθανόλη σε 190.000 τόνους(9). Τα κύρια εμπόδια για τη μεγαλύτερη διεξόδυση των τεχνολογιών παραγωγής βιοντήζελ στην αγορά είναι το υψηλό κόστος παραγωγής του και η έλλειψη υποστηρικτικών φορολογικών ρυθμίσεων.

Οι τεχνολογίες παραγωγής και διανομής βιοαιθανόλης από πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και άμυλο είναι ήδη εμπορικά "ώριμες". Οι ανάλογες τεχνολογίες για την αξιοποίηση των λιγνο-κυτταρινούχων υλικών αναμένεται να γίνουν εμπορικές σε μια δεκαετία. Και τα δύο υγρά βιοκαύσιμα που προαναφέρθηκαν δεν είναι οικονομικά ελκυστικά σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα. Η μείωση του κόστους παραγωγής τους αναμένεται να επιτευχθεί με τη βελτίωση των αποδόσεων των διεργασιών σε υγρό καύσιμο.

Ελληνικές συνθήκες: Στην Ελλάδα, η ενέργεια από βιομάζα αφορά κυρίως στην κάλυψη θερμικών αναγκών στον οικιακό τομέα, στη βιομηχανία ξύλου και στις γεωργικές βιομηχανίες. Στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας, κατασκευάζονται μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 21 MWe.

Κύριος παράγοντας για την περαιτέρω ανάπτυξη ανάλογων σχημάτων παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι η δημιουργία δικτύων συλλογής – διαχείρισης υπολειμμάτων αγρού (βαμβακοστελέχη, στελέχη καλαμποκιού, κλαδοδέματα, κ.ά.). Με την προώθηση τέτοιων δράσεων θα δημιουργηθούν συνθήκες σταθερής παροχής πρώτης ύλης με καθορισμένες προδιαγραφές ,στους ενδιαφερόμενους τελικούς χρήστες (παραγωγή θερμικής ενέργειας, συμπαραγωγή, υγρά βιοκαύσιμα).

Λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας της χώρας μας και των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών που επικρατούν παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλία σε μορφές πρώτης ύλης βιομάζας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική ανάγκη την οργανωμένη αποτίμηση του δυναμικού της με άξονες την τεχνική, την κοινωνικο-οικονομική και την περιβαλλοντικά φιλική αξιοποίησή της, καθώς και την προτυποποίηση των κυριότερων ειδών ως καύσιμης ύλης με άμεσο αποτέλεσμα την ενίσχυση της εγχώριας βιομηχανίας κατασκευής λεβήτων.

Έμφαση επίσης πρέπει να δοθεί στη χρήση βιομάζας σε μικτή καύση με λιγνίτη στις υφιστάμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ. Ελκυστική προσέγγιση του θέματος αυτού αποτελεί μελλοντικά η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών στα υποβαθμισμένα εδάφη των λιγνιτωρυχείων για ανάπτυξη τοπίου κι η ακόλουθη ενεργειακή αξιοποίησή τους με το λιγνίτη.

Στην κλίμακα των επιδεικτικών έργων θεωρείται ότι πρέπει να προωθηθούν άμεσα εφαρμογές με αεριοποίηση καθώς και σχήματα εγκατάστασης, παραγωγής και διαχείρισης βιομάζας προερχόμενης από ενεργειακά φυτά(ετήσια και πολυετή).

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα τελευταία έτη η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε διάφορες εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο, αντιπροσωπεύοντας μία μέση ετήσια αύξηση της τάξεως του 5%(10) .

Η σημαντικότερη παράμετρος που συνετέλεσε στην παραπάνω ανάπτυξη είναι το σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής ενέργειας που παρουσιάζουν τα γεωθερμικά έργα. Πιο συγκεκριμένα το κόστος παραγωγής ενέργειας μίας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής 25 MWe με συντελεστή λειτουργίας 95% δεν ξεπερνά τα 40 Euro / MWh, ενώ, αντίστοιχα, το κόστος της ενέργειας μίας μονάδας θέρμανσης θερμοκηπίου (της τάξεως των 4 στρεμμάτων) με γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας και με συντελεστή λειτουργίας 15%-20% εκτιμάται στις 10 ευρώ/kWh (10).

