



**Τεχνολογική Εξέλιξη Μηχανών Αξιοποίησης της
Ενέργειας του Θαλάσσιου Κυματισμού
Δυναμικό και Προοπτικές**

Παναγιωτόπουλος Μιχαήλ, (KAPE)

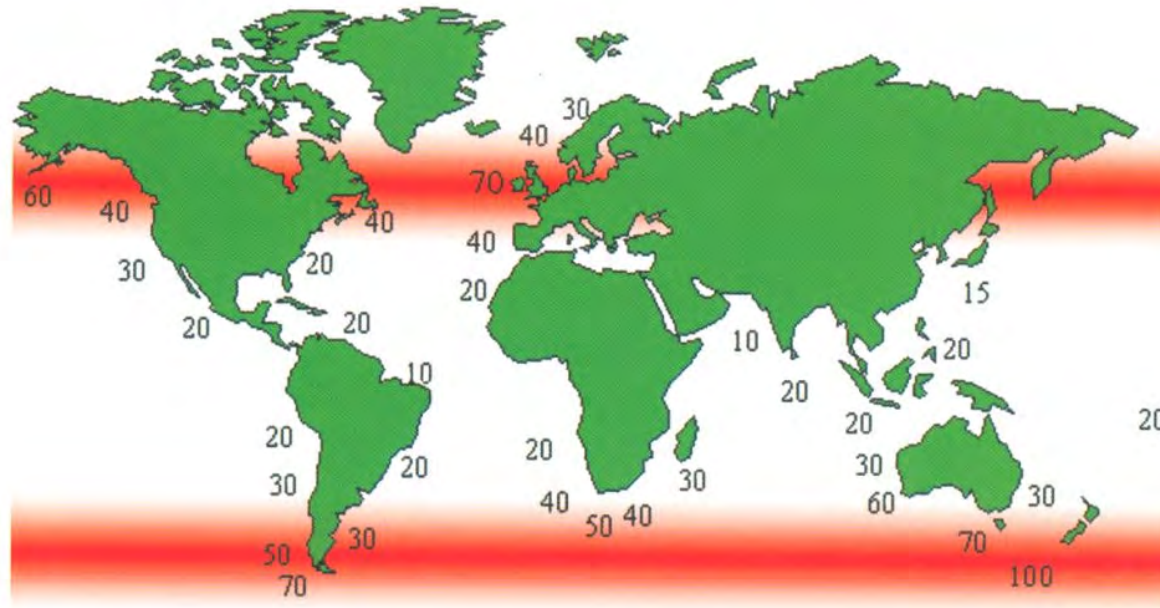
δομή της παρουσίασης



- Εισαγωγή
- Κυματικό δυναμικό διεθνές και Ελληνικό
- Επιβιωσιμότητα
- Τύποι συσκευών Κυματικής Ενέργειας
- Ευρωπαϊκά κέντρα δοκιμών
- Πρόσφατα εγκεκριμένα Επιδεικτικά έργα Θαλάσσιας Ενέργειας

- Το δυναμικό της ενέργειας από τον θαλάσσιο κυματισμό μπορεί να έχει αξιοσημείωτη συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) σε διεθνές επίπεδο.
- Η κυματική ενέργεια παρουσιάζει το πλεονέκτημα της εξαιρετικά μεγάλης πυκνότητας και η διαθεσιμότητά της είναι πλέον πολύ καλά προβλέψιμη.
- Παρ' ότι οι μηχανές κυματικής ενέργειας σχεδιάζονται και δοκιμάζονται για τρεις δεκαετίες, δεν έχουν φθάσει σε ώριμη εμπορική μορφή, όπως συμβαίνει για άλλες μορφές ΑΠΕ.
- Αυτό οφείλεται κυρίως στο σκληρό και αφιλόξενο θαλάσσιο περιβάλλον, όπου καλούνται να λειτουργήσουν.
- Το ενδιαφέρον όμως παραμένει αμείωτο και αρκετές συσκευές, που έχουν πλέον ξεπεράσει το αρχικό πειραματικό στάδιο ανάπτυξης υπό κλίμακα, εγκαθίστανται, ως βιομηχανικά πρωτότυπα πλήρους κλίμακας, στα πεδία δοκιμών της Βόρειας θάλασσας και του Ατλαντικού

το διεθνές δυναμικό

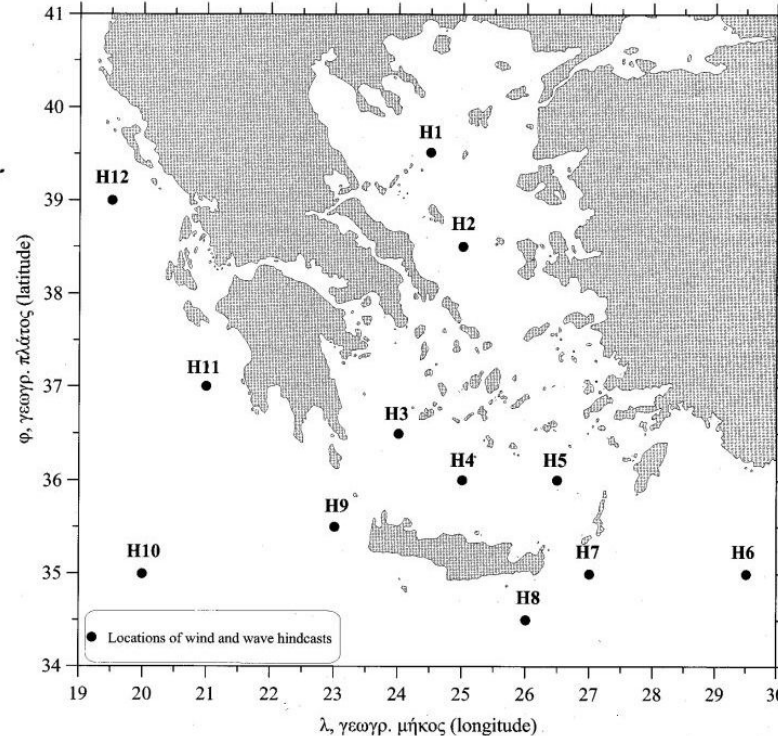
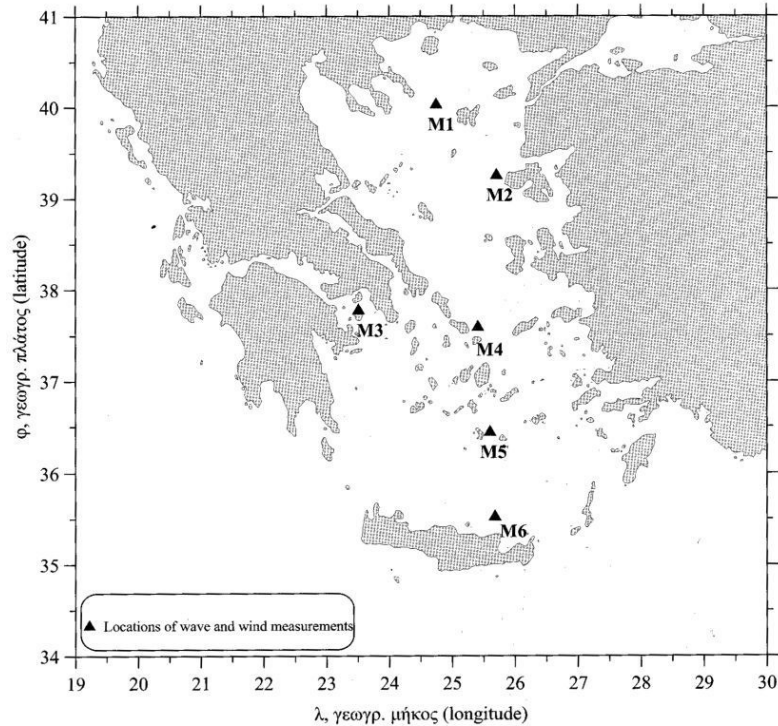


Σε παγκόσμιο επίπεδο το κυματικό δυναμικό σε πολλές περιοχές είναι πολύ σημαντικό.

