

**ACCADEMIA DEI LINCEI**  
**GESTIONE DIFESA DELLE COSTE**

**NUOVA DIFESA DEL RIPASCIMENTO NATURALE E DELLE PRATERIE MARINE**  
**NEW DEFENSE OF THE NATURAL NOURISHMENT AND SEABED GRASSLAND**

**Pierfranco Ventura\***, **Manlio Palmarocchi\***  
**Giuseppe Orlandi\*\***

**Abstract**

New defense location is in the seabed transition zone between enormous offshore pulsing vertical waves energy and conversion into inshore horizontal currents energy.

Artificial reef, articulated in staggered barriers of the turbines, compose a soft defense of the coasts that mimics the coral reef, especially for its location far from the storms.

The barriers reduce the sea currents speed below the sea level with the consequent deposition of the suspended sand for natural nourishment.

The patented vertical turbines are made up of helix fixed to a floating spinning top so as to be in indifferent equilibrium in water, for which they turn by the minimum currents.

The electric energy is produced even at low number of laps, but long lasting and therefore with hours of production higher than the eolic and fotovoltaic.

The costs of these barriers are very advantageous compared to the actual coastal defenses, based on the nourishment and on the cliffs, because the direct electrical dispatching covers the cost of amortization, and specially the cost of the maintenance.

The new defense, in order to prevent sea level rise due to climate change, also embank the coast flooding through the natural nourishment and re-growth of the marine grasslands, so as recovering hectares of the beaches, with great economic benefits.

The reconversion of the usual nourishment and the cliffs by proposed energized reef recoveries the marine ecosystem, the landscape and promotes the sea depollution.

**Keywords:** erosion-flooding defense, marine energy converter, floating turbines reef



[www.steseoetica.it](http://www.steseoetica.it) (per vedere le figure)

\* *Pierfranco Ventura, STES Secretary; former Professor of Statics, Geotechnics and Foundations, Faculty of Architecture, La Sapienza University of Rome; Civil Design Engineer.*

\* *Manlio Palmarocchi, President of STES - Scientists and Technologists for Development Ethics ([www.steseoetica.it](http://www.steseoetica.it)); Petrochemical Engineer, responsible for renewable energy Eni.*

\*\**Dr. Giuseppe Orlandi: Consulente della Comunicazione del progetto, CNR*

## 1. Introduzione

L'Organizzazione del volontariato culturale STES, Scienziati e Tecnologi per lo sviluppo dell'etica, documenta e diffonde buone pratiche, in particolare per la salvaguardia dell'ambiente.

Da alcuni anni STES ha segnalato l'urgenza di formulare proposte e condurre ricerche riguardanti la difesa delle coste.

Se vogliamo anche cercare di raggiungere una riduzione del 50% degli attuali 80 miliardi di tonnellate / anno di emissioni globali di CO<sub>2</sub> nel 2050, è essenziale sostenere l'aumento realistico delle energie rinnovabili, al di là dell'energia idroelettrica, dall'attuale 4% almeno 30% (l'UE stabilisce il 32% nel 2030).

In relazione a questo argomento, un contributo valido deriva dall'energia marina, soprattutto se combinata con una nuova estesa difesa delle coste erose, che da sempre si basa su scogliere e ripascimento, in modo anti-ecologico e anti-economico.

## 2 - Descrizione della nuova difesa

L'idea parte dall'osservazione che l'energia del vento produce enormi onde verticali pulsanti offshore (Boussinesq 1897), quando la batimetria è profonda; poi, avvicinandosi alla costa, dove il fondale marino si trova intorno ai 6 ÷ 7 m, le stesse onde inshore (fig. 1) sono convertite in correnti orizzontali dirette verso la riva (Ferro, 1970, Mattm 2016).

Ciò avviene, secondo la geomorfologia marina del pendio (Mas-Pla, Zuppi, 2009), circa 300 ÷ 500 metri in media dalla riva, quando le correnti procedono quindi su fondi inferiori, 3 ÷ 4 metri, vengono convertiti in mareggiate che provocano le erosioni incrementate da scalzamenti dovuti proprio dalle presenza di scogliere poste prossime a tali basse profondità.

Dopo la zona di calma offshore/inshore c'è la formazione matura di correnti marine orizzontali.