Αιχμή του δόρατος για την περαιτέρω αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αποτέλεσαν οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας με αντλίες θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες θερμότητας) και οι βελτιώσεις στις τεχνολογίες και μεθόδους ηλεκτροπαραγωγής με γεωθερμική ενέργεια (ανάπτυξη συστημάτων Hot Dry Rock, ηλεκτροπαραγωγή με οργανικούς κύκλους ORC ή KALINA). Οι εφαρμογές τεχνολογιών γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αναπτύχθηκαν σημαντικά σε μεγάλο αριθμό κρατών (ΗΠΑ, Σουηδία, Γερμανία, Τουρκία, Ελβετία κλπ.) ώστε να αποτελούν πλέον το 14% της παγκοσμίου εγκατεστημένης ισχύος γεωθερμικής ενέργειας για θερμική χρήση (11).

Παράλληλα, αναπτύχθηκαν και διάφορες άλλες τεχνολογίες εφαρμογών, όπως αυτή που προώθησε η ΕΕ και το ΚΑΠΕ μέσω του προγράμματος THERMIE για αφαλάτωση νερού με θερμικό μέσο την γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, που αποτελεί παγκόσμια πρωτοτυπία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η αφαλάτωση είτε θαλασσινού νερού είτε του ίδιου του γεωθερμικού ρευστού (όταν η χημική του σύσταση το επιτρέπει) επιτυγχάνεται μέσω θερμικής απόσταξης σε κενό χρησιμοποιώντας πολυάριθμους θαλάμους (δράσεις) συνδεδεμένους εν σειρά και με μοναδική πηγή θερμικής ενέργειας την γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας. Οι θερμοκρασίες του γεωθερμικού ρευστού είναι της τάξης των 60 με 65°C ενώ οι θερμοκρασίες μέσα στους θαλάμους κυμαίνονται από 53 έως 55°C (για την πρώτη δράση) μέχρι τους 36 έως 38°C (για την τελευταία δράση). Το αφαλατωμένο νερό που παράγεται με αυτόν τον τρόπο είναι καθαρότατο (σχεδόν αποσταγμένο) με περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα της τάξης των 5-10 ppm. Το κόστος παραγωγής ενέργειας εκτιμάται στις 9 ευρώ/ kWh.

Στην Ελλάδα θα αρχίσουν σύντομα να γίνονται αισθητά τα αποτελέσματα των προσπαθειών που γίνονται από το ΚΑΠΕ για την ανάπτυξη συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, για θέρμανση/ψύξη κτιρίων τηλεθέρμανση και τηλεψύξη και αφαλάτωσης με γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας. Τα παραπάνω έργα αποτελούν στο σύνολο τους καινοτόμα-επιδεικτικά έργα και υλοποιούνται στα πλαίσια των προγραμμάτων. Με την ολοκλήρωση των έργων αυτών αναμένεται και ο υπερδιπλασιασμός της εγκατεστημένης ισχύος γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στην χώρα μας, αγγίζοντας τα 80 MWth.

4. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ηλιακά θερμικά συστήματα: Η εφαρμογή των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης είναι αρκετά διαδεδομένη, αν και η αγορά τους δεν έχει διεισδύσει με τους ίδιους ρυθμούς σε όλες τις χώρες της Ευρώπης. Εντούτοις, για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα με τη Λευκή Βίβλο για 100 εκατ. τ. μ. εγκαταστημένων ηλιακών συλλεκτών μέχρι το 2010, ο ετήσιος ρυθμός πωλήσεων θα πρέπει να διπλασιαστεί, φθάνοντας το 35 %

Για τις Μεσογειακές χώρες, η κατασκευή των ηλιακών συλλεκτών είναι πιο απλή συγκρινόμενη με εφαρμογές στις Β. Ευρωπαϊκές χώρες, όπου χρησιμοποιούνται επιλεκτικές επιφάνειες για την απορροφητική τους επιφάνεια, μεγαλύτερη συλλεκτική και αποθηκευτική επιφάνεια, τεχνικές αντιψύξης.