Παρατηρείται ότι το υψηλότερο δυναμικό καταγράφεται στην εύκρατη ζώνη.

Όσον αφορά την Δυτική Ευρώπη το κυματικό δυναμικό σε πολλές περιοχές είναι υψηλό και μπορεί να φθάνει τα 70kW/m στις δυτικές ακτές της Ιρλανδίας.

το Ελληνικό Δυναμικό



- Στη Μεσόγειο το δυναμικό είναι αισθητά μικρότερο. Για τις Ελληνικές θάλασσες μια πρώτη εκτίμηση μπορεί να γίνει από τα δεκαετή κυματικά δεδομένα που δημοσιεύονται στον 'Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών'

το Ελληνικό Δυναμικό



Το Ενεργειακό δυναμικό δίδεται από

- $J=0.42 \times (H_s)^2 \times T_p$
 $J(\text{kW/m}), H_s(\text{m}), T_p(\text{s})$

Οι θέσεις είναι στην ανοικτή θάλασσα, κοντά στην ακτή μπορεί να διαφέρουν σημαντικά.

Μέση Ετήσια Ισχύς Κυματισμού (kW/m)	
Σημεία Αριθμητικής Επεξεργασίας	
H1	3.08
H2	3.96
H3	3.52
H4	3.83
H5	4.59
H6	6.08
H7	6.46
H8	4.63
H9	6.92
H10	7.72
H11	5.45
H12	5.31

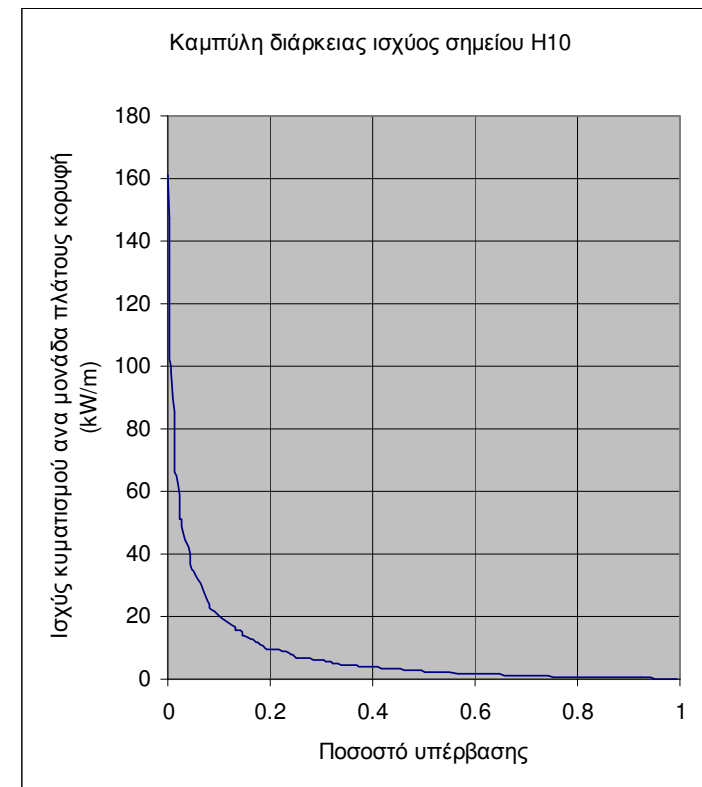
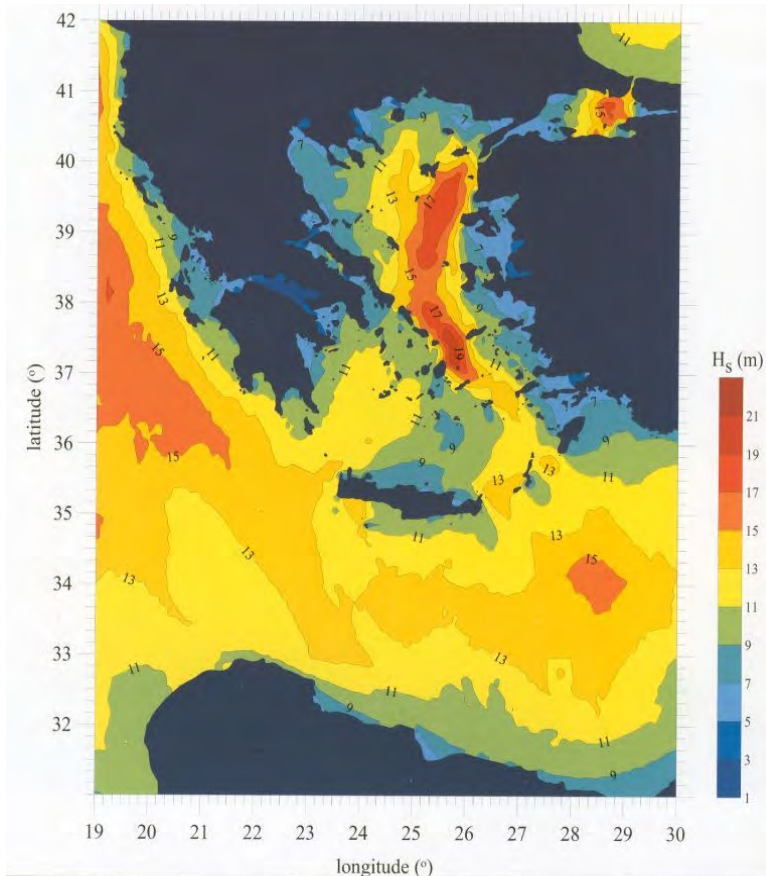
Μέση Ετήσια Ισχύς Κυματισμού (kW/m)	
Σημεία Πλωτήρων	
M1	3.55
M2	2.22
M3	0.25
M4	4.49
M5	2.90
M6	3.57



Επιβιωσιμότητα

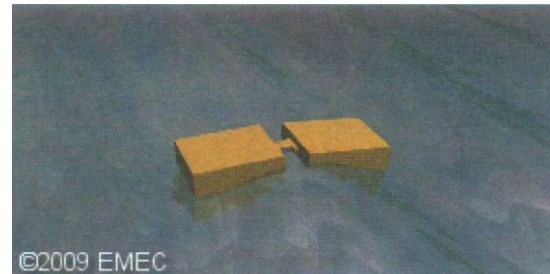


- Κατά την εγκατάσταση ενός ενεργειακού συστήματος ορίζονται οι συνθήκες επιβιωσιμότητάς του για τιμές περιόδου επαναφοράς 50 ή 100 ετών