In questa particolare zona un nuovo reef artificiale può essere posizionato come difesa morbida, che imita la barriera corallina, in particolare per la sua posizione lontana dalle mareggiate.

Le difese tradizionali delle coste si basano sul ripascimento artificiale (figura 2) spesso realizzato con prelievi di sedimenti fini offshore, sistematicamente rimossi dalle tempeste, e si basano su scogliere vicino alle spiagge che inducono sconvolgimenti dei fondali marini e erosione delle spiagge non protette, quindi questi tipi di difese sono inefficienti e costosi.

Per aiutare a modificare questi tipi tradizionali di difese, viene proposto un nuovo reef energizzato. Le turbine ad asse verticale brevettate (figura 3) sono costituite da eliche fissate immediatamente sotto il livello del mare tra due galleggianti: il disco superiore è per la laminazione delle correnti e il disco inferiore è una trottola per la stabilizzazione dei giri.

La turbina si trova in equilibrio indifferente in acqua e quindi ruota alle minime correnti marine, in questa zona l'energia elettrica viene prodotta anche a basso numero di giri ma di lunga durata, con ore di produzione superiori a quelle eolica e fotovoltaica.

I tubi, su cui sono impennate le eliche, impiantati nella sabbia come i gusci dei "cannolicchi di mare" e sono realizzati in materiali compositi riciclati fibro-rinforzati, già sul mercato per strutture offshore. Il blocco galleggianti-albero motore-elica è realizzato con lo stesso materiale da stampanti 3D e aziona una dinamo multipolare a bassa frequenza.

La turbina, circa 20 kW, converte l'energia marina a partire da 2 ÷ 3 kW/m di energia delle onde. Inoltre, le ore di produzione di elettricità sono molto più alte dell'eolico, poiché l'acqua spinge molto di più dell'aria sulle eliche, e sono più efficienti del fotovoltaico, poiché le turbine marine possono funzionare anche di notte.

I tubi sono vibro-infissi ad un'adeguata profondità di fondazione nel fondale marino, come le briccole (*dolphins*) d'ormeggio (Ventura 2019), in modo da costituire un robusto modulo a treppiedi prefabbricato, vincolato alla base da una maglia triangolare.

Questi tubi infissi, per mantenere stabile la disposizione dell'elica, possono essere sostituiti da una fondazione costituita da un traliccio continuo posto sul fondo del mare, ancorato come barche, adattabile agli spostamenti marini. Tale tipo di fondazione sommersa è assimilabile all'impatto di un relitto navale e può anche servire per la preparazione subacquea a bassa profondità.

Il traliccio permette anche la trasportabilità per la difesa di altri litorali, dopo la stabilizzazione dell'ecosistema soprattutto per la ricrescita della posidonia.

La disposizione delle turbine, sfalsate nelle barriere (figura 4) consente uno smorzamento sensibile delle correnti marine al fine di ridurre la velocità e creare una difesa “morbida” delle coste senza effetti collaterali.

Si evidenzia in proposito che l'energia marina da smorzare con le turbine è solo quella che provoca l'erosione in eccesso causata dall'urbanizzazione che ha tolto le dune ed il cuneo di macchia mediterranea che innalzava il vento dal litorale.

Si consente invece il ripascimento naturale e l'erosione estate-inverno che forma la barra mobile sul fondale che, non scalzata specie dalle scogliere ma protetto come il ripascimento dalla nuova difesa, è un potente smorzatore naturale dell'energia marina a difesa delle coste.

La distribuzione planimetrica delle turbine in barriere deve essere adattata a ciascun litorale (Ricci Lucchi 1992) in base alla geomorfologia dei fondali marini e ai dati climatici marittimi che entrambi caratterizzano l'energia delle onde che va da oltre 10 kW/m in Sardegna a meno di 5 kW/m nelle coste del Tirreno.

Ai fini della Ricerca sperimentale per controllare l'efficacia anticorrosione e la produzione di energia elettrica della barriera proposta è più semplice e celere ubicarla per la difesa di una baia (figura 5), ciò anche per valutare il ROI *competitivo specie come difesa* (§ 3).

La nuova barriera simile alla corallina consente di elevare il livello della spiaggia attraverso il ripascimento naturale, al fine di salvaguardare l'innalzamento del livello del mare (3 mm/anno) causato dai cambiamenti climatici e dall'impressionante scioglimento dei ghiacciai a terra.