Τα συνδυασμένα συστήματα θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού αποκτούν περισσότερες εφαρμογές, ιδίως σε μεγάλα κτίρια. Αν και οι βασικές αρχές λειτουργίας τους είναι γνωστές, η επιτυχής εφαρμογή τους χρειάζεται συνεχή βελτίωση της συνδυασμένης λειτουργίας των συστημάτων και ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων ελέγχου για μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

Ο αριθμός των κλιματιζόμενων κτιρίων αυξάνει, με κυρίαρχα τα μεγάλα κτίρια του τριτογενή τομέα στις Β. Ευρωπαϊκές χώρες, ενώ στη Ν. Ευρώπη σημαντικό μερίδιο καταλαμβάνουν και τα κτίρια του οικιστικού τομέα. Σαν αποτέλεσμα, ο ηλιακός κλιματισμός αποκτά μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς οι ώρες αιχμής του ψυκτικού φορτίου και της μέγιστης θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα συμπίπτουν. Η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για ψύξη είτε νερού (κλειστό κύκλωμα) ή απευθείας του αέρα (ανοικτό κύκλωμα). Συστήματα απορρόφησης, (νερο/λίθιουχο βρώμιο ή αμμωνία) είναι εμπορικά διαθέσιμα (μεγαλύτερα των 100 kW) και τα συστήματα αυτά έχουν υψηλή απόδοση σε ψηλές θερμοκρασίες (> 160°C), η οποία μειώνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, τυπικές των θερμοκρασιών των επίπεδων συλλεκτών (80°C). Συστήματα προσρόφησης με στερεό απορροφητή είναι εμπορικά διαθέσιμα με συνδυασμό νερού και σιλικόνης. Αν και τα συστήματα αυτά μπορούν να δουλέψουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, (70°C) είναι σχετικά ογκώδη συστήματα, βαριά και ακριβά. Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού χρειάζονται περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας τους, ώστε να βελτιωθεί η απόδοσή τους και να καταστούν οικονομικά πιο προσιτά.

Ένας άλλος τομέας εφαρμογών που αποκτά αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον, είναι τα συνδυασμένα συστήματα φωτοβολταϊκών και ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων.

Επίσης ένας άλλος τομέας εφαρμογών των επίπεδων κεντρικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού για βιομηχανική χρήση, όπου απαιτούνται σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες νερού (40-80°C). Οι κυριότεροι βιομηχανικοί κλάδοι στους οποίους παρουσιάζονται σημαντικές δυνατότητες θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι η βιομηχανία τροφίμων, βιομηχανίες ένδυσης, χημικές βιομηχανίες, ποτοποιία, αγροτικά προϊόντα (13).

Καθώς οι διαφορετικές χρήσεις ηλιακών συλλεκτών απαιτούν και διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας του ρευστού, περαιτέρω έρευνα χρειάζεται για υλικά τόσο της απορροφητικής όσο και της διαφανής επιφάνειάς τους για βελτίωση της απόδοσης και αισθητικής εμφάνισής τους. Έρευνα για νέα υλικά, μεγάλης θερμικής

αποθήκευσης, θα διευρύνει τις εφαρμογές τους και θα επιμηκύνει το χρόνο λειτουργίας αυτών των συστημάτων. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κυκλοφορητών (circulation pumps) είναι ένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η έρευνα για ανάπτυξη και τεκμηρίωση μεθόδων ελέγχου της αξιοπιστίας και συμπεριφοράς των υλικών και των ολοκληρωμένων συστημάτων τόσο στο χρόνο καθώς επίσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών των υλικών. Ανακεφαλαιώνοντας τις διαφορετικές τεχνολογίες, θα πρέπει να επισημανθεί ότι είναι απαραίτητες νέες μεθοδολογίες ελέγχου της απόδοσης, τόσο της στιγμιαίας όσο και στη διάρκεια του χρόνου, ώστε τα διαφορετικά προϊόντα και συστήματα να γίνουν αξιόπιστα και να διεισδύσουν περισσότερο στην αγορά. Επιπλέον περισσότερες πιλοτικές και επιδεικτικές εφαρμογές θα βοηθήσουν στην ταχύτερη διάδοση των συστημάτων και μείωση του κόστους τους.