Ύψος κύματος περιόδου επαναφοράς 100 ετών

συσκευές κυματικής ενέργειας



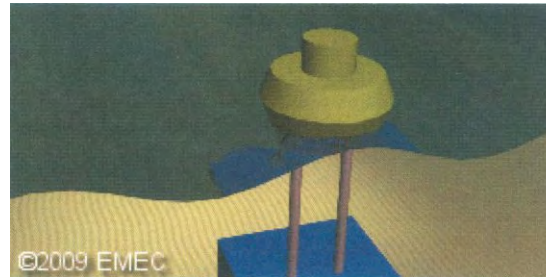
- **1. Συσκευές μακρόστενης μορφής (attenuator).** Αυτές είναι πλωτές επιμήκεις κατασκευές με μικρή μετωπική επιφάνεια, που λειτουργούν παράλληλα με τον κυματισμό και κινούνται στην επιφάνεια του κύματος. Οι κινήσεις κατά μήκος της μηχανής μπορούν επιλεκτικά να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας μέσω υδραυλικού κυρίως μηχανισμού. Έχουν μικρή μετωπική επιφάνεια προς το κύμα, σε σύγκριση άλλες με συσκευές, όπου το κύμα τερματίζει την πορεία του, οπότε η συσκευή καταπονείται από μικρότερες δυνάμεις. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών αποτελούν το [Pelamis](#), το [Oceantech](#), το [Dexawave](#), . .

συσκευές κυματικής ενέργειας relamis



- Το P2 μετά από 4 ημέρες επιτυχημένων δοκιμών αποσυνδέθηκε από το πεδίο δοκιμών της EMEC σύμφωνα με το πρόγραμμα. Η απόσυρση έγινε με χρήση μόνο του σκάφους Voe Viking multicat που μειώνει σημαντικά το κόστος συντήρησης. (Ανακοίνωση της 15.10.2010)

συσκευές κυματικής ενέργειας



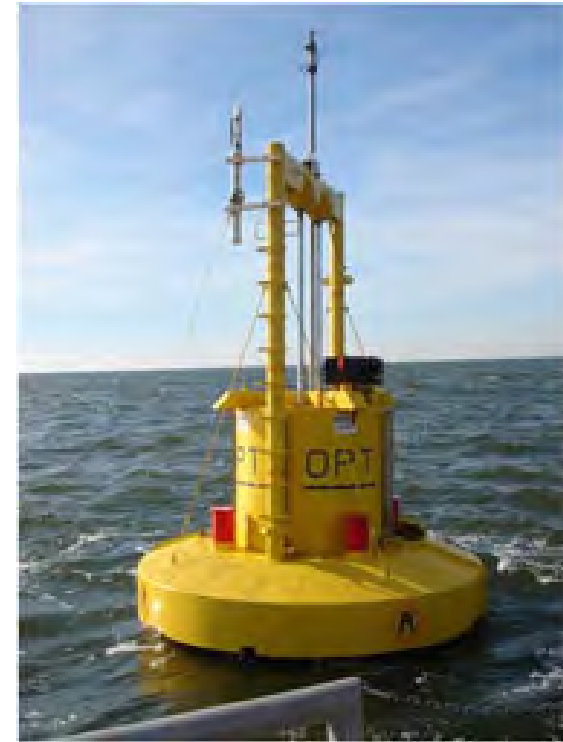
- **2. Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (point absorbers).** Είναι πλωτές συνήθως κατασκευές, που απορροφούν την ενέργεια από όλες τις κατευθύνσεις μέσω της κίνησής τους στην επιφάνεια του νερού ή κοντά σε αυτήν. Το σύστημα ανάκτησης της ενέργειας (Power take-off) μπορεί να παίρνει διάφορες μορφές ανάλογα με τη διαμόρφωση της αντίδρασης στην κίνηση του πλωτήρα. Παραδείγματα αυτής της προσέγγισης είναι το [Wave Star](#), το [OPT](#), το [Wavebob](#), το [Fred Olsen & Co](#), το [Manchester bobber](#), . . .