L'allagamento delle spiagge, quasi 1m/10 anni (per pendenze 3 cm/m) è arginato con la difesa proposta, soprattutto dove il trasporto solido dei fiumi è basso o addirittura annullato come alla foce del Tevere a causa delle dighe (Falconi 2019).

In Italia, l'erosione colpisce intensamente oltre 1200 km di costa, pari a 1/3 delle spiagge, che si sono ridotte anche di 25 m, ovvero più di 2 ha/km.

Le barriere consentono ulteriori vantaggi per quanto riguarda lo smorzamento delle correnti in modo da consentire il radicamento delle praterie marine, in particolare di posidonia.

Le praterie marine, come noto, impediscono l'erosione e promuovono il ripopolamento dei pesci e il disinquinamento del mare, impedendo anche l'eutrofizzazione, favorita invece dalle scogliere vicino alle spiagge.

In particolare, i massi delle scogliere potrebbero essere macinate in sabbia e ghiaia di adeguata granulometria integrando le barriere per proteggere la costa ed evitando l'estrazione della sabbia sia in mare che a terra, causa di significativi danni ambientali, con il ripristino del paesaggio originale.

La barriera di turbine, lasciando i passaggi adatti per le imbarcazioni, pone inoltre un limite alla pesca e alla navigazione ricreativa, portandola a distanze di norma a favore della sicurezza.

La lunga barriera delle turbine consente l'ormeggio delle barche, evitando l'intasamento dei porti, inoltre la produzione di energia serve anche per ricaricare gli accumulatori, in particolare i proprietari delle barche possono acquistare le turbine.

È inoltre possibile alimentare una serie di aspirapolveri marini (seabid), specialmente per liberare il mare dalla plastica finemente triturate e da altri rifiuti.

Le turbine inoltre, avendo lo stesso peso specifico dell'acqua, hanno un periodo di oscillazione nulla che sfugge alla risonanza e sono quindi resistenti ai terremoti, quindi funzionano anche in caso di emergenza sismica; i cavi sottomarini poi sono danneggiati dal maltempo in modo ben inferiore a quelli terrestri.

La vicinanza delle coste all'Appennino consente poi lo stoccaggio idraulico delle energie rinnovabili pompando acqua ad alta quota con pompe-turbine “reverse”, per bilanciare l'aleatorietà

della produzione attuale e contribuire a mitigare il rilascio di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, e del particolato dei carburanti (HC, NOX, CO, PM), specie nei porti.

### 3 - Competitività economica della difesa delle coste tramite barriere di turbine

L'energia eolica attualmente installata in Italia è di circa 10 GW, un contributo valido è dato dalla descritta produzione di energia marina, soprattutto accoppiata alla difesa delle coste.

L'investimento del 1 km di costa varia da 100 a 200 turbine, con duplicazione della produzione di energia; si possono prevedere anche alternanze con economiche sagome statiche frangicorrenti.

La produzione da 5 ÷ 10 GWh/km all'anno dipende dall'energia marina sfruttabile in base alla velocità registrata delle correnti e dall'estensione delle eliche.

Questa produzione di elettricità supporta la manutenzione, l'ammortamento, l'illuminazione pubblica e le utenze domestiche dei comuni costieri, anche tramite dispacciamento diretto.

La durata di almeno 20 anni comporta il recupero economico molto favorevole della spiaggia con dimensioni medie anche di 1 ha / km per la balneazione.

La durata della vita delle turbine di almeno venti anni consente la ricrescita delle praterie e il ripristino dell'ecosistema marino, attualmente non fattibile, inoltre non produce rifiuti (economia circolare) essendo i galleggianti riciclabili per la produzione di nuove turbine o trasferibili con un rimorchiatore per difendere altre coste; in ogni caso rimane la funzione di difesa della barriera, anche se non energizzata.

Il costo attuale di costruzione e manutenzione delle scogliere e dei ripascimenti (12€/m<sup>3</sup>) è più alto delle barriere proposte, soprattutto considerando che la manutenzione stagionale supera considerevolmente milioni di €/km anno, senza alcun recupero di spese come con la produzione di energia elettrica.

Questo specie se la spiaggia viene ripristinata con sedimenti fini prelevati a largo, che sono rapidamente rimossi dalle mareggiate invernali, con costi esponenziali.