Η χρήση συλλεκτών παραβολικής σκάφης για θερμικές εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλότερες θερμοκρασίες νερού (80-200°C), αποτελεί ένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας(14). Ερευνητική δουλειά γίνεται και για την ανάπτυξη μικρών/μεσαίων συστημάτων συλλεκτών παραβολικής σκάφης που να είναι οικονομικά ανταγωνιστικά των αντίστοιχων εφαρμογών επίπεδων συλλεκτών και συλλεκτών κενού. Για το σκοπό αυτό διερευνώνται λύσεις για ελαφροβαρείς κατασκευές που να μπορούν να προσαρμοστούν στην οροφή των κτιρίων, με αντοχή στα φορτία του ανέμου, συστήματα που να προσαρμόζονται εύκολα στις διαφορετικές ανάγκες θερμικών φορτίων των αντίστοιχων εφαρμογών, και βεβαίως τη συνδυασμένη χρήση αυτών των συστημάτων με βοηθητικά θερμικά συστήματα.

Μία άλλη εφαρμογή των ηλιακών συλλεκτών είναι οι συλλέκτες αέρα, για τη προθέρμανση του αέρα και απευθείας χρήση στο χώρο ή σε συνδυασμό με το σύστημα θέρμανσης (15).

Ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: Η πιο ώριμη τεχνολογία ηλιακών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι συλλέκτες παραβολικής σκάφης, οι οποίοι έχουν δοκιμαστεί σε διαφορετικά μεγέθη πεδίων από τις αρχές της δεκαετίας του '80, με μεγαλύτερη εμπορική εφαρμογή στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ (354 MWe) (16).

Το σχέδιο δράσης της Λευκής Βίβλου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, θέτει σα στόχο ότι τουλάχιστον 1 GWe ηλιακών συστημάτων θα πρέπει να εγκατασταθούν στην Ευρώπη μέχρι το 2010. Για να επιτευχθεί αυτό το σενάριο, 25 έως 30 εμπορικές εφαρμογές θερμικών ηλιακών συστημάτων, μεγέθους 30 – 50 MWe το κάθε ένα, θα πρέπει να κατασκευαστούν στη Ν. Ευρώπη. Στην Ισπανία, έχει εγκριθεί ένα σχέδιο προώθησης των ηλιακών θερμικών συστημάτων, το οποίο προβλέπει την εγκατάσταση τουλάχιστον 200 MWe μέχρι το 2010, με ετήσια παραγωγή 413 GWe.

Η ποιότητα και απόδοση αυτών των συστημάτων συνεχώς βελτιώνεται, επιτυγχάνοντας μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησής τους. Τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η παραγωγή τέτοιων συλλεκτών και στην Ευρώπη. Σήμερα, τα συστήματα αυτά κυρίως λειτουργούν για κάλυψη των φορτίων αιχμής αλλά η έρευνα συνεχίζεται για μελλοντικά ηλιακά, αυτόνομα συστήματα με συνδυασμό αποθήκης θερμότητας. Συστήματα που προορίζονται για μελλοντικές εφαρμογές είναι τα υβριδικά συστήματα με ηλιακή συμμετοχή περίπου 10-50%.

Επιπλέον, η έρευνα επικεντρώνεται :

1. Στη χρήση ρευστών που θα πετυχαίνουν υψηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον έρευνα γίνεται για την απευθείας παραγωγή ατμού στο εστιακό σωλήνα του συλλέκτη.
2. Στην ανάπτυξη και δοκιμή μεγαλύτερης ανθεκτικότητας υλικών κατασκευής του εστιακού σωλήνα του ρευστού.

3. Βελτιωμένο σχεδιασμό για μεγαλύτερη αντοχή σε ισχυρούς ανέμους.
4. Υλικά θερμικής αποθήκευσης υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλού κόστους, καθώς και βελτιστοποίηση των μηχανισμών παρακολούθησης του ήλιου. Αναμένεται ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τα θερμικά ηλιακά συστήματα θα μειωθεί από τη σημερινή τιμή των 14-20 Euro/kWhe, σε 5-6 Euro/kWhe.
5. Συστήματα με κεντρική συλλεκτική μονάδα, ο ηλιακός πύργος, είναι ακόμη σε πειραματικό και πιλοτικό επίπεδο εφαρμογής. Το ίδιο ισχύει και για τα συστήματα ηλιακού δίσκου.

5. ΗΛΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της 25-ετούς συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης στη Φ/Β τεχνολογία οδήγησαν στη μεγάλη ανάπτυξη της αγοράς Φ/Β συστημάτων που παρατηρείται τα τελευταία 10 χρόνια. Το γεγονός ότι το κόστος των πρώτων υλών για χρήση σε γεννήτριες μειώθηκε κατά 1000 φορές τα τελευταία 30 χρόνια δείχνει ότι υπάρχει η δυνατότητα για επιπλέον μείωση του κόστους παραγωγής. Αυτό, σε συνδυασμό με την τεχνολογική βελτιστοποίηση, δίνει μια δυναμική για ανάπτυξη των Φ/Β συστημάτων σε επίπεδα κόστους συγκρίσιμα με συμβατικές σημερινές τεχνολογίες μέσα στα επόμενα 15-20 χρόνια.

Οι κύριες κατευθύνσεις, οι οποίες εξελίσσονται για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των Φ/Β και την εξάπλωση των εφαρμογών έχουν ως ακολούθως:

1. Μείωση κόστους παραγωγής.
2. Ανάπτυξη μηχανημάτων παραγωγής Φ/Β στοιχείων και πλαισίων ειδικά σχεδιασμένων για τη Φ/Β τεχνολογία.
3. Αναβάθμιση και βελτίωση των μεθόδων απόθεσης υλικού για την τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin films).
4. Εξασφάλιση πρώτων υλών.
5. Αύξηση της αξιοπιστίας και οικονομικότητας των υποσυστημάτων (ηλεκτρονικά ισχύος, μπαταρίες, κλπ.)
6. Ανάπτυξη διεθνών μεθόδων πιστοποίησης και ποιοτικού ελέγχου.
7. Έμφαση στην αναβάθμιση της τεχνολογίας 3ης γενιάς Φ/Β στοιχείων.

Πρόσφατες ερευνητικές δραστηριότητες σε επίπεδο φωτοβολταϊκού συστήματος αφορούν μεθόδους και τεχνικές ενσωμάτωσης των Φ/Β σε κτίρια και προσαρμογής σε ηλεκτρικά δίκτυα. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην τεχνική αρτιότητα των Φ/Β εγκαταστάσεων σε ασθενή ηλεκτρικά δίκτυα, όπως π. χ. νησιωτικές περιοχές. Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού των Φ/Β και υβριδικών συστημάτων για την μείωση του αρχικού κόστους εγκατάστασης, εξετάζεται η αύξηση της απόδοσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος, η διαθεσιμότητα της ισχύος όταν απαιτείται και η οικονομικότητα της εγκατάστασης, δηλ. η βελτίωση του χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης. Στα πλαίσια αυτά, αναπτύσσονται ερευνητικές δραστηριότητες ανάπτυξης συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου τελευταίας γενιάς, τα οποία είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των Φ/Β και υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία και διαχείριση ενέργειας των συστημάτων αυτών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πραγματοποιήθηκε μια σύντομη αναδρομή στις πρόσφατες εξελίξεις των τεχνολογιών ΑΠΕ. Αν θελήσουμε να συνοψίσουμε την κατάσταση με μια πρόταση ανά τεχνολογία θα λέγαμε τα εξής:

Στα αιολικά ζήσαμε τα τελευταία χρόνια μια έντονη εξέλιξη σε παγκόσμια κλίμακα με ρυθμούς ανάπτυξης της τάξης του 30% σε ετήσια βάση, η τεχνολογία είναι αξιόπιστη αν και κάποια τεχνικά ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα ιδιαίτερα για τις μεγάλες ανεμογεννήτριες.

Η βιομάζα παρά τις τεράστιες προοπτικές της δεν έχει ακόμα αξιοποιηθεί κατάλληλα, η σύγκραση και η αεριοποίηση της με συμπαραγωγή αποτελούν, μεσοπρόθεσμα, τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες μετατροπής.

Η αξιοποίηση της γεωθερμίας μέσης-χαμηλής ενθαλπίας δίνει νέα πνοή στον ανανεώσιμο αυτό πόρο

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα για ηλεκτροπαραγωγή απέχουν, ακόμα, από το στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης παρά τις τεράστιες επενδύσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια στην έρευνα και στην ανάπτυξη τους

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα εξακολουθούν και παραμένουν ακριβά, έντονη δραστηριότητα αναπτύσσεται στις τεχνολογίες λεπτού υμένα. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στα κτίρια αποτελεί βασικό άξονα προτεραιότητας.