συσκευές κυματικής ενέργειας
wave star

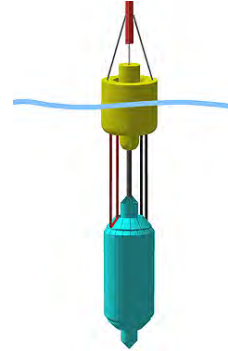


συσκευές κυματικής ενέργειας
OPT



συσκευές κυματικής ενέργειας

Wavebob



WAVEBOB

Intelligent Energy



Europe

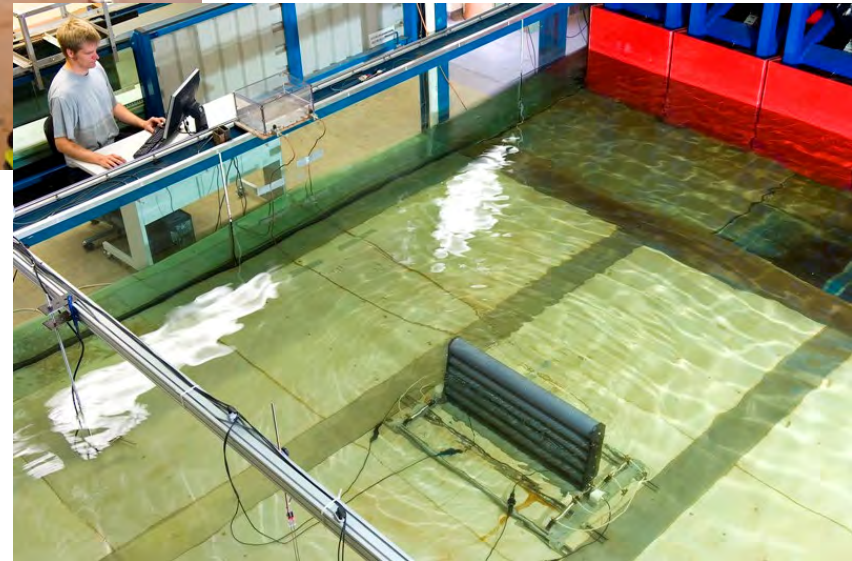


συσκευές κυματικής ενέργειας

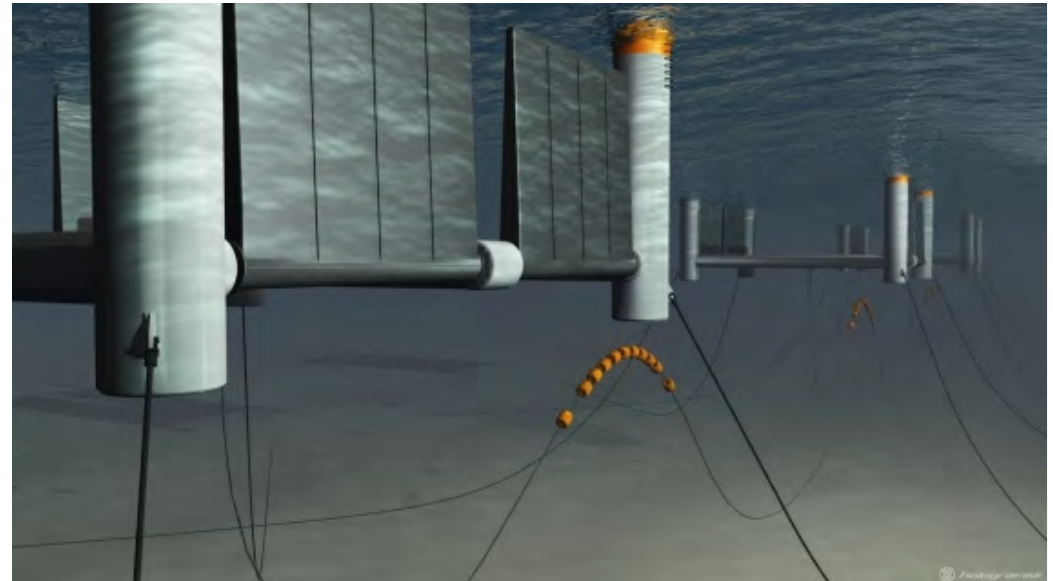
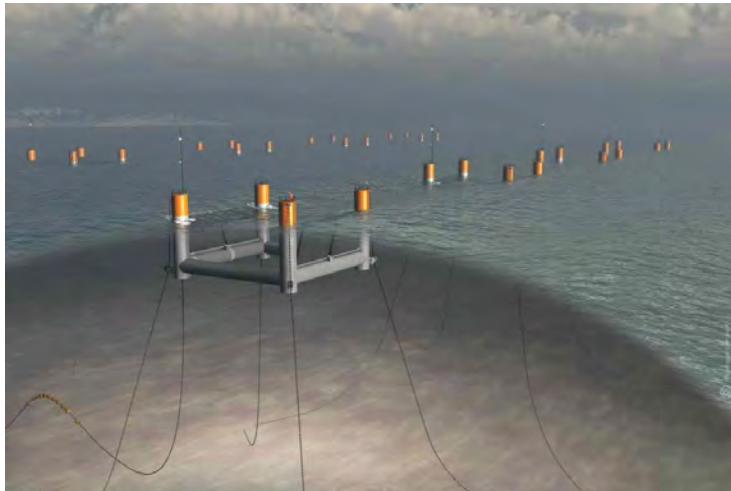
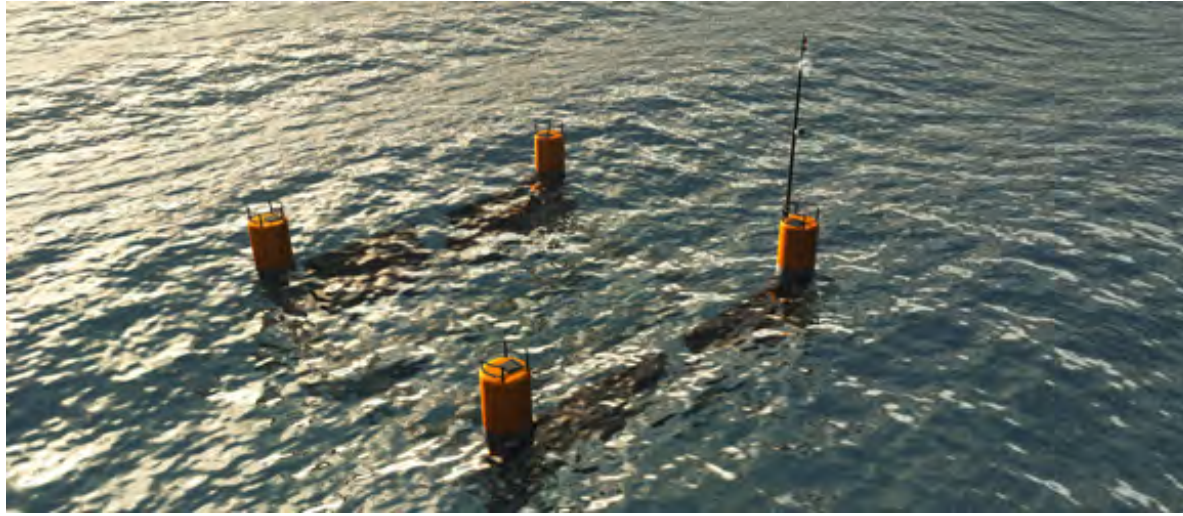


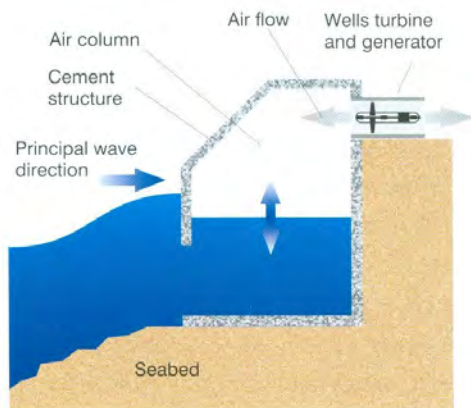
- **3. Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης (Oscillating Wave Surge Converter).** Οι συσκευές αυτές προσλαμβάνουν την ενέργεια από την κατά την οριζόντια κατεύθυνση, κίνηση των στοιχείων του νερού, κατά τον θαλάσσιο κυματισμό. Ένας βραχίονας παλινδρομεί σαν εκκρεμές στηριγμένος σε περιστρεφόμενη άτρακτο. Η διεύθυνση της άτρακτου είναι κάθετη στην κίνηση τόσο του νερού όσο και του βραχίονα. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι το [Oyster](#), το [Waveroller](#), το [Langlee System](#), το [Neptune Triton](#), . . .