Le barriere di turbine diventano quindi economicamente decisamente competitive nella riconversione delle attuali difese tradizionali, in particolare per la manutenzione annuale, con la revisione della spesa pubblica e la gestione degli stabilimenti balneari proporzionata agli ettari di spiagge recuperate e riqualificate (valore fino a 1200 €/m<sup>2</sup>).

La progressiva transizione fossili/rinnovabili è favorita da queste barriere energetiche, soprattutto se proposte in luogo del ripascimento e delle scogliere.

Le turbine, accoppiate a sgrigliatori, possono essere utilizzate anche con le correnti fluviali.

I vantaggi evidenziati sono tali che è particolarmente conveniente supportare il finanziamento per una *Ricerca sperimentale* graduale, articolata nella raccolta di dati sulle correnti marine, sulla simulazione fluidodinamica e sulla sperimentazione reale su un gruppo di prototipi di turbine.

La sperimentazione per validare l'efficienza antierosione può cominciare su una piccola baia (figura 5), anche alla luce del metodo osservazionale previsto dalla NTC2018 come ad esempio per le frane o le gallerie, unitamente ai canoni ufficiali della Ricerca.

La sperimentazione dovrebbe essere focalizzata sull'estensione e sulla forma delle pale dell'elica da calibrare in funzione dell'energia di erosione da smorzare caso per caso in base al sito prescelto.

Si evidenzia che il finanziamento in Europa e in Cina riguardante la produzione dell'energia marina (WEC Wave Energy Converter) è in pieno sviluppo: è importante promuovere la Ricerca Italiana, specie per promuovere Benefit Corporation basate sulla *sinergia profit/noprofit*.

### 4 - Vantaggi della nuova difesa delle coste

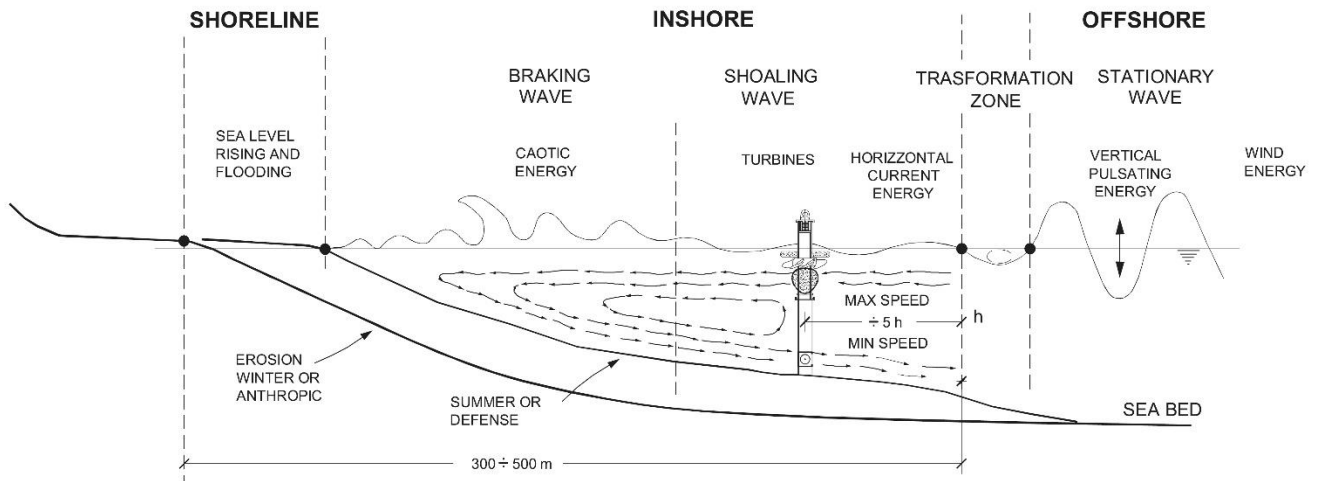
- Difesa morbida dovuta a gravi antropizzazioni e ai cambiamenti climatici, senza effetti collaterali, *limitazione dell'erosione e innalzamento delle spiagge con beneficio economico principale.*