Η αξιοποίηση της ενέργειας των κυμάτων βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό - επιδεικτικό στάδιο

Ο συνδυασμός των τεχνολογιών ΑΠΕ και υδρογόνου είναι πολλά υποσχόμενος, μεσοπρόθεσμα σαν τεχνική αποθήκευσης ενέργειας για την αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων σε μικρά απομονωμένα δίκτυα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο θαλάσσιος κυματισμός συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις ΑΠΕ: χαμηλοί δείκτες ρύπανσης σε επίπεδο κύκλου ζωής, αποκέντρωση της παραγωγής ενέργειας, απεξάρτηση από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης σε απομακρυσμένες ή /και υποβαθμισμένες περιοχές, τόνωση της βιομηχανικής παραγωγής, δημιουργία θέσεων εργασίας κ.ά. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση τεχνολογιών κυματικής ενέργειας, όπως ακουστική ή οπτική όχληση, επιπτώσεις σε χλωρίδα και πανίδα, παρενόχληση της ναυσιπλοΐας κ.ά θεωρούνται ήπιες. Αξιοσημείωτο είναι ότι η εγκατάσταση σταθμών κυματικής ενέργειας δεν απαιτεί δέσμευση γης. Η οπτική όχληση, καθώς και οι παρεμβάσεις στο περιβάλλον, ενδεχομένως να αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για παράκτιες εγκαταστάσεις, αν και, εν γένει, περιοχές με έντονη κυματική δραστηριότητα δεν ενδείκνυνται για άλλου είδους αξιοποίηση, όπως π.χ. ιχθυοκαλλιέργεια ή τουριστική εκμετάλλευση. Αντίθετα, παράκτιες εγκαταστάσεις κυματικής ενέργειας θα μπορούσαν με κατάλληλο σχεδιασμό να λειτουργήσουν παράλληλα σαν κυματοθραύστες για προστασία της ακτής ή λιμενοβραχίονες. Τα κυριότερα μειονεκτήματα τεχνολογιών κυματικής ενέργειας αφορούν την αξιοπιστία τους και το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος. Η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα των κυμάτων συνεπάγεται μεγάλες καταπονήσεις στην περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων, οι οποίες μπορούν να υπερβούν το 100-πλάσιο των μέσων καταπονήσεων. Τούτο απαιτεί υψηλό βαθμό

μηχανικής αντοχής των κατασκευών, με αποτέλεσμα μεγάλο κατασκευαστικό κόστος. Επιπλέον, η δυσπροσιτότητα υπεράκτιων ή υποβρύχιων εγκαταστάσεων δυσχεραίνει τον έλεγχο, την συντήρηση ή την επισκευή τους και αυξάνει το λειτουργικό κόστος. Το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας μπορεί να αντισταθμισθεί μόνον με την αξιοποίηση του κυματικού δυναμικού στον μέγιστο δυνατό βαθμό, δηλ. την επίτευξη υψηλών δεικτών απόδοσης. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει οδηγήσει μέχρι στιγμής σε σημαντική βελτίωση του δείκτη απόδοσης για τις περισσότερες τεχνολογίες, ενώ τα περιθώρια βελτίωσης παραμένουν μεγάλα. Για τον λόγο αυτό, εκτιμάται ότι η συνεχιζόμενη Ε&ΤΑ θα οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση του ηλεκτροπαραγωγικού κόστους, σε επίπεδα συγκρίσιμα με αυτά των συμβατικών μορφών ενέργειας ή άλλων ΑΠΕ. Ήδη το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος για ορισμένες τεχνολογίες έχει μειωθεί στα επίπεδα των 20 δρχ/kWh και αναμένεται περαιτέρω μείωσή του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Michael E. McCormick, Ocean Wave Energy Conversion, (Dover Publications, ISBN-10:0486462455)
2. Johannes Faines, Ocean Waves and Oscillating System: Linear Interactions Including Wave-Energy Extraction, (Cambridge University Press, ISBN-10:0521017491, ISBN-13:978-0521017497)
3. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, <http://www.cres.gr>
4. Coordinated Action on Ocean Energy (CA-OE), Ocean Energy Conversion in Europe: Recent advancements and prospects, 2006, <http://www.ca-oe.org/>
5. KNMI/ERA-40 Wave – Atlas, <http://www.knmi.nl/onderzk/oceano/waves/era40/license.cgi>
6. Pelamis Wave Power, <http://www.pelamiswave.com/index.php>
7. Wave Dragon, <http://www.wavedragon.net/>
8. Wave Star, <http://www.wavestarenergy.com/>
9. DEXA, <http://www.dexawave.com/index.php?page=1>
10. Leancon, <http://www.leancon.com>
11. Poseidon's Organ, <http://www.poseidonorgan.com/>
12. AquaBuoy, <http://peswiki.com/index.php/Directory:AquaBuoy>, <http://www.finavera.com/en/home>
13. SDE, <http://www.sde.co.il/energy.html>
14. Manchester Bobber, <http://www.pesn.com/2005/10/06/9600184> Manchester Bobber/, <http://www.manchesterbobber.com/manchesterBobber.htm>
15. Crestwing, <http://www.waveenergy.dk/files/bv-eng.doc?PHPSESSID=0ccc5a7cde420185aa14ed8def1de>
16. AWS Converter, <http://www.waveswing.com/>
17. WET EnGen, <http://www.waveenergytech.com/default.aspx>
18. CETO, <http://www.ceto.com.au/home.php>
19. C-Wave, <http://www.cwavepower.com/index.html>