συσκευές κυματικής ενέργειας
Oyster



συσκευές κυματικής ενέργειας
Langlee System





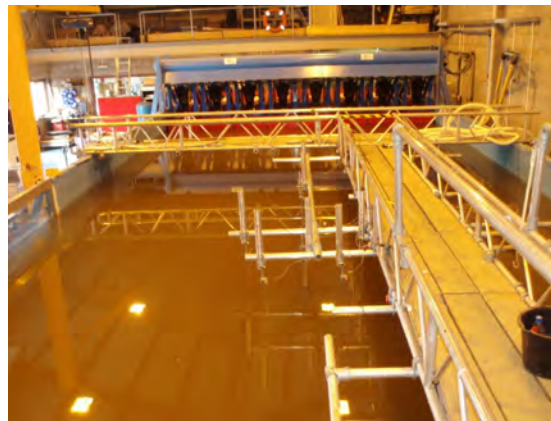
συσσκευές κυματικής ενέργειας



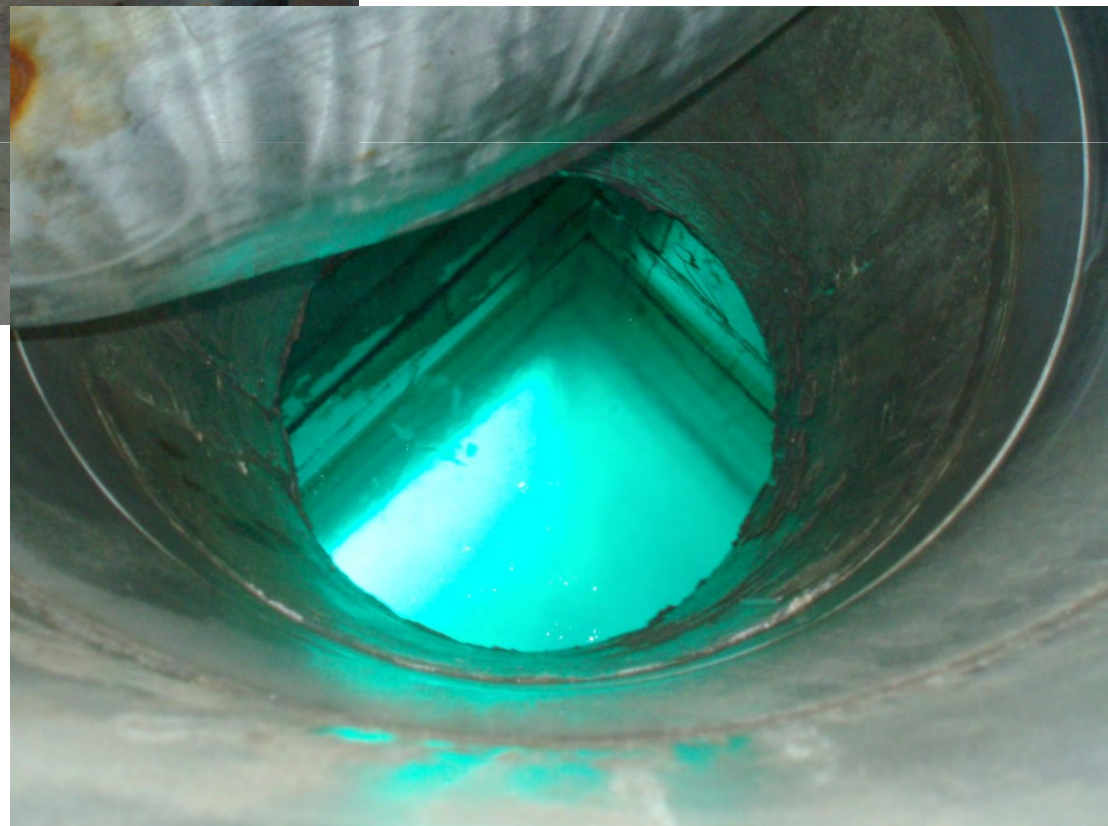
- 4. Παλινδρομούσα στήλη νερού (Oscillating Water Column).** Είναι συσκευές που διαθέτουν μια ημιβυθισμένη κενή εσωτερικά κατασκευή σε μορφή θαλάμου. Ο θάλαμος είναι ανοικτός προς την μεριά της θάλασσας με το άνω τμήμα του ανοίγματος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Στο εσωτερικό του, πάνω από την επιφάνεια του νερού, έχει μια στήλη αέρα. Τα κύματα κινούν παλινδρομικά τη στήλη του νερού στο εσωτερικό του θαλάμου η οποία με τη σειρά της συμπιέζει και εκτονώνει την υπερκείμενη στήλη αέρα. Όταν η στήλη νερού ανέρχεται ο εγκλωβισμένος αέρας οδηγείται προς και από την ατμόσφαιρα μέσω ενός αεροστροβίλου. Όταν η στήλη κατέρχεται, αναρροφάται αέρας από την ατμόσφαιρα μέσω του ίδιου αεροστροβίλου, που στρέφεται γενικά προς την ίδια κατεύθυνση ανεξάρτητα από την φορά κίνησης του αέρα. Η ροπή από την περιστροφική κίνηση του αεροστροβίλου χρησιμοποιείται για την κίνηση μια γεννήτριας και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συσκευές αυτές αρχικά σχεδιάστηκαν για εγκατάσταση επί της ακτής σε κυματοθραύστες ή άλλες κατασκευές. Στη συνέχεια δοκιμάστηκαν συσκευές αυτής της τεχνολογίας που επέπλεαν για εγκατάσταση στην ανοικτή θάλασσα με κατάλληλη αγκύρωση. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι το [Wavegen](#), το [Oceanlinx](#), το [Ocean Energy Buoy](#),. . .

συσκευές κυματικής ενέργειας

Wavegen



συσκευές κυματικής ενέργειας
Wavegen



συσκευές κυματικής ενέργειας

[Oceanlinx](#)



συσκευές κυματικής ενέργειας
[Ocean Energy Buoy](#)

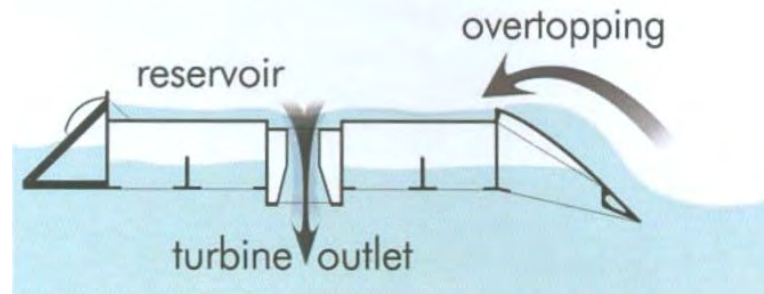


Intelligent Energy



Europe



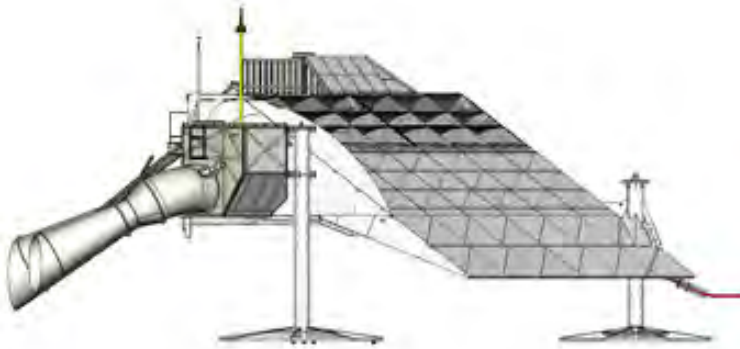
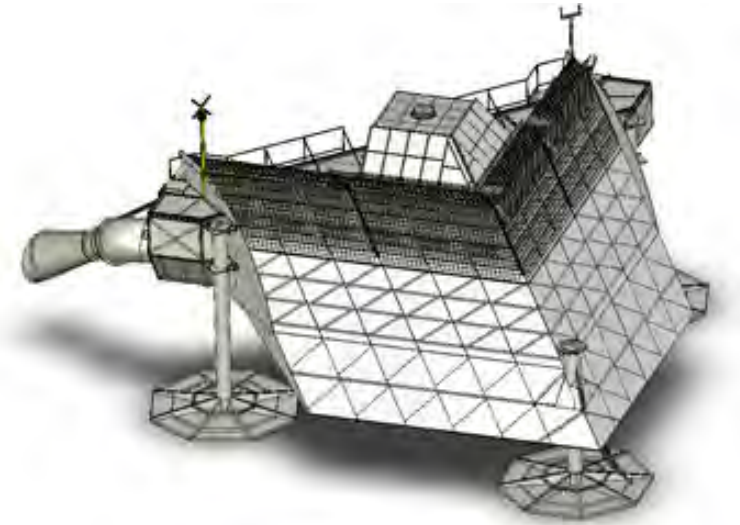