## Ventura, Palmarocchi: Nuova difesa del ripascimento naturale e delle praterie marine

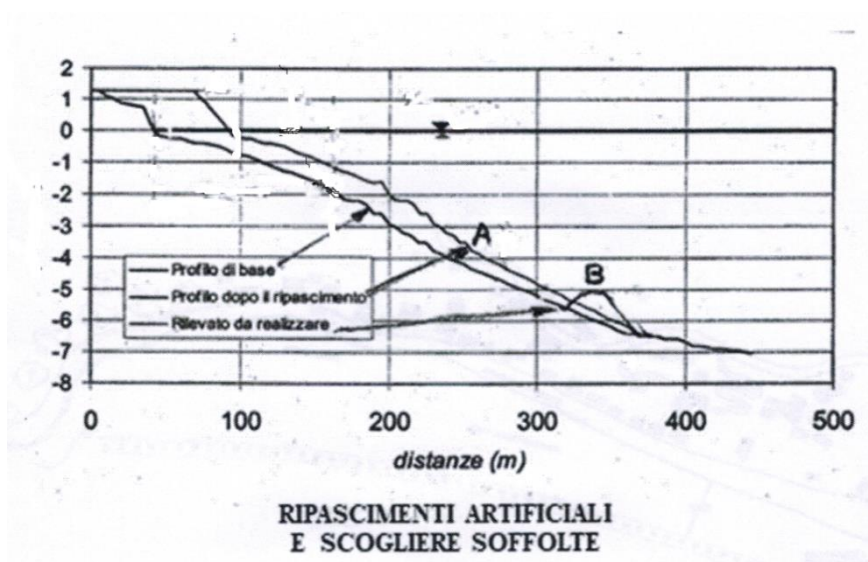
- Ubicazione delle turbine dopo la calma dovuta alla trasformazione offshore/inshore e lontano dalle mareggiate, in modo da *accrescere la vita operativa e ridurre i costi di manutenzione*.
- Produzione di energia marina per la manutenzione, ammortamento e dispacciamento diretto e *smorzamento delle correnti con deposizione delle sabbie sospese o ripascimento naturale*.
- Le turbine “reverse” consentono lo stoccaggio idraulico delle energie rinnovabili pompando acqua in luoghi alti (*energy storage*).
- Grandi benefici economici e *riqualificazione del paesaggio attraverso il recupero di ettari di spiagge e dell’ecosistema del fondale marino (no fishing zone)*
- Le barriere consentono *l’attecchimento di praterie marine che impediscono l’erosione*.
- Le barriere limitano la *navigazione da diporto, portandola a una distanza di sicurezza*.
- Le turbine a galleggiamento indifferente girano alle minime correnti e sono più efficienti delle eoliche.
- Si innalza il livello delle spiagge e le sponde dei delta dei fiumi soggette alle inondazioni causate dall’innalzamento del mare.
- Riconversione del ripascimento artificiale e delle scogliere tramite barriere di turbine.
- Significativa riduzione della spesa pubblica per la manutenzione della difesa costiera.
- Le barriere prefabbricate sono realizzate, riducendo i rifiuti, con materiali riciclati in fibra rinforzata tramite stampante 3D.
- La vita operativa delle barriere energizzate, dell’ordine di 20÷ 25 anni.
- La barriera è anche trasferibile in altri fondali marini dopo la ricrescita della posidonia fino alla stabilizzazione del fondale o rimanere come difesa statica fino a nuova rigenerazione energetica.
- L’illuminazione pubblica e le utenze domestiche dei comuni costieri aumentano la sicurezza.
- L’eliminazione delle scogliere emerse evita l’eutrofizzazione e promuove la decontaminazione dei fondali marini da pesticidi, erbicidi e inquinanti, si favorisce l’*ossigenazione* anche con le turbine.
- Le turbine possono essere affiancate più a largo a una serie di circoli per consentire l’*acquacoltura*
- La barriera può essere dotata di aspirapolveri-pattumiere galleggianti (seabins) per pulire i rifiuti e di sensori per il controllo chimico, *filtro igienizzante* della qualità delle acque da “bandiere blu”.
- La *frantumazione dei massi* delle scogliere in adeguata granulometria per il ripascimento con riqualificazione del paesaggio e delle spiagge naturali originarie.
- Le turbine possono essere acquistate da proprietari di barche e da prosumer di ricariche.
- Le turbine sono operative anche in caso di terremoto, in quanto sfuggono alla risonanza essendo di massa indifferente relativamente all’acqua.