20. Wave-Roller, <http://www.aw-energy.com/index.html>
21. BioWAVE, <http://www.biopowersystems.com/index.html>
22. Oceanlinx, <http://www.oceanlinx.com/default.asp>
23. Mighty Whale, <http://www.jamstec/MTD/Whale/index.html>
24. CES, <http://www.oceanmotion.ws/>
25. SARA MWE, [http://www.sara.com/RAE/ocean wave.html](http://www.sara.com/RAE/ocean_wave.html)
26. OWEC, <http://www.owec.com/index.html>
27. Sperboy, <http://www.sperboy.com>
28. SyncWave, <http://www.syncwaveenergy.com/index.html>
29. SSG, <http://www.waveenergy.no/index.html>
30. Waveberg, <http://www.waveberg.com/>
31. Trotman Unit, <http://www.trotmanunitwavepower.com/index.html>
32. Float WAve Electric Power System, <http://www.atecom.ru/we/>
33. Oyster, <http://www.aquamarinepower.com/>
34. Brandl Generator, [http://www.brandlmotor.de/brandlgenerator eng.htm](http://www.brandlmotor.de/brandlgenerator_eng.htm)
35. Daedalus
WECA, <http://daedalus.gr/DAE/PRODUCTS/RET/General/RETWW1.htm>
36. Floating Wave Generator, <http://www.gedwardcook.com/wavegenerator.html>
37. FO³, <http://www.sintef.no/content/3757.aspx>
<http://www.seewec.org/index.html>
38. McCabe Wave Pump, [http://www.ocsenergy.anl.gov/documents/docs/OCS EIS WhitePaper Wave.pdf](http://www.ocsenergy.anl.gov/documents/docs/OCS_EIS_WhitePaper_Wave.pdf),
<http://www.oxfordoceanics.co.uk/>
39. OPT PowerBuoy, <http://www.oceanpowertechnologies.com/tech.html>
40. WaveMaster, <http://www.oceanwavemaster.com/about.html>
41. OWEL, <http://www.owel.co.uk/print/background.html>
42. WaveBlanket, <http://www.windwavessandsun.com/welcome.html>

- 43.LadBuoy,<http://www.cres.gr/kape/pdf/Labbuoy.pdf>
- 44.R.H.Charlier and J.R.Justus Ocean Energies
- 45.David Ross,Power from the Waves
- 46.Ronald Shaw,Wave Energy,A Design Challenge
- 47.S.Petroncini,Introducing Wave Energy into the Renewable Energy Market,Msc Thesis,Univ.of Edinburgh,2002
- 48.Πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις ΑΠΕ,Κείμενο από Καπε
- 49.Κυματική ενέργεια στην Ευρώπη,Άρθρο
Γ.Λεμονής