- **5. Συσκευές υπερπήδησης του νερού (Overtopping device).**
Είναι συσκευές που βασίζονται στη φυσική συλλογή του νερού, που συλλαμβάνεται σε μια ανοικτή δεξαμενή, το χείλος της οποίας βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και γεμίζει με τον θαλάσσιο κυματισμό. Το νερό επιστρέφει στη θάλασσα μέσω ενός συμβατικού υδροτροβίλου, μικρού ύψους πτώσης, ο οποίος μέσω γεννήτριας, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια παράγεται με χρήση της δυναμικής ενέργειας του νερού, που βρίσκεται στην ανοικτή δεξαμενή ψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι το [Wave Dragon](#), το [Waveplane](#), το [Seawaveslot](#), ...

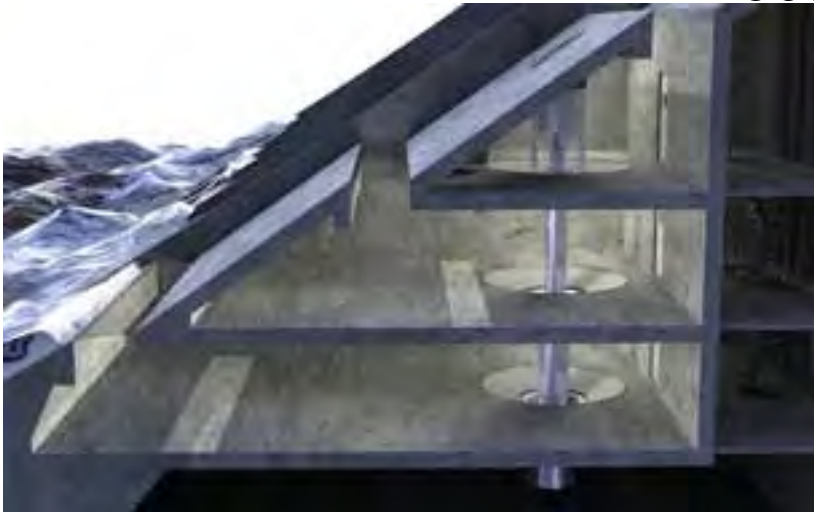
συσκευές κυματικής ενέργειας
Wave Dragon

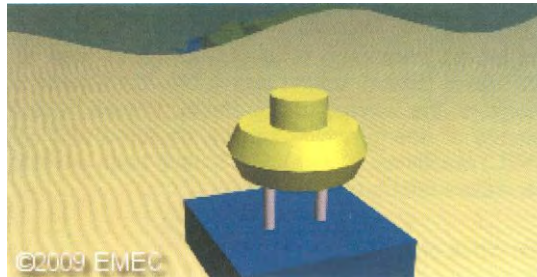


συσκευές κυματικής ενέργειας
Waveplane

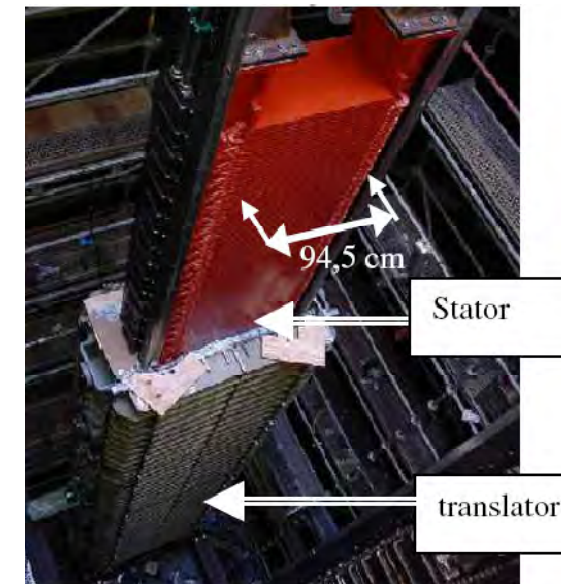


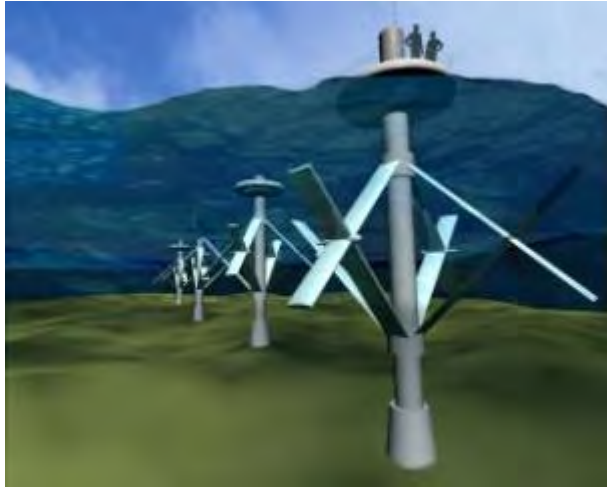
συσκευές κυματικής ενέργειας
Seawaveslot





- **6. Βυθισμένες συσκευές διαφοράς πίεσης (Submerged pressure differential).** Οι συσκευές αυτές τυπικά βρίσκονται κοντά στην ακτή και στηρίζονται στο βυθό. Η κίνηση του κύματος στην επιφάνεια διαφοροποιεί την υποκείμενη πίεση η οποία μεταφέρεται κατάλληλα στο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Παράδειγμα τέτοιων συσκευών είναι το [AWS](#). . .