- Le turbine possono essere utilizzate anche in fiumi protetti da sgrigliatori.
- Si contribuisce alla transizione dell'energia fossile / rinnovabili e verso nuove difese delle coste.

### TURBINES LOCATION



**Figura 1 - Ubicazione delle turbine, simile alle barriere coralline, lontano dalle mareggiate e dove l'energia delle onde pulsanti verticali (offshore) viene trasformata in correnti marine orizzontali (inshore), con produzione di energia elettrica.**



**Figura 2 Erosione in eccesso causate da asportazione delle dune e della macchia mediterranea, difesa con i ripascimenti A e con le scogliere soffolte B che però quanto più raggiungono il livello mare tanto più incrementano la velocità delle correnti marine e l'erosione; analogamente le scogliere o i pennelli emergenti innalzano sopraflutto le mareggiate e inducono scalzamenti del fondale e arretramento delle spiagge.**

## FLOATING TURBINES

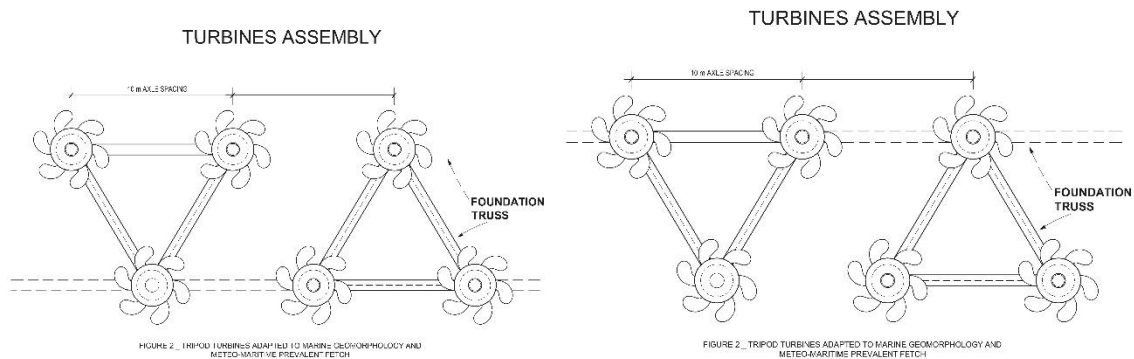
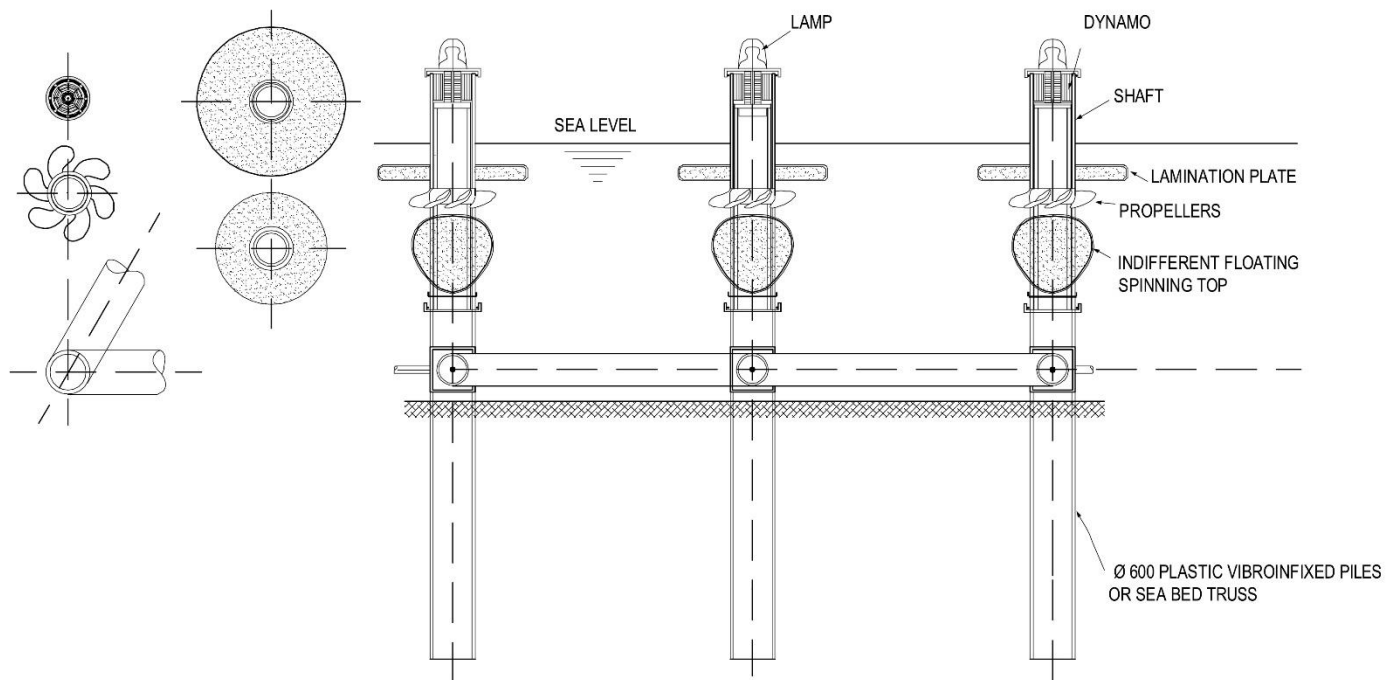
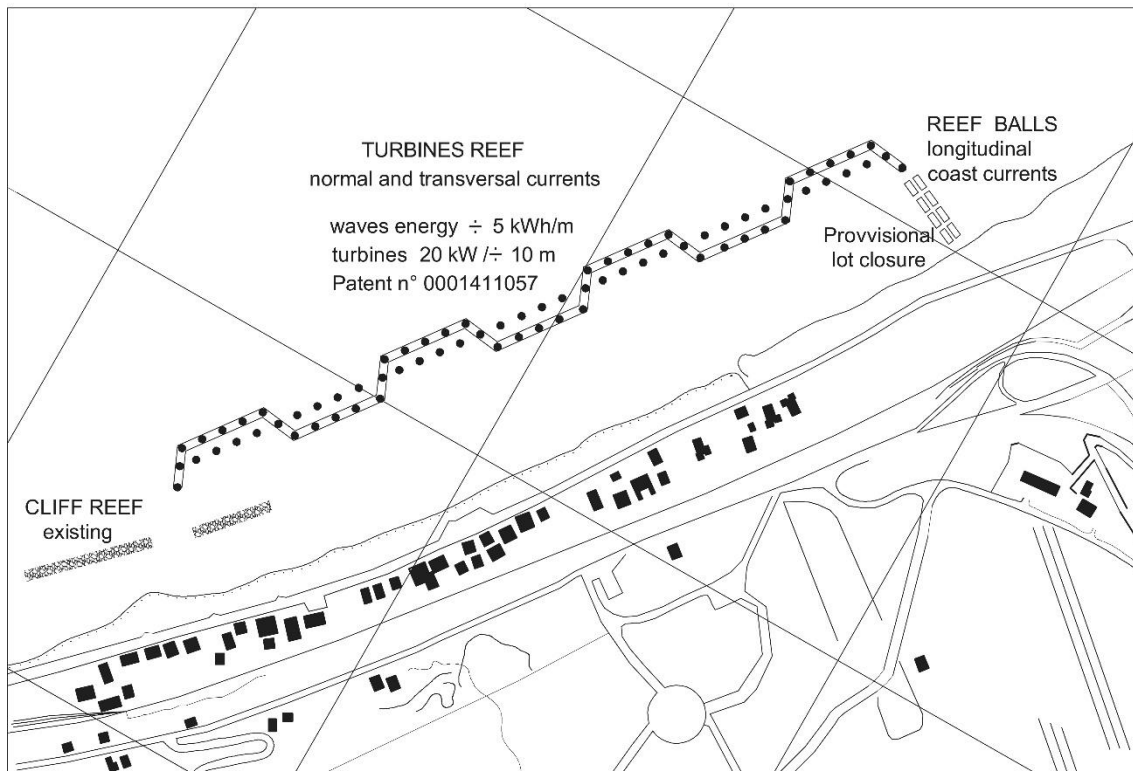