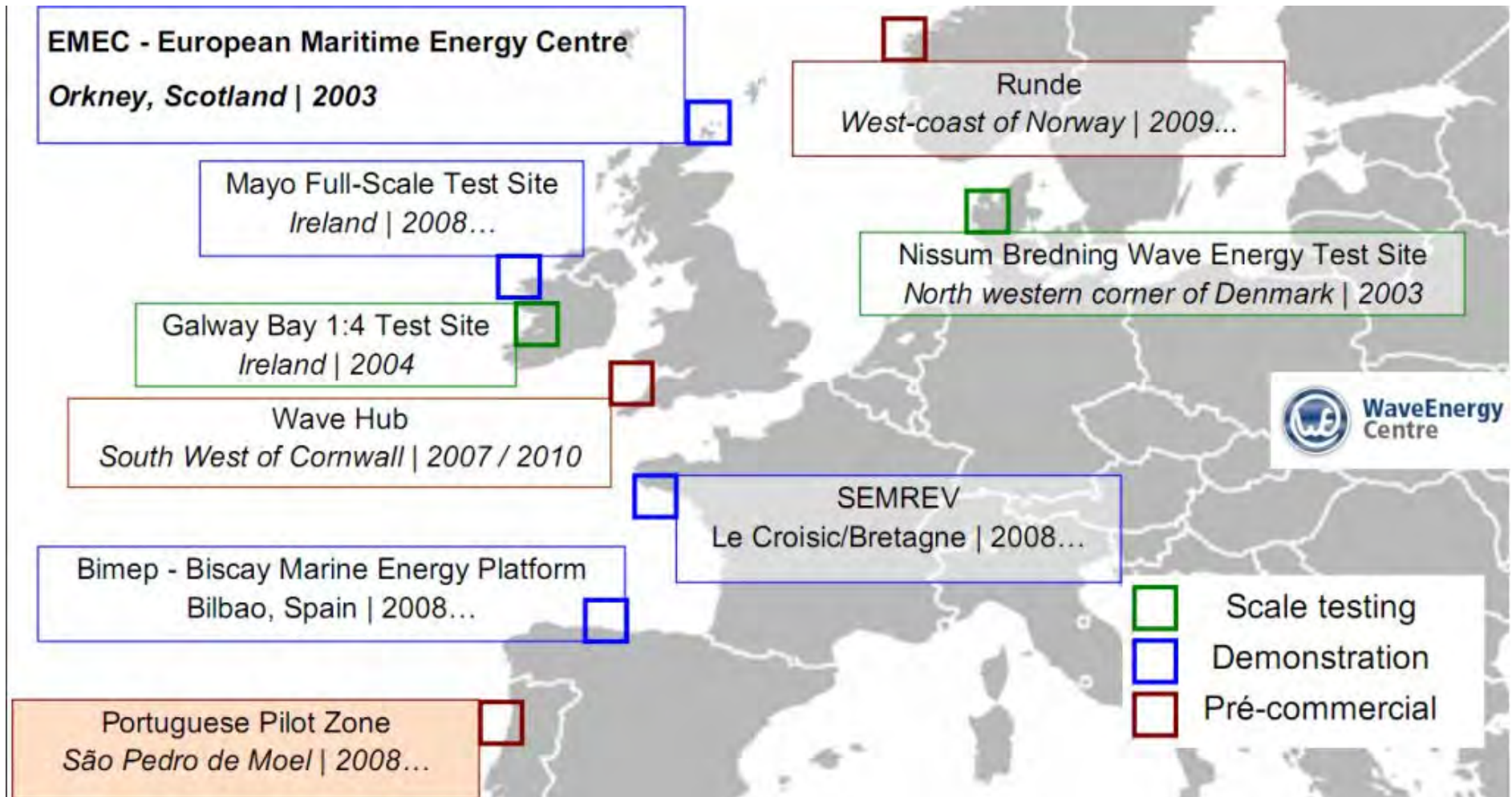


συσκευές κυματικής ενέργειας;



•7. Άλλες συσκευές που δεν κατατάσσονται σε κάποια κατηγορία. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται συσκευές διαφορετικής σχεδίασης από τις πλέον γνωστές τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν, όπως για παράδειγμα το [wave rotor](#), που είναι μια μορφή στροβίλου που κινείται κατ' ευθείαν από τα κύματα. Ή επίσης εύκαμπτες κατασκευές που αλλάζουν σχήμα και όγκο και που αποτελούν τμήμα του συστήματος μετατροπής της ενέργειας.

ευρωπαϊκά κέντρα δοκιμών



Πηγή: Frank Neumann Wave Energy Center

WAVE TEST SITE

BLACK CRAIG OBSERVATION POINT



An old coastguard lookout station has been converted to house a powerful camera for monitoring activity at sea. The camera is controlled from the data centre and used operationally by EMEC.

MET STATION

A purpose built weather station is located close to each test site. It is calibrated to national standards and provides developers with air temperature, windspeed and direction, humidity, rainfall and barometric pressure.



EMEC AT A GLANCE

- Full oceanic wave regime with test berths in 50 m water
- All berths UK grid-connected
- Realtime technology and environmental monitoring
- Nearby access to sheltered water and harbours
- Full office and data centre support
- Extensive local research and engineering support



PELAMIS ON SITE



STROMNESS



WAVE RESOURCE

BILLIA CROO WAVE ENERGY SITE



TEST BERTHS

Four 11 kV subsea cables extend to 50 m water depth, 1-2 km from shore at locations 0.5 km apart. Developers install their moorings, connect the cable and then their generating device.

VESSEL ACTIVITY

A range of different vessels (small and large) can be expected to be working in and around the test area.



WAVERIDER BUOY

Waverider buoys are deployed to assess the wave characteristics of a given site.



CABLE CAPPING



CARDINAL BUOY

www.emec.org.uk

BILLIA CROO SUBSTATION



Carefully designed to minimise environmental impact, it contains main switchgear, back-up generator and communication room, controls for supply from each wave device, and connection to the National Grid.

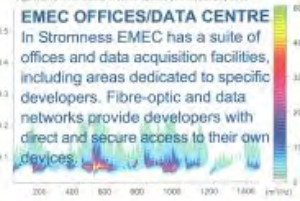
TECHNICAL SPECIFICATIONS

- Coastal 11kV control and switching station
- Metered power output from test devices
- Comprehensive SCADA System (system control and data acquisition)
- Data transfer by fibre optic cables to allow remote access
- Operational CCTV monitoring of test site berths
- Full confidentiality of data

Figure 9-10: Time Series of Wave Spectra (m²/Hz), January 2008

EMEC OFFICES/DATA CENTRE

In Stromness EMEC has a suite of offices and data acquisition facilities, including areas dedicated to specific developers. Fibre-optic and data networks provide developers with direct and secure access to their own devices.



DIVING ACTIVITY

Divers can be expected to be working in the area.

κέντρα δοκιμών
EMEC





TIDAL TEST SITE



MET STATION

A purpose built weather station is located close to each test site. It is calibrated to national standards and provides developers with air temperature, windspeed and direction, humidity, rainfall and barometric pressure.



EMEC AT A GLANCE

- Full tidal regime with test berths in 12 m- 45 m water
- All berths UK grid-connected
- Realtime technology and environmental monitoring
- Nearby access to sheltered water and harbours
- Full office and data centre support
- Extensive local research and engineering support



EMEC OFFICES/DATA CENTRE

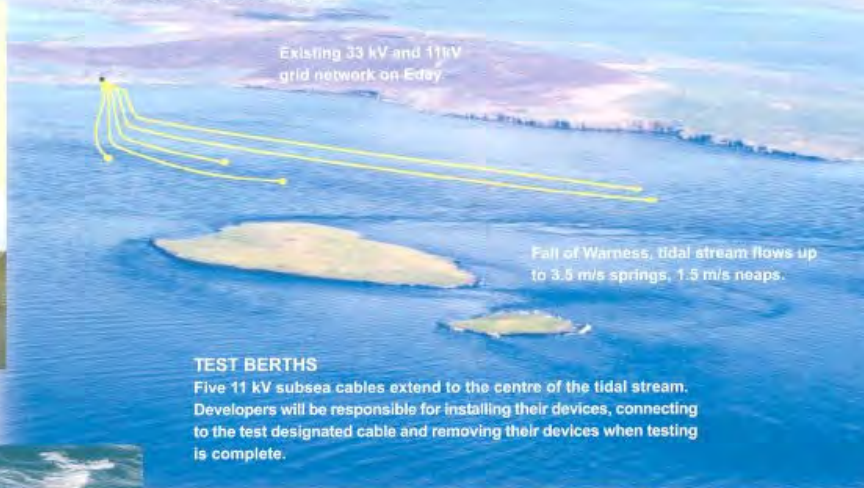
In Stromness EMEC has a suite of offices and data acquisition facilities, including areas dedicated to specific developers. Fibre-optic and data networks provide developers with direct and secure access to their own devices.

CALDALE SUBSTATION, EDAY

Housing main switchgear, back-up generator and communications room, controls for supply from each tidal device and connection to the National Grid. A laydown area provides options for alternative test power configurations.



EDAY TIDAL ENERGY SITE



Existing 33 kV and 11kV grid network on Eday

Fall of Warness, tidal stream flows up to 3.5 m/s springs, 1.5 m/s neaps.

TEST BERTHS

Five 11 kV subsea cables extend to the centre of the tidal stream. Developers will be responsible for installing their devices, connecting to the test designated cable and removing their devices when testing is complete.



SITE BATHYMETRY

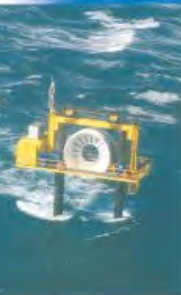


TIDAL RESOURCE

www.emec.org.uk

CURRENT METERS

A series of current meter deployments have taken place to help characterise tidal and wave conditions in the test area. The instruments measure velocity and the direction of the current.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

- Coastal 11kV control and switching station
- Metered power output from test devices
- Comprehensive SCADA System (system control and data acquisition)
- Data transfer by fibre optic cables to allow remote access
- Full confidentiality of data

DIVING ACTIVITY

Divers can be expected to be working in the area



VESSEL ACTIVITY

A range of different vessels (small and large) can be expected to be working in and around the test area.



κέντρα δοκιμών
EMEC



Intelligent Energy



Europe



επιδεικτικά έργα θαλάσσιας ενέργειας 2009-2015

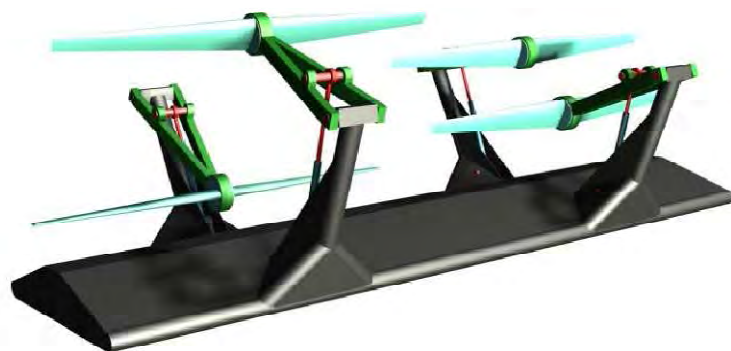


Έργο: **Pulse Stream 1200**

- Συντονιστής : **IT Power**
- 1.2 MW πρωτότυπο παλιρροιακής ενέργειας με παλινδρομούντα πτερύγια αξιοποίησης θαλάσσιου παλιρροιακού ρεύματος
- Εγκατάσταση: Ηνωμένο Βασίλειο

Επιλέξιμο Κόστος : 13.9 Μ€

Υποστήριξη : 8.0 Μ€



Intelligent Energy



Europe

Waveplam

Έργο: WavePort

- Συντονιστής : **UK Intelligent Systems Research Institute**
- 600kW Σημειακός απολήπτης (point absorber)
- Εγκατάσταση Ισπανία

Επιλέξιμο κόστος: 7.9 Μ€
Υποστήριξη : 4.6 Μ€

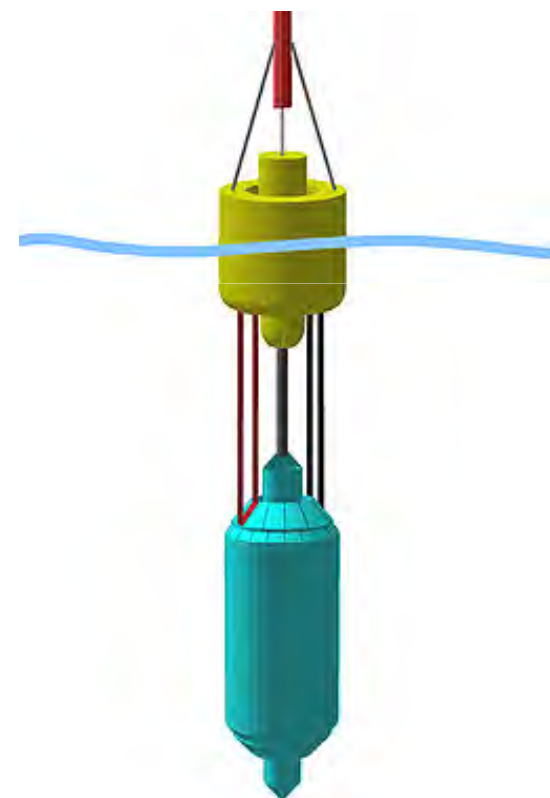


Έργο: Standpoint

- Συντονιστής : Wavebob
- 500kW Σημειακός απολήπτης (point absorber)
- Εγκατάσταση στην Πορτογαλία

Επιλέξιμο κόστος : 8.5 Μ€

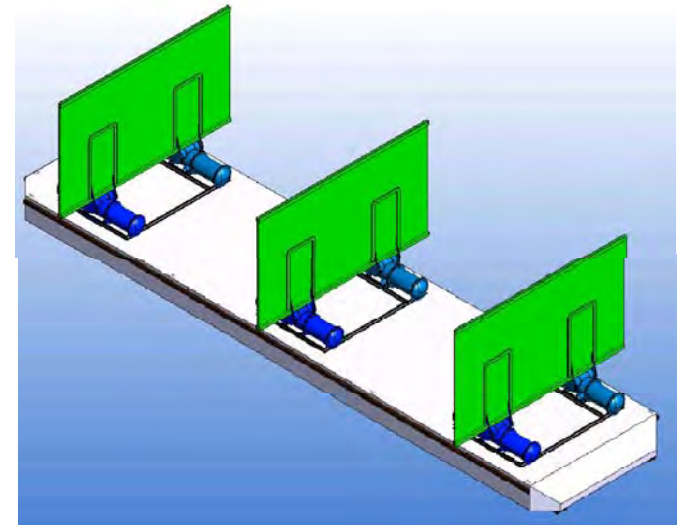
Υποστήριξη : 5.1 Μ€



Έργο: SURGE

- 300 kW Ημιβυθισμένος μετατροπέας οριζόντιας παλινδρόμησης
- Συντονιστής : **AW-Energy Oy**
- Εγκατάσταση στην Πορτογαλία

Επιλέξιμο κόστος : 5.7 Μ€
Υποστήριξη : 3.0 Μ€





Ευχαριστώ πολύ