FIGURE 2 - TRIPOD TURBINES ADAPTED TO MARINE GEOMORPHOLOGY AND METEOMARITIME PREVALENT FETCH

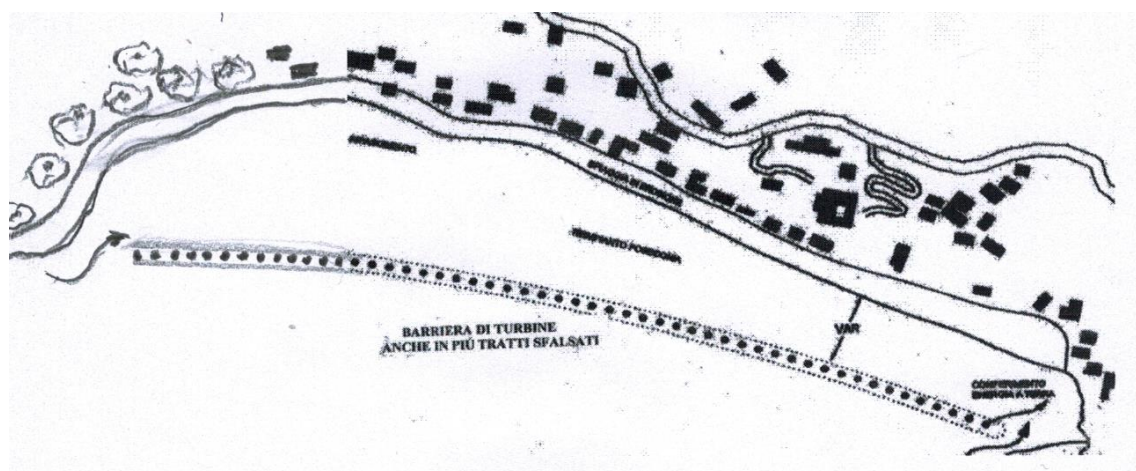
FIGURE 2 - TRIPOD TURBINES ADAPTED TO MARINE GEOMORPHOLOGY AND METEOMARITIME PREVALENT FETCH

**Figura 3** Turbine a galleggiamento indifferente (brevetto n° 0001411057) fulcrate su tubi di plastica riciclata fibro-rinforzata tramite stampante 3D, vibroinfissi nel fondale marino, tipo pali di attracco prefabbricati disposti a tripode, o fondati su una travatura reticolare posta sul fondo del mare simile a un relitto navale..

## TURBINES PLANIMETRY



**Figura 4 Planimetria e distribuzione delle turbine da adattare alla geomorfologia marina in sostituzione dei ripascimenti artificiale e delle scogliere. Le turbine possono essere disposte anche in serie con filtri igienizzanti dei rifiuti**



**Figura 5 Difesa di una baia tramite barriera di turbine per semplificare la Ricerca sperimentale dell'efficienza antierosione e del rendimento di produzione di energia elettrica**



Ventura, Palmarocchi: Nuova difesa del ripascimento naturale e delle praterie marine

BOUSSINESQ J., (1987) *Théorie de l'écoulement tourbillonnant et tumultueux des liquides dans les lits rectilignes à grande section*, Ed. Gauthier -Villars e fils, Paris.

FALCONI I. (2019) *Analisi dei fattori predisponenti l'erosione delle spiagge e le inondazione dei flucial in alcune aree del Lazio* Tesi di Laurea in Geologia.

FERRO G., (1970) *Costruzioni Marittime*, pp.328, 2<sup>a</sup> Ed. Cedam, Padova,

MAS-PLA J., ZUPPI G. M., (2009) *Gestion ambiental integrada de àreas costeras*, European and Latin American Network on Coastal Area Management, Rubes Editorial.

MATTM-REGIONI (2016) *Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici* Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera, con il coordinamento tecnico di ISPRA per il Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare

PALMAROCCHI M, VENTURA P., (2018) "Energia marina e Difesa delle Coste" Conferenze Salone dei Piceni, pp. 19, Fondazione Ut Vitam Habemat, Cardinal Elio Sgreccia (ed.), *Cantagalli* Siena.

RICCI LUCCHI F., (1992) *I Ritmi del Mare*, pp. 251, La Nuova Italia scientifica, Roma..

VENTURA P., (2019) *Fondazioni: Modellazioni statiche e sismiche*, vol. I, pp. 777 Ed. Hoepli 2019; *Fondazioni Applicazioni statiche e sismiche*, vol. II, pp. 782 Ed. Hoepli 2019; 1<sup>a</sup> Edizione "Fondazioni" ,pp 1452. Hoepli, Milano.